

**UPAYA PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR  
(*SUBGRADE*) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN *FLY*  
*ASH*, *BOTTOM ASH* DAN SILIKA**

(Skripsi)

Oleh :

**SILFA NAYYIRA PUTRI**

1915011038



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRACT**

### **EFFORTS TO INCREASE THE BEARING CAPACITY OF SUBGRADE USING A MIXTURE OF FLY ASH, BOTTOM ASH AND SILICA**

*By*

**SILFA NAYYIRA PUTRI**

*Before starting a construction, soils that have low bearing capacity, water absorption and high plasticity can be stabilised by soil stabilisation methods. Soil stabilisation is a very important process for the sustainability of road construction. This research aims to determine the effect and get the appropriate comparison of the results of the addition of a mixture of fly ash, bottom ash and silica. This research study was conducted at the University of Lampung Soil Mechanics Laboratory and The tests carried out were tests of physical and mechanical characteristics. Physical properties testing includes testing water content, volume, specific gravity, sieve analysis and Atterberg limits and for mechanical testing includes proctor testing and CBR (California Bearing Ratio). Making CBR test specimens in accordance with the optimum moisture content (OMC) in the compaction test and curing for 24 hours by wrapping with plastic. Clay soils classified as A-7-5 (AASHTO) and MH (USCS) mixed with 4 different compositions of stabilising materials had different results. Silica contributes greatly to the increase of soil bearing capacity and can be shown in the CBR test results of FA+Si, BA+Si or silica-only mixtures. The results of adding a mixture of silica can increase the bearing capacity of the soil with the highest value in a mixture of 12% silica reaching 11%. Fly ash, bottom ash and silica gel are easily found or affordable, but the use of silica can increase costs due to its relatively expensive price, inversely proportional to the very affordable price of fly ash and bottom ash.*

*Keywords: subgrade, CBR, fly ash, bottom ash, silica gel.*

## **ABSTRAK**

### **UPAYA PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR (*SUBGRADE*) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN *FLY ASH*, *BOTTOM ASH* DAN SILIKA**

Oleh

**SILFA NAYIRA PUTRI**

Sebelum memulai konstruksi, tanah yang memiliki daya dukung rendah, penyerapan air dan plastisitas tinggi dapat distabilkan dengan metode stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan proses yang sangat penting untuk keberlangsungan konstruksi jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan mendapatkan perbandingan yang sesuai dari hasil penambahan campuran fly ash, bottom ash dan silika. Studi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung dan Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisis dan mekanis. Pengujian sifat fisis meliputi pengujian kadar air, volume, berat jenis, analisa saringan dan batas-batas Atterberg dan untuk pengujian mekanis meliputi pengujian proctor dan CBR (California Bearing Ratio). Pembuatan benda uji CBR sesuai dengan kadar air optimum (OMC) pada uji pemadatan dan pemeraman selama 24 jam dengan cara dibungkus dengan plastik. Tanah lempung yang diklasifikasikan sebagai A-7-5 (AASHTO) dan MH (USCS) yang dicampur dengan 4 komposisi bahan stabilisasi yang berbeda memiliki hasil yang berbeda. Silika sangat berperan besar pada peningkatan daya dukung tanah dan dapat dilihat hasil pengujian CBR dari campuran FA+Si, BA+Si atau hanya silika. Hasil dari penambahan campuran silika dapat meningkatkan daya dukung tanah dengan nilai tertinggi pada campuran 12% silika mencapai 11%. Fly ash, bottom ash dan silica gel mudah ditemukan atau terjangkau, namun penggunaan silica dapat meningkatkan biaya karena harganya yang relatif mahal.

Kata kunci: tanah dasar, CBR, abu terbang, abu dasar, silika.

**UPAYA PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR  
(*SUBGRADE*) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN *FLY  
ASH, BOTTOM ASH* DAN SILIKA**

Oleh :

**SILFA NAYYIRA PUTRI**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **UPAYA PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR (*SUBGRADE*) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN *FLY ASH*, *BOTTOM ASH* DAN SILIKA**

Nama Mahasiswa : **Silfa Nayyira Putri**

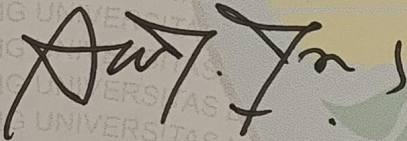
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011038

Program Studi : S1 Teknik Sipil

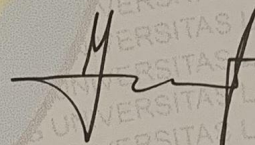
Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

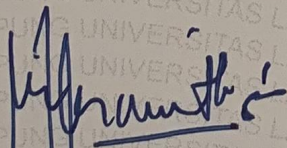


**Ir. Andius Dasa Putra, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19731018 200012 1 001



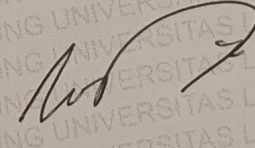
**Ir. Iswan, S.T., M.T.**  
NIP 19720608 200501 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil



**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil



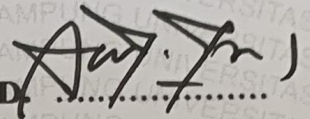
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408 198903 2 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

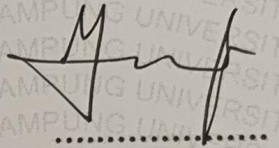
**Ketua**

**: Ir. Andius Dasa Putra, S.T., M.T., Ph.D.**



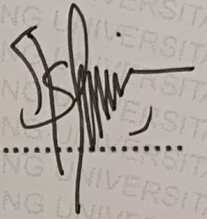
**Sekretaris**

**: Ir. Iswan, S.T., M.T.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Ir. Aminudin Syah, S.T., M.Eng.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.**

**NIP 19750928 200112 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 September 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Silfa Nayyira Putri

NPM : 1915011038

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul “*Upaya Meningkatkan Daya Dukung Tanah Dasar (Subgrade) dengan Menggunakan Campuran Fly Ash, Bottom Ash dan Silika*” tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Ide penelitian didapat dari Pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada Saya dan Pembimbing I, Bapak Ir. Andius Dasa Putri, S.T., M.T., Ph.D.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,



Silfa Nayyira Putri

## RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Tangerang pada tanggal 11 Oktober 2001, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Suas dan Ibu Olivia. Penulis memiliki dua orang saudara yaitu kakak perempuan yang bernama Nadiya Sahara Anisa dan adik laki-laki yang bernama M. Rivan Falah Abdillah. Penulis memulai jenjang pendidikan tingkat dasar di SDI Al- Ijtihad pada tahun 2007-2013, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP N 13 Tangerang yang diselesaikan pada tahun 2016 dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMA N 1 Tangerang yang diselesaikan pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi seorang mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai Anggota Penelitian dan Pengembangan Periode 2020-2021 dan Bendahara Umum Periode 2021-2022. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Pasirkupa, Kecamatan Pasirkupa, Kabupaten Lebak selama 40 hari, Januari – Februari 2022. Di tahun yang sama, tepatnya di bulan Juli – Oktober penulis juga telah melakukan kerja praktik di



Proyek Pembangunan Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Lampung selama 3 bulan.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi kampus dan menjadi diangkat menjadi Koordinator *Fair & Bazaar* pada acara *Civil Bring Evolution 7* yang merupakan acara berskala Nasional untuk organisasi HIMATEKS UNILA. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Upaya Peningkatan Dasar (*subgrade*) dengan menggunakan campuran *fly ash*, *bottom ash* dan silika”.

Tugas akhir ini ku persembahkan teruntuk Bapak, Ibu,  
Nadiya, Rivan, keluarga, sahabat dan teman-teman.

Kalian semua adalah alasanku sesegera mungkin untuk menyelesaikan studi ini

&

Teman – teman SOLID 19

## PRAKATA

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“UPAYA PENINGKATAN DAYA DUKUNG TANAH DASAR (SUBGRADE) DENGAN MENGGUNAKAN CAMPURAN FLY ASH, BOTTOM ASH DAN SILIKA”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya,serta senantiasa memudahkan dalam segala urusan hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmi Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
4. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung.
5. Bapak Ir. Andius Dasa Putra, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan skripsi.
6. Bapak Ir. Iswan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan skripsi.

7. Bapak Ir. Aminudin Syah, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran terkait isi skripsi.
8. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
9. Keluarga tercinta terutama kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan moral dan materil kepada penulis.
10. Fauzi Dalius, seseorang yang selalu sedia menemani dalam keadaan suka maupun duka yang selalu mendengarkan keluh kesah saya, dan selalu memberikan dukungan terhadap saya menjalani proses perkuliahan. Terimakasih karena sudah bersedia menemani dan mendukung saya hingga saat ini.
11. Caroline, Mayang, Tiara, Anggita dan Naya senantiasa menjadi tempat berkeluh kesah terbaik dan selalu mendukung dalam menjalani proses perkuliahan.
12. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2019 (SOLID 19) yang telah berjuang bersama, berbagi kenangan dan pengalaman yang tak terlupakan.
13. Terakhir, terimakasih untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha dan berjuang sejauh ini. Mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah memutuskan menyerah sesulit apapun proses penyusunan tugas akhir ini dengan menyelesaikan sebaik dan semaksimal mungkin.

