

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 421 / Teknik Sipil

LAPORAN HASIL
PENELITIAN DASAR UNGGULAN PERGURUAN TINGGI



STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK
DENGAN ZEOLIT SEBAGAI MATERIAL SUBGRADE

TIM PENGUSUL

IR. NURSAMIAH, S.T., M.T. / 0001126402
DR. IR. DASYRI PASMAR, M.T. / 0002056608

Dibiayai oleh DIPA Politeknik Negeri Ujung Pandang, sesuai dengan
Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian (Research Grant)
Kelas Jalur Mandiri (20 Program Studi)
Nomor : B/33/PL10.13/PT.01.05/202, tanggal 23 April 2021

JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
NOVEMBER 2021

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Zeolit sebagai Material Sub Grade

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 421/ Ilmu Teknik

Ketua Peneliti:

a. Nama Lengkap : Ir. Nursamiah, S.T., M.T.
b. NIDN : 0001126402
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
d. Program Studi : Teknik Sipil/ D3 Teknik Konstruksi Sipil
e. Nomor HP : 085394188491
f. Alamat surel (e-mail) : nur_samiah@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Dasyri Pasmal, M.T.
b. NIDN : 0002056608
c. Program Studi : Teknik Sipil/ D3 Teknik Konstruksi Sipil

Mahasiswa Yang dilibatkan

a. Nama Lengkap : Nurafifah / Nurul Maramat
b. NIM : 31218044 / 31218045
Lama Penelitian : 8 bulan
Biaya Penelitian : **Rp. 10.000.000 (Sepuluh Juta Rupiah)**



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Dr. Andi Muhammad Subhan, S.T., M.T.
Nip. 19670530 199703 1 001

Makassar, 15 September 2021

Ketua Peneliti,

Ir. Nursamiah, S.T., M.T.
Nip. 19641201 199003 2 001



Mengetahui,
a.n. Direktur PNUPI,
Wakil Direktur PNUP

Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
Nip. 197404231999031002



Menyetujui,
Kepala P3M,
Politeknik Negeri Pandang,

Dr. Ir. Firman, M.T.
Nip. 196412311991031028

RINGKASAN

Permasalahan yang sering terjadi pada proyek pembangunan konstruksi baik jalan maupun bangunan adalah terjadinya penurunan tanah dasar, sehingga terjadi kerusakan pada konstruksi bangunan di atasnya. Tanah dasar tersebut merupakan tumpuan yang akan menerima seluruh beban konstruksi di atasnya, sehingga kondisi lapisan tanah dasar sangat berpengaruh terhadap konstruksi yang ada di atas tanah tersebut. Terlebih lagi pada tanah timbunan yang banyak tersedia di Indonesia namun tidak dapat digunakan secara langsung, dikarenakan nilai penurunan yang besar serta daya dukung yang sangat kecil yang dimiliki oleh tanah tersebut. Metode yang sering digunakan yaitu stabilisasi tanah dengan penambahan bahan stabilisator. Pada penelitian ini stabilisasi tanah dilakukan dengan penambahan zeolit. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengambilan sampel tanah dan pengujian yang dilakukan di laboratorium guna mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah tersebut, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel tanah untuk pengujian Kuat Tekan bebas dan CBR Lab. dengan 5 variasi zeolit dari 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa sampel tanah lunak memiliki kadar air = 90,58%, berat isi = 1,52 gr/cm³, berat jenis = 2,26, batas cair = 64,80% dan batas plastis = 31,68% dengan nilai indeks plastis sebesar = 33,12%. Berdasarkan system klasifikasi tanah dengan cara USCS (Unified Soil Classification System), jenis tanah lunak dari Dam Bili-bili tersebut termasuk jenis tanah CH (Clay-High), Lempung dengan nilai plastisitas tinggi. Uji kuat tekan bebas pada sampel tanah lunak yang distabilisasi dengan berbagai variasi zeolit di peroleh nilai kuat tekan tertinggi sebesar 0,259 kg/cm² yaitu pada sampel tanah lunak + zeolit = 25%. Untuk tanah lunak tanpa zeolit memiliki Nilai CBR sebesar 1,24% dan setelah penambahan zeolit, mengalami peningkatan yg cukup signifikan, hingga 74,10% pada sampel tanah lunak 25%. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa tanah lunak dari Dam Bili-bili yang distabilisasi dengan zeolit, dapat direkomendasikan sebagai material timbunan tanah dasar Jalan.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan seluruh rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulisan laporan akhir penelitian ini diselesaikan.

Terwujudnya Laporan Hasil Penelitian ini, tidak lepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini, kami mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Direktur PNUP, Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D.
2. Wakil Direktur I Bidang Akademik PNUP, Bapak Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., Ph.D.
3. Ketua Jurusan Teknik Sipil PNUP, Bapak Dr. Andi Muhammad Subhan, S.T., M.T.
4. Ketua P3M PNUP, Bapak Dr. Ir. Firman, M.T.
5. Pihak lain yang tidak dapat disebut namanya satu persatu

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan hasil penelitian ini, masih terdapat banyak kekurangan, oleh sebab itu kami mengharapkan masukan dan saran demi penyempurnaan penyusunan laporan penelitian tersebut.

Makassar, September 2021

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanah Timbunan	3
2.2. Tanah Lunak	4
2.3. Zeolit	5
2.4. Stabilisasi Tanah	5
2.5. Karakteristik dan Klasifikasi Tanah	6
2.6. Daya Dukung Tanah	8
2.7. Sub Grade	9
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1. Tujuan Penelitian.....	11
3.2. Manfaat Penelitian.....	11
BAB 4 METODE PENELITIAN	
4.1. Tempat dan Waktu Penelitian	12
4.2. Alat dan Bahan	13
4.3. Tahapan Penelitian	13
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN .	
5.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan	16

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	19
6.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	22

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 1. Sifat-sifat Umum Lempung Lunak	5
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Unified Soil Classification System)	8
Tabel 3. Standar yang digunakan dalam pengujian	13
Tabel 4. Hasil Pengujian Propertis tanah Lunak	16
Tabel 5. Hasil Pengujian Propertis Zeolit	16
Tabel 6. Hasil Pengujian Batas – Batas Atterberg	17
Tabel 7. Hasil pengujian CBR Lab.	18
Tabel 8. Peningkatan nilai CBR Lab.	18
Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan	19

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Susunan Lapisan Perkerasan Jalan	9
Gambar 2. Lokasi Penelitian	12
Gambar 3. Bagan Alir Penelitian	15
Gambar 4. Grafik Batas Cair (Liquid limit)	17
Gambar 5. Grafik Pemadatan lab. tanah lempung lunak	18

BAB. I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

A. Latar Belakang

Pada konstruksi jalan, tanah dasar merupakan lapisan tanah yang akan menerima beban dari lapisan-lapisan perkerasan yang ada di atasnya, yang juga merupakan bagian terakhir yang menerima distribusi beban dari lapisan permukaan. Tanah dasar turut mempengaruhi tingkat kemahalan pembangunan jalan raya karena daya dukung tanah dasar menentukan tebal tipisnya lapisan perkerasan pondasi. Tanah sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi harus mampu menahan beban yang bekerja di atasnya karena tanah merupakan landasan yang menerima dan menahan beban-beban yang ada di atasnya. Sebagai landasan, tanah harus mempunyai daya dukung yang baik untuk mendukung beban konstruksi. Oleh karena itu sebelum dilaksanakan pekerjaan konstruksi, harus diketahui terlebih dahulu daya dukung tanahnya. Penggunaan tanah sebagai subgrade jalan harus mempunyai kekuatan daya dukung tertentu. Selama ini, tanah yang tidak baik terutama dari jenis tanah lempung lunak dibuang karena memiliki daya dukung yang sangat rendah, dan digantikan dengan tanah yang lebih baik, tentunya yang memiliki nilai daya dukung yang memenuhi spesifikasi. Bertolak dari uraian di atas, penulis mencoba melakukan penelitian untuk perbaikan tanah lunak dalam usaha pemanfaatannya untuk material jalan raya, dengan cara melakukan stabilisasi dengan bahan Zeolit, dengan harapan dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah lunak tersebut sehingga dapat digunakan sebagai material timbunan tanah dasar (subgrade).