Penulis menyadari akan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan yang dimiliki penulis sehingga masih terdapat kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang berkepentingan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung,

2023

**Silfa Nayyira Putri**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitia .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1. Tanah Lempung .....	6
2.2. Lapisan Tanah Dasar ( <i>Subgrade</i> ).....	7
2.3. <i>California Bearing Ratio</i> (CBR).....	8
2.4. Stabilisasi Tanah .....	9
2.5. Stabilisasi Tanah dengan <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	9
2.6. Silika Sebagai Material Anorganik.....	10
2.7. Penelitian yang Relevan.....	11
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	15
3.2. Bahan Penelitian.....	16
3.3. Pencampuran Sampel .....	16
3.4. Jumlah Sampel .....	17
3.5. Pelaksanaan Pengujian .....	17
3.5.1 Pengujian Indeks Propertis Tanah .....	18
3.5.2 Pengujian Mekanis Propertis Tanah .....	23

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli .....	27
4.2. Klasifikasi Sampel Tanah .....	28
4.2.1. Sistem Klasifikasi <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> (AASHTO) .....	28
4.2.2. Sistem Klasifikasi <i>United Soil Classification System</i> (USCS) .....	29
4.3. Hasil Pengujian Tanah Asli Tanpa Bahan Stabilan .....	30
4.4. Sifat Fisik Tanah dengan Penambahan Bahan Stabilan .....	35
4.5. Sifat Mekanis Tanah dengan Penambahan Bahan Stabilan .....	36
4.5.1. Penambahan <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	42
4.5.2. Penambahan <i>Fly Ash</i> dan Silika .....	46
4.5.3. Penambahan <i>Bottom Ash</i> dan Silika.....	50
4.5.4. Penambahan Silika .....	54
4.6. Efisiensi Penggunaan Campuran Bahan Stabilisasi di Lapangan .....	58
4.7. Realisasi Jadwal Penelitian .....	62
<b>V. PENUTUP .....</b>	<b>63</b>
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2.Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Nilai CBR Tanah Dasar untuk Jalan. ....	7
2. Komposisi Kimia dari Silika Gel .....	11
3. Jumlah Sampel Penelitian .....	17
4. Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Stabilisasi	27
5. Nilai-nilai Berat Jenis Tanah .....	30
6. Hasil Pengujian CBR Laboratorium.....	33
7. Hasil Pengujian Berat Jenis dengan Campuran Bahan Stabilan. ....	35
8. Hasil Pengujian Pemadatan Standar dengan Bahan Stabilan.....	38
9. Hasil Pengujian CBR Laboratorium dengan Bahan Stabilan. ....	41
10. Campuran Bahan Stabilisasi yang sesuai di Lapangan .....	59
11. Kebutuhan Bahan Stabilisasi pada 1 m <sup>3</sup> <i>Subgrade</i> .....	60
12. Harga Bahan Stabilisasi .....	60
13. Biaya yang Dikeluarkan untuk Bahan Stabilisasi pada 1 m <sup>3</sup> <i>Subgrade</i> .....	60
14. Realisasi Jadwal Kegiatan Penelitian.....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Partikel <i>fly ash</i> .....	9
2. Partikel <i>bottom ash</i> .....	10
3. Partikel silika gel .....	11
4. Diagram alir penelitian .....	15
5. Lokasi pengambilan sampel tanah lempung .....	16
6. Alat batas cair <i>cassagrande</i> .....	22
7. Alat uji standar proctor .....	24
8. Alat uji penetrasi CBR laboratorium .....	25
9. Sistem klasifikasi <i>American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)</i> .....	28
10. Klasifikasi tanah hasil pengujian berdasarkan AASHTO .....	29
11. Sistem klasifikasi <i>Unified Soil Classification System (USCS)</i> .....	29
12. Klasifikasi tanah hasil pengujian berdasarkan USCS .....	30
13. Hasil uji gradasi butiran .....	31
14. Hasil perbandingan antara jumlah ketukan dan kadar air .....	32
15. Hasil pemadatan tanpa bahan stabilan .....	33
16. Hubungan nilai CBR dengan berat volume kering tanah asli .....	34
17. Hubungan antara berat jenis dengan campuran .....	35
18. Bahan stabilan .....	36
19. Pencampuran tanah dengan bahan stabilan .....	37
20. Tanah dengan bahan stabilan .....	37
21. Pengujian pemadatan standar .....	38
22. Hubungan antara KAO dan berat isi kering dengan campuran .....	39
23. Pemeraman sampel dengan kondisi terbungkus .....	40
24. Pengujian CBR setelah pemeraman .....	40
25. Hubungan antara nilai CBR dengan campuran .....	41
26. Hubungan antara berat isi kering dengan kadar air campuran FA+BA .....	42



27. Hubungan antara berat isi kering dengan persentase campuran FA+BA.....	43
28. Hubungan antara kadar air dengan persentase CBR campuran FA+BA.....	44
29. Hubungan antara persentase CBR dengan persentase campuran FA+BA .....	45
30. Hubungan antara berat isi kering dengan kadar air campuran FA+Silika.....	46
31. Hubungan antara berat isi kering dengan persentase campuran FA+Silika .....	47
32. Hubungan antara kadar air dengan persentase CBR campuran FA+Silika.....	48
33. Hubungan antara persentase CBR dengan persentase campuran FA+Silika ....	49
34. Hubungan antara berat isi kering dengan kadar air campuran BA+Silika .....	50
35. Hubungan antara berat isi kering dengan persentase campuran BA+Silika.....	51
36. Hubungan antara kadar air dengan persentase CBR campuran BA+Silika.....	52
37. Hubungan antara persentase CBR dengan persentase campuran BA+Silika ....	53
38. Hubungan antara berat isi kering dengan kadar air campuran Silika .....	54
39. Hubungan antara berat isi kering dengan persentase campuran Silika .....	55
40. Hubungan antara kadar air dengan persentase CBR campuran Silika .....	56
41. Hubungan antara persentase CBR dengan persentase campuran Silika.....	57
42. Hubungan antara nilai CBR dengan biaya bahan stabilisasi .....	61

# I. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan lapisan paling atas dari permukaan bumi yang berasal dari material inti yang telah terproses dan perubahan alami yang dipengaruhi oleh air, udara dan beberapa organisme baik yang masih hidup maupun yang sudah mati. Ciri-ciri dan jenis yang dimiliki tanah berbeda dari lokasi satu dengan lokasi yang lain. Pada umumnya, air tidak terlalu mempengaruhi kelakuan tanah non kohesif (granuler). Sebaliknya, tanah yang memiliki butiran halus khususnya lempung sangat banyak dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah lempung sendiri memiliki luas permukaan spesifik lebih besar dan plastisitas tanah sangat dipengaruhi oleh variasi kadar air.

Tanah lempung sendiri merupakan jenis tanah yang memiliki butiran yang sangat halus yang memiliki sifat-sifat kohesif dan plastisitas. Kohesif dapat dilihat dari melekatnya butir-butir tersebut satu sama lainnya. Sedangkan plastisitas adalah kemampuan tanah dalam perubahan bentuk pada volume tetap tanpa terjadinya retak-retak. Tidak hanya mempunyai sifat plastisitas dan kohesif, tanah lempung juga memiliki sifat kembang susut yang besar. Sifat kembang susut juga sangat dipengaruhi oleh adanya kandungan air yang berada pada dalam tanah tersebut. Namun, sifat kembang susut ini dapat mempengaruhi perubahan volume terhadap musim yang ada di Indonesia. Pada musim kemarau akan lebih banyak menyusut. Sedangkan musim hujan volume tanah akan mengembang.

Dampak yang disebabkan oleh sifat kembang susut ini adalah daya dukung tanah itu sendiri. Tanah maupun tanah dasar merupakan tempat dimana berdirinya konstruksi yang dibuat oleh para teknisi untuk kepentingan

pribadi maupun bersama. Oleh sebab itu, bila tanah dasar sebagai pijakan dari konstruksi memiliki sifat kembang susut yang cukup besar maka daya dukung tanah tersebut harus sangat diperhatikan. Daya dukung tanah sendiri merupakan kemampuan tanah untuk memikul atau menahan beban yang bekerja baik beban tetap maupun beban berjalan. Salah satu cara untuk menguji daya dukung pada konstruksi jalan raya adalah dengan menggunakan metode *California Bearing Ratio* (CBR). Metode tersebut merupakan perbandingan antara beban yang sanggup dipikul tanah terhadap beban *standard* pada tingkat penurunan waktu (Barnas, 2014).