B. Tujuan Khusus

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji material tanah lempung lunak dari hasil sedimentasi dam bili-bili dengan cara di stabilisasi dengan Zeolit, untuk melihat peningkatan daya dukung tanah tersebut sehingga dapat digunakan sebagai material timbunan tanah dasar (subgrade), dengan target khusus bagaimana memberi solusi agar material tanah sedimentasi dam bili-bili memenuhi syarat spesifikasi. Untuk itu hasil penelitian ini dapat menjadi solusi pemecahan masalah tersebut.

Tujuan tersebut dapat dijabarkan sebagai tujuan khusus sebagai berikut:

- Mengkaji untuk mengetahui karakteristik dasar material tanah dam bili-bili

- Mengkaji untuk mengetahui kapasitas dukung tanah dam bili-bili yang distabilisasi dengan Zeolit.
- Meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak untuk dimanfaatkan sebagai material bahan timbunan.

C. Urgensi Penelitian

Pekerjaan teknik sipil khususnya geoteknik tidak lepas dari tanah, banyaknya permasalahan yang dijumpai pada dasarnya disebabkan oleh sifat fisis dan sifat teknis tanah itu sendiri. Sifat fisis dan sifat teknis yang buruk ditandai dengan kondisi kadar air yang berlebihan, sehingga menyebabkan kondisi tanah menjadi jenuh dan mengakibatkan kapasitas dukung tanah menurun.

Sebagian besar wilayah Indonesia terdiri tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi, hal ini menimbulkan masalah seperti bergelombangnya permukaan jalan, rusaknya badan jalan akibat kurang sempurna pada saat melakukan pemadatan, dan penurunan kapasitas dukung tanah akibat kondisi tanah yang jelek. Salah satu usaha yang dilakukan untuk penyelesaian masalah tersebut adalah dengan menambahkan dan mencampur zeolit kedalam tanah lempung lunak. Dengan melakukan stabilisasi dengan zeolit, diharapkan dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah lunak, sehingga dapat digunakan sebagai material tanah timbunan yang memenuhi syarat spesifikasi.

Hasil penelitian ini nantinya dapat diperuntukkan untuk mengetahui karakteristik dasar material tanah tersebut yang nantinya memberikan informasi tentang pengaruh peningkatan kekuatan tanah lunak yang distabilisasi dengan zeolite, sekaligus sebagai rujukan/referensi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah lunak yang distabilisasi zeolit ?.
2. Seberapa besar kekuatan dukung tanah lunak yang distabilisasi dengan zeolit untuk dapat dijadikan alternatif sub grade (tanah timbunan) ?.

1.3. Batasan Masalah

Mengingat masalah stabilisasi dengan menggunakan material cukup banyak dan tidak mungkin untuk di bahas secara keseluruhan, baik dalam bentuk teori maupun penelitian, maka perlu diberikan batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Material yang digunakan adalah tanah lempung lunak yang diambil dari hasil pengerukan danau bili-bili
2. Material tanah di stabilisasi dengan menggunakan zeolit
3. Hasil analisis penelitian berupa kekuatan dukung tanah, diperuntukan sebagai tanah timbunan (Sub Grade)

BAB. II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Timbunan

Tanah merupakan elemen dasar bagi sebuah konstruksi, baik itu berupa konstruksi gedung, konstruksi jalan, maupun konstruksi lainnya. Tanah dalam hal ini memiliki peranan penting karena tanah merupakan dasar dari seluruh bangunan konstruksi. Setiap jenis tanah memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan yang berbeda baik secara mekanis, fisik, dan kimia.

Tanah yang kurang memenuhi syarat *subgrade* bangunan perlu dilakukan perbaikan. Salah satu pilihan untuk mengatasi kondisi tanah tersebut adalah dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli dengan cara penambahan suatu bahan tertentu yang dapat memberikan perubahan pada sifat-sifat tanah asli. Selain itu, stabilisasi tanah diperlukan dalam memperbaiki sifat-sifat tanah yang mempunyai daya dukung rendah, indeks plastisitas tinggi, pengembangan (*swelling*) tinggi serta gradasi yang buruk. sehingga menjadi lebih baik untuk dasar/*subgrade* suatu konstruksi.

Perbaikan tanah atau stabilisasi tanah yang dikenal dalam rekayasa geoteknik secara umum terbagi dalam tiga kategori, yaitu cara mekanis, cara kimia, dan cara fisik. Cara mekanis didasarkan atas usaha-usaha mekanis, seperti kompaksi, konsolidasi, dan lainnya yang akan meningkatkan kerapatan tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, serta meningkatkan kapasitas daya dukung dan stabilitas tanah. Pada cara kimiawi, suatu bahan aditif berupa binders (semen, kapur, abu terbang dll) dicampurkan dalam tanah yang bertujuan untuk mengubah properties dan kekuatan tanah. Sedangkan pada cara fisik, bahan perkuatan seperti geotekstil dimasukkan atau disusun pada lapisan tanah untuk memperkuat tanah atau meningkatkan daya dukung tanah.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau melawan penurunan akibat pembebanan. Daya dukung tanah mengidentifikasikan besar kekuatan

tanah atau beban maksimum yang dapat diterima oleh tanah akibat gaya yang bekerja di atasnya. Nilai daya dukung suatu tanah dapat diketahui melalui pengujian dilaboratorium seperti pengujian CBR dan pengujian kuat tekan bebas.

Tanah timbunan atau tanah urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya, yaitu :

1. Timbunan Biasa, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang disyaratkan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material existing subgrade yang tidak memenuhi syarat.

Bahan timbunan biasa harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Bahan tidak termasuk tanah yang plastisitasnya tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A – 7 – 6 dari persyaratan AASHTO atau sebagai CH, memiliki nilai $CBR \geq 6\%$
- Tidak memiliki pengembangan yang tinggi, yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25. Nilai aktif diukur sebagai perbandingan antara indeks plastis (PI) dan presentase ukuran lempung.

2. Timbunan Pilihan, adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir subgrade yang disyaratkan dalam gambar perencanaan dengan maksud khusus lainnya.

Bahan timbunan pilihan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

- Terdiri dari bahan tanah berpasir (sandy clay) yang memenuhi persyaratan
- memiliki nilai $CBR \geq 10\%$

2.2. Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung dan lanau. Lapisan tanah lunak mempunyai sifat gaya geser yang rendah, kemampuan yang tinggi, koefisien permeabilitas yang rendah, dan mempunyai daya dukung yang rendah.

Tabel 1. Sifat – sifat umum lempung lunak

No.	Parameter	Nilai
1.	Kadar air	80 – 100%
2.	Batas cair	80 – 110%
3.	Batas plastis	30 – 45 %
4.	Lolos saringan no. 200	> 90%
5.	Kuat geser	20 – 40 kN/m ²

2.3. Zeolit

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Chetam, 1992)

Pemakaian zeolit dimaksudkan sebagai suatu bahan stabilisasi tanah yang sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek/ dibawah standar. Penambahan zeolit ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya. Penggunaan zeolit ini diharapkan dapat menjadi alternatif dalam peningkatan daya dukung tanah lunak.

2.4. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut:

- a) Menurut Kreb dan Walker (1971), dalam arti luas, tujuan stabilisasi tanah meliputi perlakuan tanah dimana dibuat lebih stabil.
- b) Menurut Bowles (1986), stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu tindakan seperti: menambah kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi atau tahanan geser, menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah, menurunkan muka air tanah (*dewatering*), dan mengganti tanah-tanah yang buruk.
- c) Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi

mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.

Stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut kemampuannya menjadi lebih baik, baik secara mekanis maupun dengan cara menggunakan bahan tambah. Hal tersebut dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi apapun yang akan dibangun di atasnya.

Prinsip utama stabilitas tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat diperkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban. Upaya stabilisasi tanah sudah banyak dilakukan dengan stabilisator yang beraneka ragam seperti : kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, aspal dan lain-lain. Alasan penggunaan bahan-bahan tersebut adalah kesesuaiannya dengan jenis tanah, mudah didapat, murah harganya, dan tidak mencemari lingkungan.

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik tanah dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu. Perbandingan campuran bergantung pada kualitas campuran yang diinginkan. Jika pencampuran hanya dimaksudkan untuk merubah gradasi, plastisitas tanah dan *workability*, maka hanya memerlukan bahan tambah yang sedikit. Namun bila stabilisasi dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan yang tinggi, maka diperlukan bahan tambah yang lebih banyak. Material yang telah dicampur dengan bahan tambah ini harus dihamparkan dan dipadatkan dengan baik.