Masalah konstruksi jalan raya yang kerap kali terjadi di lapangan adalah rendahnya nilai CBR dari tanah dasar. Tanah dasar yang memiliki nilai CBR yang rendah dapat diperbaiki dengan metode stabilisasi. Stabilisasi sendiri adalah suatu metode yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dasar supaya daya dukung tanah yang semula rendah menjadi lebih baik sehingga tanah menjadi stabil dan mampu menerima. Bahan stabilan yang diperlukan untuk digunakan pada metode stabilisasi tanah dasar ini bersifat dapat mengikat mineral pada tanah dasar.

Salah satu bahan kimia yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah dasar yaitu *fly ash* dan *bottom ash* yang merupakan partikel halus sisa hasil pembakaran batubara. Polutan yang dihasilkan dari pembakaran sekitar 5% berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*). Sekitar 10-20% merupakan *bottom ash* dan sekitar 80-90% merupakan *fly ash* dari total abu yang dihasilkan. *Fly ash* dan *bottom ash* sendiri bersifat pozzolan sehingga dapat mengikat mineral tanah menjadi padat sehingga mampu mengurangi sifat kembang susut pada tanah dasar dan mampu meningkatkan nilai kekuatan tanah.

Hangge, dkk, (2021) mencampurkan sampel tanah yang berasal dari Desa Oebelo dengan kapur dan *fly ash* sebagai bahan stabilisasinya dengan persentase kapur 5% (tetap) dan *fly ash* 10%, 15%, 20% dan 25% dengan pemeraman 7 hari. Dari penelitian diperoleh kenaikan nilai CBR (soaked) diperoleh sebesar 62,56% pada pemeraman 7 hari. Tidak hanya itu, Insan, dkk, (2019) menambahkan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai material

stabilisasi pada tanah dasar. Diperoleh Hasil pengujian bahan campuran tanah A menunjukkan nilai CBR formulasi A-12 (75% TA 25) adalah 19,66% dan formulasi A-22 (75% TA 12,5 12,5) adalah 52,22%. Hasil uji CBR bahan campuran tanah B menunjukkan nilai CBR komposisi B-12 (75% TA 25) sebesar 21,33% dan nilai CBR komposisi B-22 (75% TA 12,5 12,5) sebesar 40,88%.

Dari beberapa contoh penelitian yang telah dilakukan menunjukkan hasil peningkatan nilai CBR yang dipengaruhi oleh pencampuran *fly ash* dan *bottom ash* sebagai bahan stabilan pada stabilisasi tanah dasar. Maka pada penelitian ini akan menguji campuran tanah dasar dengan *fly ash* dan *bottom ash* dengan bahan pengikat mineral anorganik lainnya. Silika sering kali kita gunakan sehari-hari dan tanpa sadar karena silika mampu menyerap air yang menimbulkan kelembapan pada udara maupun barang yang kita miliki supaya tidak tumbuhnya jamur. Oleh karena itu, pada penelitian ini mencoba menambahkan silika gel sebagai material anorganik tambahan untuk stabilisasi tanah dasar.

## 1.2. Rumusan Masalah

Masalah pokok pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Apa efek penggunaan *fly ash*, *bottom ash* dan silika terhadap sifat fisik dan mekanik tanah dasar?
- b. Apakah penambahan *fly ash*, *bottom ash* dan silika sebagai bahan stabilan dapat meningkatkan kekuatan tanah dasar pada konstruksi jalan?
- c. Berapa besar pengaruh penambahan *fly ash*, *bottom ash* dan silika terhadap peningkatan daya dukung tanah dasar?

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diulas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Jenis tanah yang digunakan adalah tanah lempung

- b. Bahan stabilan yang digunakan adalah *fly ash*, *bottom ash* dan silika sesuai dengan perbandingan berat
- c. Parameter yang ditinjau adalah sifat fisik dan daya dukung tanah dasar
- d. Uji dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Lampung

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui kemampuan pemanfaatan *fly ash*, *bottom ash* dan silika sebagai bahan stabilan yang dapat digunakan secara massal
- b. Mengetahui pengaruh penambahan *fly ash*, *bottom ash* dan silika pada tanah lempung sebagai tanah dasar dari konstruksi jalan
- c. Mendapatkan perbandingan hasil komposisi campuran yang memiliki nilai paling sesuai untuk digunakan dalam menentukan daya dukung tanah dasar

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang akan dicapai pada tugas akhir kali ini yaitu:

- a. Mendapatkan informasi mengenai pemanfaatan *fly ash*, *bottom ash* dan silika sebagai bahan stabilan untuk stabilisasi tanah dasar pada konstruksi jalan
- b. Mengurangi dampak lingkungan dari residu produksi batu bara yaitu *fly ash* dan *bottom ash* dengan cara memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan stabilan untuk stabilisasi tanah dasar
- c. Sebagai rujukan dan referensi untuk penelitian mendatang.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan pada penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:

### BAB I : PENDAHULUAN

Bab I berisi mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, Batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika prnulisan dari penelitian yang telah dilakukan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi mengenai hasil kajian dari Pustaka dan penelitian terdahulu sebagai penunjang pada penelitian yang akan dilakukan.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab III berisi mengenai metode pelaksanaan yang akan dilakukan ketika penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan.

### BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab IV berisi mengenai hasil dari penelitian yang dilakukan dan pengumpulan data yang kemudian diolah serta pembahasan berdasarkan teori dari kajian Pustaka.

### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V berisi mengenai kesimpulan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah Lempung

Tanah lempung dapat didefinisikan sebagai tanah yang tersusun dari partikel yang kecil atau mikroskopis sampai partikel yang cukup besar atau submikroskopis yang berbentuk lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel yang berasal dari mika, mineral lempung dan mineral yang sangat halus. Lempung juga dapat didefinisikan sebagai golongan yang mempunyai ukuran kurang dari 0,002 mm (Soewignjo, dkk. 2022).

Beberapa jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari beberapa macam ukuran partikel. Tanah lempung tidak juga terdiri dari partikel lempung saja dan dapat bercampur butir-butiran lanau maupun pasir. Ada beberapa kasus mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

Lempung memiliki sifat yang lunak serta plastis dan kohesif. Lempung juga mengalami pengembangan dan penyusutan yang dapat dikatakan cepat sehingga menimbulkan perubahan volume yang besar (Das, 1985). Sifat yang dimiliki tanah lempung tersebut sangat dipengaruhi oleh kadar air. Oleh karena itu, kadar air pada tanah lempung perlu diperhatikan supaya tidak terjadi kegagalan pada suatu konstruksi.

### 2.2. Lapisan Tanah Dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian dari konstruksi jalan yang memiliki peran sebagai pondasi terhadap perkerasan jalan maupun bahu jalan. *Subgrade* menerima beban terakhir pada jalan sehingga harus

memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban kendaraan di atasnya dan juga cukup perlu memiliki stabilitas terhadap pengaruh lingkungan (Insan, dkk. 2019).

Adapun masalah-masalah yang sering terjadi mengenai tanah dasar yaitu:

- a. Berubahnya kadar air yang menyebabkan tanah menjadi mengembang dan menyusut
- b. Berbedanya sifat-sifat tanah pada lokasi yang jaraknya tidak jauh akibat kesalahan dari pelaksanaan yang mengakibatkan daya dukung tanah menjadi tidak merata
- c. Perubahan bentuk tetap akibat beban lalu lintas yang cukup besar dan menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan.

### 2.3. *California Bearing Ratio (CBR)*

Awal mula metode ini diciptakan oleh O.J Potter lalu dikaji ulang oleh *California State Highway Department*. CBR atau *California Bearing Ratio* merupakan kelanjutan dari uji metode pemadatan tanah dengan menggunakan sampel tanah yang sama yang sudah dipadatkan dengan pemadatan proctor. Dalam perencanaan konstruksi jalan raya, nilai CBR adalah patokan untuk merencanakan tebal perkerasan dari badan jalan yang mensyaratkan nilai tertentu dengan syarat lainnya (Chairullah, 2011).

Barnas & Karopeboka, (2014) mengklasifikasikan nilai CBR yang digunakan untuk tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan raya dibagi beberapa kelompok seperti Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai CBR Tanah Dasar untuk Jalan

Section	Material	CBR (%)
Subgrade	sangat baik	20-30
	baik	10-20
	sedang	5-10
	buruk	<5

Sumber : Barnas & Karopeboka, 2014.



Tanah dasar pada setiap tempat harus memiliki nilai CBR minimal 5%. Apabila nilai CBR kurang dari 5% maka diperlukannya stabilisasi tanah dasar supaya dapat menambah nilai CBR pada tanah dasar tersebut.

#### 2.4. Stabilisasi Tanah

Kondisi di lapangan seringkali tidak memenuhi spesifikasi desain yang telah ditetapkan dan perlu adanya perbaikan tanah. Upaya perbaikan tanah yang dapat dilakukan pada tanah yang bermasalah yaitu dengan metode stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah sendiri memiliki tujuan untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan tanah terhadap kandungan kadar airnya.

Stabilisasi tanah dapat dievaluasi berdasarkan perubahan sifat rekayasa tanah, termasuk daya dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan, potensi pengembangan, dan kepekaan terhadap perubahan kadar air (Hardiyatmo, 2017). Metode stabilisasi tanah yang dapat dilakukan yaitu sebagai berikut:

a. Stabilisasi Mekanis

Metode ini dapat dilakukan melalui proses fisik dengan dirubahnya sifat fisik tanah di lapangan. Tanah hasil stabilisasi secara mekanis mengalami perubahan dengan meningkatnya kekuatan serta ketahanan terhadap beban yang bekerja di atasnya.

b. Stabilisasi kimiawi

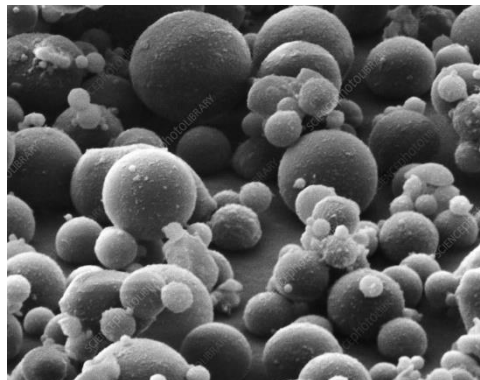
Metode ini terjadi karena terbentuknya reaksi antara bahan stabilitas dengan tanah sehingga terjadinya stabilisasi pada tanah. Stabilisasi kimiawi dilakukan dengan cara menambahkan bahan stabilitas yang dapat mengubah sifat kurang menguntungkan pada tanah. Bahan stabilisasi yang dapat digunakan yaitu semen, kapur, *fly ash*, *bottom ash*, aspal dan lain-lain.

## 2.5. Stabilisasi Tanah dengan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

Perlu dilakukan sebuah alternatif upaya untuk peningkatan daya dukung tanah dasar yang rendah pada konstruksi badan jalan. Para peneliti terdahulu sudah meneliti peningkatan stabilisasi tanah dasar dengan menggunakan bahan stabilan yang mudah dijumpai. Bahan stabilan yang sering digunakan untuk stabilisasi tanah dasar yaitu semen, akan tetapi beberapa penelitian sudah dilakukan dengan bahan lain selain semen seperti *fly ash*, *bottom ash* dan silika.

Material berupa debu sangat halus yang keluar dari cerobong asap tungku pembakaran disebut dengan *fly ash*. Mutu *fly ash* sendiri cukup beragam tergantung dari kehalusan butiran batubara, dimensi tungku pembakaran, efisiensi pembakaran serta cara penangkapan material dalam pembakaran batubara. *Fly ash* dapat dijadikan sebagai bahan stabilan pengganti semen karena sama-sama bersifat pozzolan yang dapat mengikat mineral dan mengubahnya menjadi padat.

Menurut ASTM C618 *fly ash* diklasifikasikan menjadi 2 kelas yaitu kelas C dan F. perbedaan dari dua kelas tersebut yaitu ada pada material penyusunnya yang berupa *Calcium*, Silika, Aluminium, dan kadar besi. Kelas C memiliki sifat *pozzolanic* dan mempunyai sifat *Cementitious* yaitu kemampuan untuk mengeras dan menambah kuat apabila bereaksi dengan air. Sedangkan kelas F mempunyai kadar kapur yang rendah.

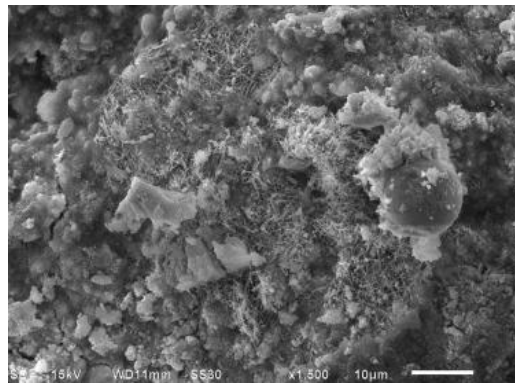


Gambar 1. Partikel *fly ash*.

Sumber : *American Coal Ash Association*, 2013.

Abu dasar (*Bottom ash*) merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara dari berbagai pembangkit listrik maupun industri. *Bottom ash* juga dapat disebut dengan material berupa debu kasar hasil dari pembakaran batubara yang berada pada dasar tungku. *Bottom ash* memiliki ukuran partikel yang lebih besar daripada *fly ash*, oleh karena itu *bottom ash* jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan disemprot menggunakan air. *Bottom ash* dapat dijadikan sebagai bahan stabilan karena mampu meningkatkan kekuatan tanah dan stabilitasnya, sehingga mampu mengurangi deformasi tanah dan meningkatkan daya dukung tanah.

Yunita, dkk, (2017) menyatakan bahwa *fly ash* memiliki kadar karbon yang rendah sehingga cocok digunakan sebagai bahan pencampur semen sedangkan *bottom ash* memiliki kadar karbon yang cukup tinggi sehingga cocok digunakan sebagai bahan polimer.



Gambar 2. Partikel *bottom ash*.  
Sumber : *Woodhead Publishing Series*, 2018

## 2.6. Silika Sebagai Material Anorganik

Selain dari *fly ash* dan *bottom ash*, silika gel juga dapat menggantikan semen dalam mengikat air dari udara pada tanah dan dijadikan bahan stabilan. Silika adalah senyawa yang diperoleh melalui polimerisasi asam silikat, yang terdiri dari rantai satuan  $\text{SiO}_4$  tetrahedral dengan rumus umum  $\text{SiO}_2$ . Oleh karena itu silika dapat dikatakan sebagai material anorganik. Material

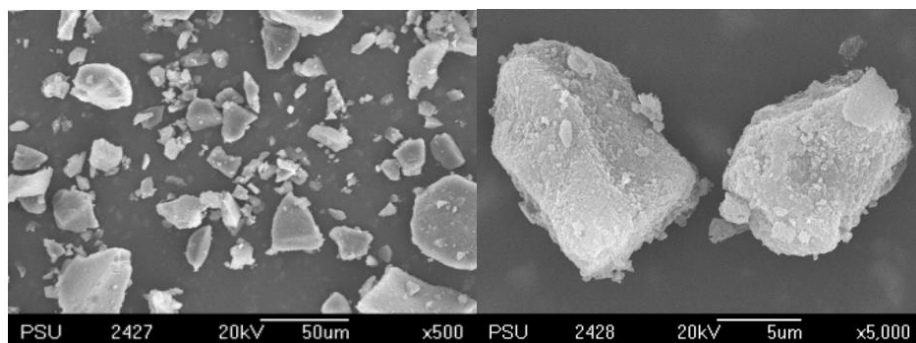
anorganik sendiri dapat didefinisikan sebagai senyawa pada alam yang tersusun dan membentuk suatu material.

Utama, dkk. (2018) Menyatakan bahwa kandungan dari silika gel yang berbahan dasar POMFA yaitu C, Na, Al, K dan S. Elemen C, K dan Al berasal dari POMFA dan beberapa elemen lainnya yang dibawa ke produk silika gel tersebut. Sedangkan elemen Na dan S berasal dari sodium hidroksida dan asam sulfat. Penelitian tersebut juga menggunakan analisis XRF yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia dari Silika Gel

Elemen	Berat (%)	Oxide	Berat (%)
Si	42,99	SiO <sub>2</sub>	95,33
Na	0,9	Na <sub>2</sub> O	2,5
Si	0,1	SO <sub>3</sub>	0,48
Al	0,1	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,3
K	0,52	K <sub>2</sub> O	1,29
O	52,01	-	-
LOI	3,38	LOI	3,38

Sumber : Utama, dkk. 2018.



Gambar 3. Partikel silika gel.

Sumber : Utama, dkk. 2018.

## 2.7. Penelitian yang Relevan

Satibi, dkk. (2022) menambahkan BAFA dan semen untuk mengetahui perubahan plastisitas dan permeabilitas pada tanah lempung. Berdasarkan hasil percobaan, peningkatan kadar BAFA dan semen dapat menurunkan

nilai indeks plastisitas (PI) dan batas cair (LL) tanah, sedangkan nilai batas plastis (PL) semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar BAFA di seluruh variasi semen dibandingkan dengan tanah aslinya.

Soewingjo, dkk. (2022) menambahkan *fly ash* dan *bottom ash* pada tanah lempung untuk mendapatkan besaran nilai CBR tanah asli dan tanah campuran akibat pemeraman dan rendaman. Hasil yang didapatkan yaitu kondisi campuran 5% kapur + 20% FA + 15% BA dengan waktu pemeraman 28 hari terjadi peningkatan nilai CBR sebesar 75,37%.

Hangge, dkk. (2021) mencampurkan sampel tanah yang berasal dari Desa Oebelo dengan kapur dan *fly ash* sebagai bahan stabilisasinya dengan persentase kapur 5% (tetap) dan *fly ash* 10%, 15%, 20% dan 25% dengan pemeraman 7 hari. Dari penelitian diperoleh kenaikan nilai CBR (*soaked*) sebesar 62,56%.

Insan, dkk. (2019) menambahkan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai material stabilisasi pada tanah dasar. Hasil pengujian bahan campuran tanah A menunjukkan nilai CBR formulasi A-12 (75% TA 25) adalah 19,66% dan formulasi A-22 (75% TA 12,5 12,5) adalah 52,22%. Hasil uji CBR bahan campuran tanah B menunjukkan nilai CBR komposisi B-12 (75% TA 25) sebesar 21,33% dan nilai CBR komposisi B-22 (75% TA 12,5 12,5) sebesar 40,88%.

Wibowo, dkk. (2021) menambahkan *fly ash* dan *bottom ash* terhadap sifat fisik dan mekanik pada tanah lempung lunak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini skala laboratorium dengan variasi kadar *fly ash* dan *bottom ash* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat tanah kering. Hasil yang didapat yaitu *fly ash* dan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai CBR dan kekuatan tanah geser tetapi dapat menurunkan kepadatan dan kadar air optimum tanah.

Furqan, dkk. (2021) menggunakan limbah karbit dan *silica fume* sebagai bahan stabilisasi tanah dasar. Tujuan utama pada penelitian ini adalah meningkatkan nilai CBR dan swelling tanah. Hasil yang didapat pada

kondisi 15% limbah karbit dan 8% *silica fume* dapat meningkatkan nilai CBR sampai 62% dan mengurangi swelling mencapai 50%.

Sembiring, dkk. (2020) mengkaji pengaruh penambahan silika gel pada tanah dasar terhadap sifat-sifat mekanik tanah. Hasil penelitian didapati bahwa penambahan silika gel pada tanah dasar dapat meningkatkan nilai CBR dan daya dukung tanah. Penambahan silika gel juga dapat mengurangi deformasi tanah pada saat beban diberikan.

Naren, dkk, (2019) menggunakan silika pasir sebagai bahan stabilisasi tanah dasar yang bertujuan untuk meningkatkan nilai CBR. Silika pasir dicampur dengan tanah lempung dan dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis. Hasil yang didapatkan pada percobaan tersebut adalah campuran silika pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 51,9%.

Utami, dkk. (2021) menambahkan *fly ash* sebagai bahan stabilan dengan tanah lempung. Cara yang digunakan adalah dengan menambahkan 0, 10%, 20% dan 30% dari berat tanah kering pada kondisi awal. Dalam pengujian CBR digunakan tipe CBR tanpa perendaman (direndam) dan perendaman (soaked). Fluktuasi konsentrasi fly ash menyebabkan variasi hasil CBR. Dalam penelitian ini kadar fly ash meningkatkan nilai CBR rendaman paling tinggi sebesar 7% dan tanpa rendaman paling tinggi sebesar 2,85% pada kadar fly ash 30%.

Wang, dkk. (2020) menggunakan silika gel sebagai bahan stabilisasi tanah. Hasil yang didapat yaitu penggunaan silika gel dapat meningkatkan kekuatan tanah dan dapat menurunkan tingkat deformasi tanah yang akan meningkatkan stabilitas keseluruhan tanah. Penelitian ini juga mendapatkan hasil bahwa konsentrasi gel yang tepat dapat memberikan hasil yang optimal untuk stabilitas tanah.

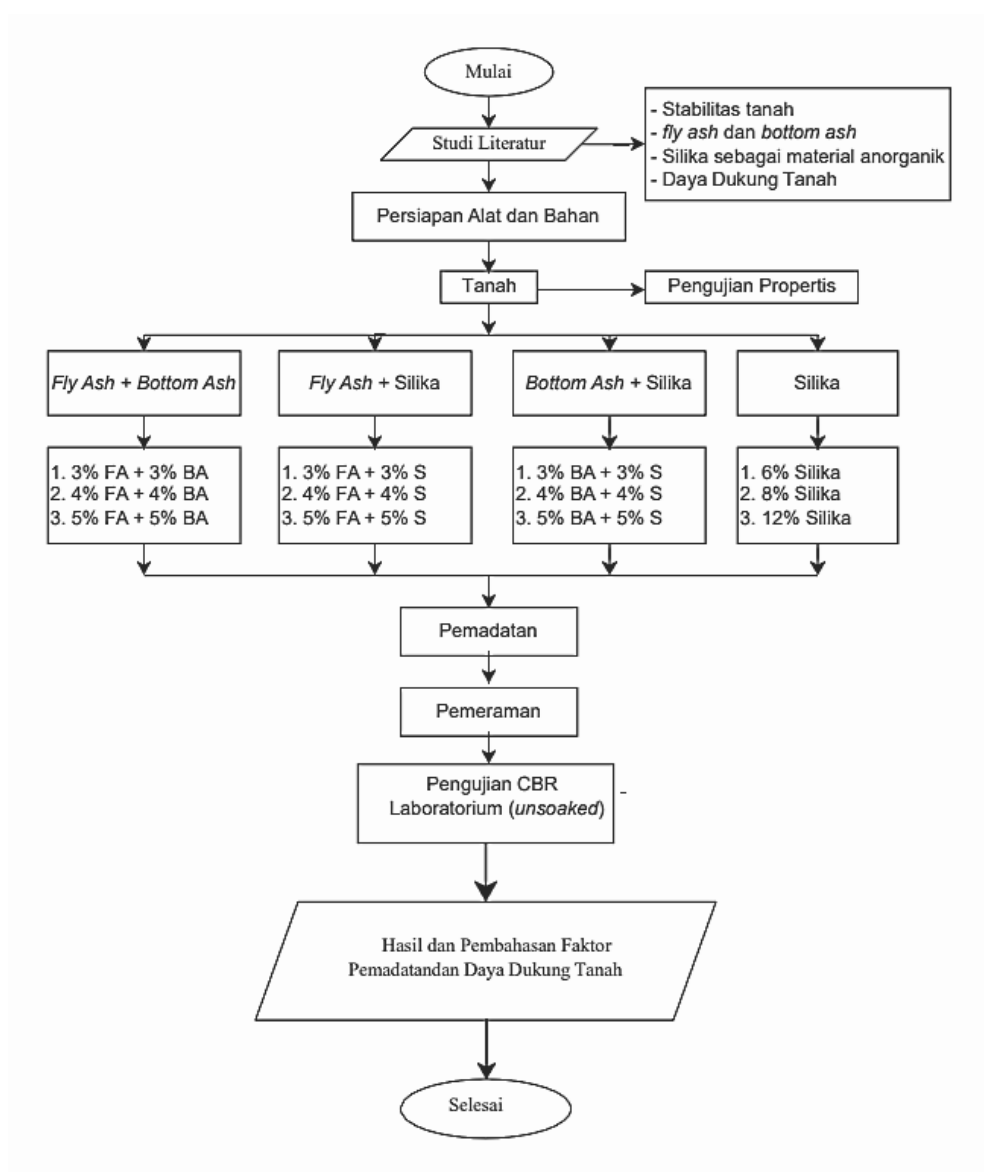
Purnama & Ridwan, (2017) menggunakan stabilisasi tanah secara kimiawi dengan penambahan abu dasar dari PT. Wilmar Nabati Indonesia di Gresik. Variasi penambahan abu dasar sebanyak: 0%, 12,5%, 25%, 37,5%, 50%, dan 62,5%. Untuk pengujian tanah yang dilakukan meliputi uji konsistensi

tanah, uji berat jenis tanah, uji pemadatan dengan standart proctor, dan terakhir uji kuat tekan bebas setelah itu dilakukan perhitungan daya dukung pondasi dangkal. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh penambahan abu dasar sebesar 0%, 12,5%, 25%, 37,5%, 50%, dan 62,5% pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai daya dukung pondasi dangkal adalah 25,864 t/m<sup>2</sup>, 42,159 t/m<sup>2</sup>, 45,121 t/m<sup>2</sup>, 49,575t/m<sup>2</sup>, 39,366 t/m<sup>2</sup>, dan 29,666 t/m<sup>2</sup>

Dari beberapa penelitian sebelumnya, masih sedikitnya literatur ataupun penelitian tentang penambahan silika dalam campuran *fly ash* dan *bottom ash* dengan tanah lempung sebagai tanah dasar pada konstruksi badan jalan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Diagram Alir Penelitian

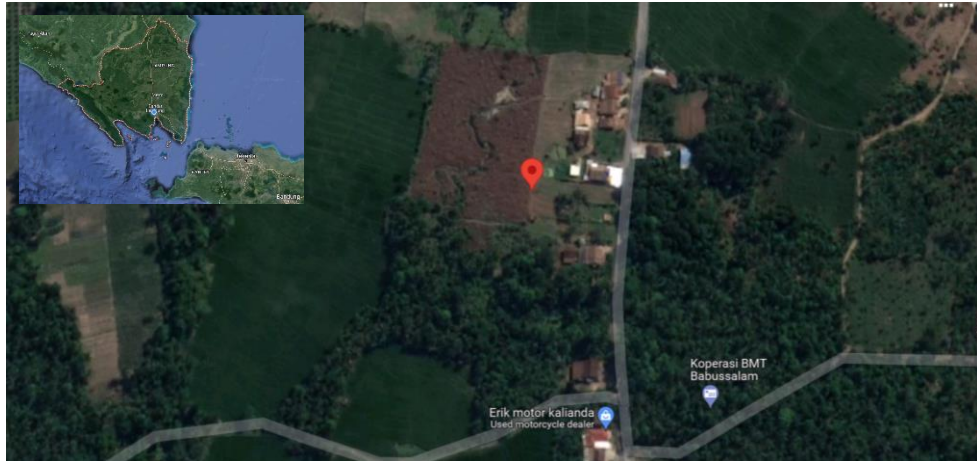


Gambar 4. Diagram alir penelitian.



### 3.2. Bahan Penelitian

Sampel tanah lempung yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada daerah Dusun 3 Umbul Lioh, Desa Palembapang, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan.



Gambar 5. Lokasi pengambilan sampel tanah lempung.

#### 3.2.1. Fly Ash dan Bottom Ash

Fly ash yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PLTU Sebalang, Tarahan, Lampung Selatan.

#### 3.2.2. Silika Gel

Silika Gel yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pembelian di *e-commerce*.

### 3.3. Pencampuran Sampel

1. Tanah dikeringkan dan diayak dengan saringan No. 4.
2. Persiapan pertama pada bahan stabilan yang harus dilakukan, silika gel dihaluskan dengan menggunakan palu hingga sehalus mungkin. Kemudian setelah dihaluskan, silika gel harus berada di tempat tertutup supaya tidak terjadi reaksi antara silika gel dengan udara,

3. Setelah semua persiapan dilakukan, timbang bahan stabilan sesuai dengan perbandingan berat terhadap yang sudah direncanakan dan langsung dicampur dengan tanah lempung.
4. Setelah pencampuran dilakukan kemudian dilanjutkan dengan pemadatan dan diperam selama 24 jam.

### 3.4. Jumlah Sampel

Jumlah sampel yang dibuat untuk berbagai pengujian pada penelitian ini tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Sampel Penelitian

Campuran	Pengujian		
	Index Properties	Pemadatan	CBR
Tanah Asli	5	5	3
Tanah + 3%FA + 3%BA	1	5	3
Tanah + 4%FA + 4%BA	1	5	3
Tanah + 5%FA + 5%BA	1	5	3
Tanah + 3%FA + 3%Silika	1	5	3
Tanah + 4%FA + 4%Silika	1	5	3
Tanah + 5%FA + 5%Silika	1	5	3
Tanah + 3%BA + 3%Silika	1	5	3
Tanah + 4%BA + 4%Silika	1	5	3
Tanah + 5%BA + 5%Silika	1	5	3
Tanah + 6%Silika	1	5	3
Tanah + 8%Silika	1	5	3
Tanah + 12%Silika	1	5	3
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>65</b>	<b>39</b>

### 3.5. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun pengujian-pengujian yang dilaksanakan yaitu:

### 3.5.1. Pengujian Indeks Propertis Tanah

#### 1. Uji Kadar Air

Pengujian ini dilakukan dengan berpedoman pada SNI 1965:2008. Tujuan dari pengujian ini adalah perbandingan antara berat air yang mengisi rongga pori material tanah terhadap berat partikel padatnya yang dinyatakan dalam bentuk persen.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah atau campuran tanah dengan berat masing masing sampel sebanyak 30 – 50 gram. Setelah itu menyiapkan alat uji berupa oven dengan temperature  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, cawan dan peralatan bantu lainnya. Kemudian Langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

1. Menimbang cawan yang akan digunakan.
2. Masukkan sampel tanah yang telah disiapkan masing-masing sampel sebanyak 30 – 50 gram kedalam cawan.
3. Timbang cawan yang berisi sampel tanah.
4. Memasukkan sampel tanah ke dalam oven selama 24 jam.
5. Menimbang Kembali sampel tanah yang telah dioven atau tanah kering.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat dengan formula sebagai berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- w           = Kadar air %  
 W<sub>w</sub>        = Berat air (gr)  
 W<sub>s</sub>        = Berat butiran (gr)

## 2. Uji Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan dengan berpedoman pada SNI 1964:2008. Pengujian ini memiliki tujuan untuk menentukan kepadatan massa butiran pada temperature dan volume yang sama.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah yang lolos saringan No. 4 dan telah dikeringkan. Alat yang dipersiapkan pada pengujian ini yaitu piknometer, saringan No. 4, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, oven dengan temperature  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , termometer dan boiler atau *hot plate*. Kemudian langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

1. Menimbang piknometer.
2. Memasukkan sampel tanah sebanyak 25 – 30 gram ke dalam piknometer.
3. Menimbang kembali piknometer yang telah terisi sampel tanah.
4. Memasukkan air ke dalam piknometer sebanyak  $\frac{2}{3}$  volume piknometer.
5. Didihkan piknometer di atas tungku pemanas. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan butir-butir udara di dalam butir-butir tanah.
6. Setelah mendidih, piknometer didinginkan hingga *temperature* piknometer sama dengan suhu ruangan.
7. Timbang kembali piknometer yang berisi tanah dan air.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat dengan formula sebagai berikut.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

$G_s$  = Berat Spesifik

$\gamma_s$  = Berat Volume Butiran Padat ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\gamma_w$  = Berat Volume Air Suling ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

### 3. Uji Berat Volume Tanah

Pengujian ini dilakukan dengan berpedoman pada SNI 03-3637-1994. Pengujian ini memiliki tujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli dengan membandingkan berat tanah dengan volume tanah.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah yang telah dipersiapkan. Alat yang dipersiapkan pada pengujian ini yaitu ring, pisau, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, alat pendorong sampel, dan oli. Kemudian langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

1. Membersihkan serta menimbang ring yang telah diberikan oli. Tujuan diberikan oli supaya tanah tidak melekat pada ring.
2. Mengukur dimensi ring dan mencatatnya.
3. Memasukan tanah dengan menekan ring contoh ke dalam tabung sehingga ring contoh terisi oleh tanah..
4. Meratakan permukaan tanah setinggi ring.
5. Menimbang ring dan sampel.

Setelah di dapatkan hasil pengujian maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan data yang akurat dengan formula sebagai berikut:

Untuk berat volume basah

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(3)$$

keterangan :

$\gamma_b$  = Berat Volume Basah ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W$  = Berat Tanah (gr)

$V$  = Volume Tanah ( $\text{cm}^3$ )

Untuk berat volume kering

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

$\gamma_d$  = Berat Volume Kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W_s$  = Berat Butiran Padat (gr)

$V$  = Volume Tanah ( $\text{cm}^3$ )

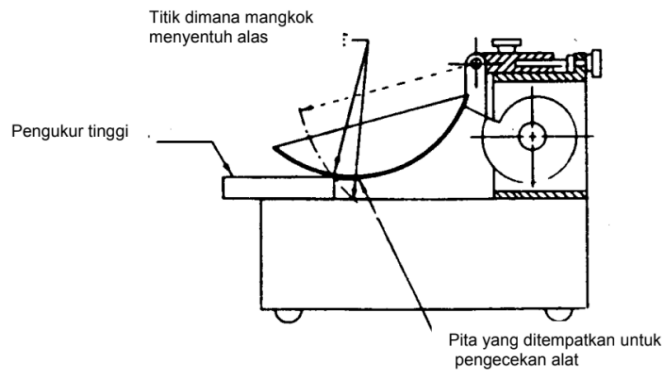
#### 4. Uji Batas-batas Atterberg

- Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair merupakan nilai kadar air tanah terhadap batas antara keadaan cair dengan keadaan plastis tanah, atau bisa disebut dengan nilai batas atas pada daerah plastis. Pada pengujian ini berpedoman pada SNI 1967:2008.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah yang telah dikeringkan. Alat utama yang perlu dipersiapkan pada pengujian ini yaitu spatula, mangkuk *Cassagrande*, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, alat batas cair dan alat pembuat alur. Kemudian langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

1. Memisahkan ukuran butiran tanah dengan cara diayak dengan saringan No. 40 dan sampel tanah lolos saringan diambil sebanyak 150-200 gram.
2. Tambahkan air sedikit dan kemudian aduk hingga merata dan menjadi seperti sebuah adonan.
3. Atur ketinggian jatuh mangkuk *Cassagrande* setinggi 10 mm.
4. Masukkan adonan kedalam mangkuk *Cassagrande* kemudian ratakan permukaan seperti permukaan air hingga padat.
5. Membuat jalur tanah di Tengah permukaan tanah menggunakan *grooving tool* atau pembuat alur.
6. Putar tuas mangkuk *Cassagrande* hingga kedua sisi adonan menyatu dengan menghitung jumlah pukulan.
7. Mengambil adonan tanah sebanyak 30 – 50 gram ke dalam cawan kemudian di oven selama 24 jam.
8. Menimbang Kembali adonan yang telah di oven.



Gambar 6. Alat batas cair *cassagrande*.

Sumber : SNI 1967:2008

- Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis merupakan nilai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dengan daerah semi padat. Pengujian ini berpedoman pada SNI 1966:2008.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah yang telah dikeringkan. Alat yang dipersiapkan pada pengujian ini yaitu spatula, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, cawan dan oven. Kemudian langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

1. Pisahkan sampel tanah dengan cara diayak dengan saringan No. 40 dan gunakan sampel tanah lolos saringan sebanyak 150 – 200 gram.
2. Tambahkan air sedikit dan kemudian aduk hingga merata dan menjadi seperti sebuah adonan.
3. Mengambil adonan seukupnya namun tidak terlalu banyak, kemudian digulung sampai membentuk batangan panjang dengan ukuran diameter 3 mm sampai terlihat retakan.
4. Mengambil adonan sebanyak 30 – 50 gram dan memasukkan ke dalam cawan kemudian di oven selama 24 jam.
5. Menimbang kembali adonan yang telah di oven.

## **5. Uji Analisa Saringan**

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui persentase butiran tanah yang tersisa pada saringan dan susunan butir-butir tanah di dalam tanah. 200. Pengujian ini berpedoman pada SNI 3423:2008.

Bahan yang disiapkan pada pengujian ini yaitu sampel tanah yang telah dikeringkan dan tertahan ayakan No. 200. Alat yang dipersiapkan pada pengujian ini yaitu saringan satu set, kuas halus, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, pan dan oven. Kemudian langkah-langkah yang dilakukan setelah alat dan bahan disiapkan yaitu sebagai berikut:

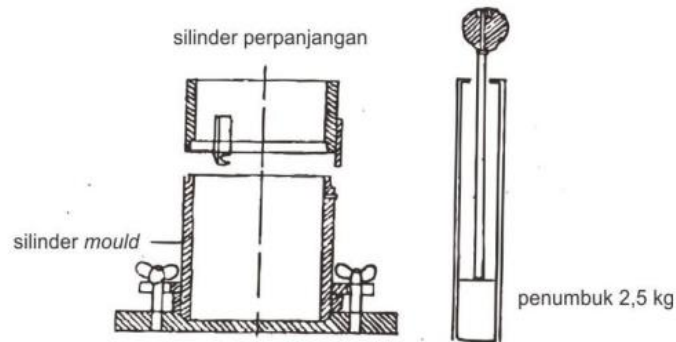
1. Ambil sampel tanah sebanyak 500 gram.
2. Menyusun saringan menurut urutan di atas mesin penggetar.
3. Masukkan sampel tanah ke dalam susunan yang paling atas dan tutup rapat.
4. Hidupkan mesin penggetar selama kira-kira 15 menit. Setelah penggetaran, mesin dimatikan dan biarkan selama 3 menit agar debu-debu mengendap.
5. Timbang masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan diatas saringan.

### **3.5.2. Pengujian Mekanis Propertis Tanah**

#### **1. Uji Pemadatan Tanah**

Uji pemadatan proctor merupakan pengujian laboratorium untuk mengetahui kadar air optimum dalam tanah yang akan memadat dan mencapai kepadatan kering maksimum.





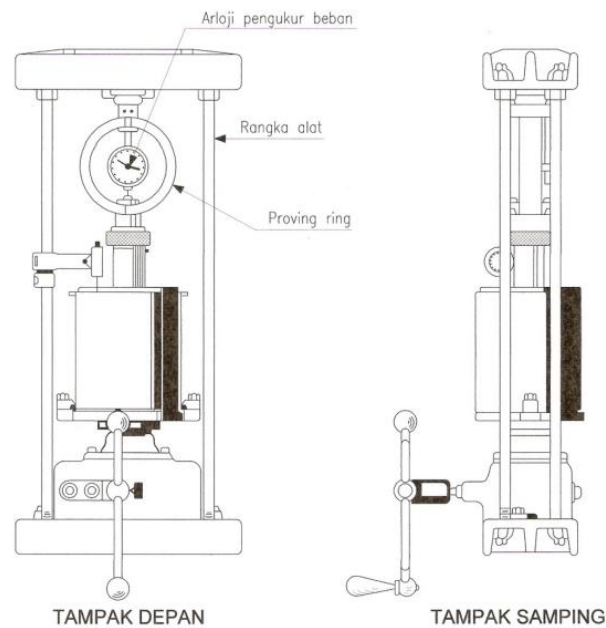
Gambar 7. Alat uji standar proctor.  
Sumber : Hardiyatmo, 2002

Pengujian ini berpedoman pada SNI 1742:2008, Berikut Langkah kerja dari pengujian pepadatan.

1. Ambil sampel tanah kemudian dijemur apabila sampel tersebut masih basah.
2. Bila sampel tanah sudah agak kering, sepotong tanah lainnya dihancurkan dengan palu karet atau diremas dengan tangan.
3. Ayak tanah dengan ayakan no. 200. Gunakan sebanyak 25 kg yang lolos saringan No. 200 kemudian dibagi menjadi 5 bagian, masing-masing bagian sebanyak 5 kg.
4. Ambil sebagian sampel untuk mengetahui kadar airnya.
5. Ambil sampel seberat 5 kg dan tambahkan sedikit air lalu aduk hingga rata. Tanah dikatakan siap bila tanah tidak hancur dan lengket bila ditekan
6. Tambahkan air dengan selisih 5% untuk setiap 5 kg tanah.
7. Menimbang *mold* beserta ukur dimensinya.
8. Pasang *collar* pada *mold* dan diolesi dengan oli hingga merata.
9. Langkah pertama tambahkan tanah  $\frac{1}{3}$  dari tinggi cetakan dan palu sebanyak 25 kali hingga merata. Langkah kedua dan ketiga dilakukan dengan cara yang sama.
10. Timbang *mold* berisi sampel tanah yang sudah dipadatkan.
11. Ulangi langkah 8 dan 9 lagi hingga Anda mendapatkan 5 data kompresi.

## 2. Uji *California Bearing Ratio* (CBR)

CBR atau *California Bearing Ratio* merupakan kelanjutan dari uji metode pemadatan tanah dengan menggunakan sampel tanah yang sama yang sudah dipadatkan dengan pemadatan proctor. Maksud dari metode ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada kepadatan dan kadar air tertentu. Dapat disimpulkan bahwa nilai CBR akan menentukan apakah tanah tersebut dapat menahan beban struktur di atasnya.



Gambar 8. Alat uji penetrasi CBR laboratorium  
Sumber : SNI 1744:2012

Pengujian ini berpedoman pada SNI 1744:2012, Berikut Langkah kerja dari pengujian CBR Laboratorium.

1. Letakkan cetakan berisi jenis tanah yang dipadatkan secara terbalik dengan beban terpasang pada pelat penekan mesin penetrasi CBR.
2. Atur posisi *dial* beban dan *dial* penetrasi di posisi nol, lakukan penetrasi dengan diputaranya engkol dengan kecepatan konstan.
3. Lakukan pembacaan *dial* beban pada penetrasi 0,0125"; 0,025"; sampai 0,5".

4. etelah menggunakan mesin penetrasi CBR, keluarkan contoh tanah dari cetakan dengan alat ekstruder.
5. Ambil Sebagian dan timbang sampel tanah hasil percobaan untuk uji kadar air.

Adapun cara menentukan nilai CBR sebagai berikut:

- a. CBR pada penetrasi 0,1” atau 2,54 mm dengan beban standar 70,31 kg/cm<sup>3</sup> atau 1000 psi. perhitungan nilai CBR dapat di formulakan pada persamaan 5.

$$\text{CBR } 0,1'' = \frac{P1}{3 \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

- b. CBR pada penetrasi 0,2” atau 5,08 mm dengan beban standar 105,47 kg/cm<sup>3</sup> atau 1500 psi. perhitungan nilai CBR dapat di formulakan pada persamaan 6.

$$\text{CBR } 0,2'' = \frac{P2}{3 \times 1500} \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung didapatkan kesimpulan sebagai berikut ini :

1. *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan limbah yang berjumlah cukup banyak dan cukup berbahaya bagi lingkungan, namun dapat digunakan sebagai bahan stabilan karena mudah didapatkan dan kemudian diolah untuk menjadi bahan stabilan. Tidak hanya *fly ash* dan *bottom ash*, silika juga dapat ditemui dan didapatkan dengan mudah bisa melalui *e-commerce* maupun toko bahan kimia. Rekomendasi campuran yang dapat digunakan secara massal dari segi daya dukung dan biaya yang dikeluarkan yaitu :

1. 4% Fly Ash + 4% Bottom Ash

Daya dukung cukup tinggi dan biaya yang dikeluarkan rendah.

2. 3% Fly Ash + 3% Silika

Daya dukung cukup tinggi namun perlu mengeluarkan biaya lebih besar dibandingkan campuran FABA.

3. 4% Fly Ash + 4% Silika

Daya dukung didapatkan hasil paling tinggi dan biaya yang dikeluarkan juga akan lebih banyak, namun tidak sebanyak biaya campuran silika saja.

2. Penambahan bahan stabilan pada penelitian ini memiliki hasil yang berbeda sesuai dengan persentase maupun kategori bahan stabilannya. Penambahan *fly ash* ataupun *bottom ash* dengan silika lebih terlihat dibandingkan hanya penambahan *fly ash* dan *bottom ash*. Karena silika

dapat membuat sampel tanah menjadi lebih cepat mengering yang merupakan salah satu sifat silika yang mampu menyerap atau mengikat air.

3. Pada penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan 4 komposisi bahan stabilan dengan tanah lempung golongan A-7-5 (klasifikasi AASHTO) dan MH (klasifikasi USCS) didapatkan hasil yang berbeda. Dari 4 komposisi tersebut campuran yang memiliki nilai daya dukung terbesar pada campuran hanya silika. Dikarenakan hasil dari pengujian CBR pada campuran 8% silika lebih besar daripada campuran 10% komposisi *fly ash*, *bottom ash* dan silika. Hal ini dapat terjadi karena silika mempunyai sifat menyerap atau mengikat air disekitarnya yang mengakibatkan tanah mampu berkurangnya kadar air dalam kurun waktu yang dapat dikatakan cepat dan dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah.

## 5.2. Saran

Untuk meningkatkan kualitas penelitian yang akan dilakukan selanjutnya, penulis memiliki saran yaitu :

1. Dilakukanya pengujian dengan karakteristik yang berbeda supaya dapat dibandingkan hasilnya sesuai dengan kebutuhan. Judul penelitian selanjutnya bisa juga menjadi “Upaya Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar (*Subgrade*) pada Kondisi *Soaked* dengan Menggunakan Campuran Fly Ashsh, Bottom Ash dan Silika”.
2. Melakukan analisis ekonomi yang lebih mendalam tentang penggunaan campuran fly ash, bottom ash, dan silika dalam proyek konstruksi. Ini akan membantu menilai aspek biaya dan keuntungan dari penggunaan bahan-bahan lebih dalam lagi.
3. Meneliti dampak lingkungan dari penggunaan campuran fly ash, bottom ash, dan silika pada tanah dasar, termasuk potensi pencemaran tanah dan air.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Coal Ash Association. (2013). Fly Ash Facts for Highway Engineers. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Apriyanti, Y. & Hambali, R. (2014). Pemanfaatan Fly Ash Untuk Peningkatan Nilai CBR Tanah Dasar. *Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung*, Vol.2, No.2.
- ASTM C618. (2017). Astm C 618. 21–23
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. *SNI 3423 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah. *SNI 1742 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Berat Jenis Tanah. *SNI 1964 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. *SNI 1967 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium. *SNI 1965 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. *SNI 1966 : 2008*.
- Badan Standarisasi Nasional. (1994). Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji. *SNI 03-3637-1994*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). Metode Uji CBR Laboratorium. *SNI 1744 : 2012*.
- Barnas, E. and Karopeboka, B., 2014. Penelitian Kekuatan Tanah Metode CBR (California Bearing Ratio) di SPBG Bogor 1 Bubulak Jl KH R Abdullah bin Nuh. *Jurnal KaLIBRASI-Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 9.

- Bowles, J. E. (1993). Sifat - sifat fisis dan geoteknis tanah. Jakarta : Erlangga.
- Chairullah, B. (2011). Stabilisasi Tanah Lempung untuk Material Tanah Dasar *Subgrade* dan *Subbase* Jalan Raya, *Jurnal Teknik Sipil Unsyiahkuala*, 1(1) 81-70.
- Das, B. M, (1985). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) (*1st ed.*).
- Fahmi, H. & Nurfalah, A. L. (2016). Analisa Daya Serap Silika Gel Berbahan Dasar Abu Sekam Padi. *Jurnal IPTEKS Terapan*, V10.i3, Pp (176-182).
- Furqan, M., Utomo, S. H. T. & Suparma, L. B. (2021). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Limbah Karbit dan Silika Fume Terhadap Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Inovtek Seri Teknik Sipil dan Aplikasi (TEKLA)*, Vol. 3, No. 2.
- Hangge, E. E., Bella, R. A. & Ullu, M. C. (2021). Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif. *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 10, No.1.
- Hardiyatmo, H. (1993). *Mekanika Tanah I*
- Hardiyatmo, H. (2017). *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*.
- Insan, M. K., Hariati, F. & Muhammad, F. (2019). Studi Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash Sebagai Material Stabilisasi Tanah Dasar. *Jurnal Komposit*, Vol. 3 No. 2.
- Kurniawan, D. F. (2019). Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM) Pada Penyambungan Plat Menggunakan Metode Friction Stir Welding Single Side. *Jurnal UMS*.
- Meidilla, D. W. & Ridwan, M. (2017). Pengaruh Penambahan Abu Dasar pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR. *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 03, pp. 310-318.
- Naren, B. R., & Prasada Rao, G. V. (2019). Study on the use of silica sand as a stabilizing material for subgrade soil. *Geomechanics and Engineering*, 17(3), 243-250.
- Purnama, Y., & Ridwan, M., (2017), Pengaruh Penambahan *Bottom Ash* pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Lakarsan Tri Surabaya.
- Razali, M. R., & Wijaya, O. (2016). Nilai CBR Pada Stabilisasi Tanah dengan Semen Jl. Budi Utomo. *Jurnal Inersia Oktober*, 8(2), 67.
- Satibi, S., Zega, L. M. R. C. & Soewignjo, N. A. (2022). Perubahan Plastisitas dan Permeabilitas Tanah Lempung (CH) Terhadap Penambahan Semen dan Limbah BAFA. *Jurnal Teknologi dan Rekayas Sipil*, Vol. 01, No. 01, pp 01-09.

- Sembiring, Fajri & Fajar. (2020). Peningkatan Stabilisasi Tanah Dasar dengan Penambahan Silika Gel.
- Singh, M. (2018). Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete. *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*. Pages 3-50.
- Soedarsono, D.U., (1985). *Konstruksi Jalan Raya*, Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Soewignjo, A. N., Ferry, F. & Lembasi, M. (2022). Perubahan Nilai CBR Terhadap Penambahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* pada Tanah Lempung.
- Utami, E. T., Tambunan, H. F. & Simanjuntak, I. R. U. (2021). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Upaya Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, Volume 10, No. 1*.
- Utama, P. S., Yamsaengsung, R., & Sangwichien, C. (2018). Silica gel derived from palm oil mill fly ash. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 40(1), 121-126.
- Wang, L., Cheng, X., & Zhu, H. (2020). Preparation of modified silica gel and its effect on soil stabilization. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(7).
- Wibowo, B. P., Arifin, Y., & Suprayitno, E. (2021). Pengaruh Penambahan Abu Terbang dan Abu Dasar terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Lempung Lunak. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Lingkungan*, 3(1), 22-30
- Yunita, E., Rahmaniah & Fitriyanti. (2017). Analisis Potensi dan Karakteristik Limbah Padat Fly Ash dan Bottom Ash Hasil Dari Pembakaran Batu Bara pada PLTU PT. Semen Sentosa. *JFT*, No.1, Vol. 4.