2.5. Karakteristik dan Klasifikasi Tanah

1. Karakteristik Tanah

Struktur tanah merupakan karakteristik fisik tanah, tanah juga di definisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das,B.M., 1993)

Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan mencakup semua bahan dari tanah lempung (clay) sampai brangkal (batu-batu yang besar), jadi semua endapan alam yang terkait dengan teknik sipil kecuali batuan tetap. (Weley,L.D.,1977).

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri, (Sosrodarsono,S.,2005).

Masing-masing jenis tanah memiliki karakteristik, cirri dan manfaat yang berbeda secara fungsi dan kegunaannya, salah satu contoh misalnya tanah liat salah satu jenis tanah dari sekian banyak jenis tanah yang ada diperut bumi, dimana salah satu karakteristiknya memiliki sifat lengket atau liat yang sekaligus digunakan sebagai namanya. Karakteristik lain dari tanah liat adalah sulit menyerap air, dalam keadaan kering tanah dapat luruh menjadi butiran-butiran yang sangat halus, umumnya berwarna kehitaman dan keabu-abuan.

2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok – kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Berikut ini adalah sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan dalam bidang teknik sipil :

Sistem Klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*)

. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam tiga kelompok besar, yaitu :

- Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini, huruf awal **G** untuk kerikil (*gravel*) dan **S** untuk pasir (*sand*)
- Tanah berbutir halus (*fine grained soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini huruf awal **M** untuk lanau (*silt*) anorganik, **C** untuk lempung (*clay*) dan **O** untuk lanau-organik. Simbol **PT** digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck* dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi **USCS**, adalah :

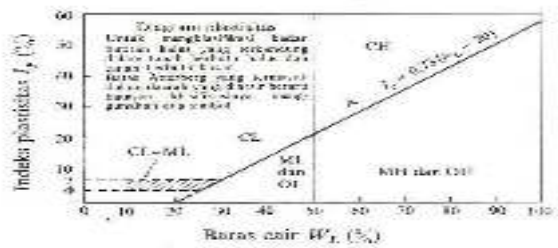
W = bergradasi baik (*well graded*), **P** = bergradasi buruk (*poorly graded*)

L = plastisitas rendah (*low plasticity*), $LL < 50$, **H**= plastisitas tinggi (*high plasticity*), $LL > 50$

- Tanah organik adalah tanah gambut yang merupakan hasil pelapukan dari sisa-sisa hewan atau tumbuhan.

Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Unified Soil Classification System)

Klasifikasi umum	Simbol Hidro- PLUG	Nama jenis	Artinya klasifikasi
Tanah berbutir di atas batas dari 20% ukuran lebih dari 75 mikron (No. 20)	GW	Kerikil yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan kerikil lebih banyak daripada kerikil	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Kerikil yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan kerikil lebih banyak daripada pasir	
	GP	Kerikil yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan kerikil lebih banyak daripada pasir dan kerikil	Tidak sesuai dengan kriteria GW
		Kerikil yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan kerikil lebih banyak daripada pasir dan kerikil	
	MH	Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	
	SH	Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	Tidak sesuai dengan kriteria GW
		Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	
	MH	Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	
SH	Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung	Tidak sesuai dengan kriteria GW	
	Hasir yang merupakan perbandingan beratnya antara pasir dengan lempung lebih banyak daripada pasir dan lempung		
Tanah dengan kadar lempung lebih dari 20% ukuran lebih dari 75 mikron (No. 20)	CL	Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	
	CH	Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi	
	ML	Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	
	MH	Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$
		Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi	
	SH	Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	Tidak sesuai dengan kriteria GW
		Lempung dengan kadar air rendah dan plastisitas rendah	
SH	Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi	Tidak sesuai dengan kriteria GW	
	Lempung dengan kadar air tinggi dan plastisitas tinggi		
PT	Gambaran, tumpukan pasir dan kerikil	$U = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $P_c = \frac{F_{200}}{100} < 5$	
	Gambaran, tumpukan pasir dan kerikil		



2.6. Daya Dukung Tanah

Dalam tahap pembangunan suatu struktur bangunan dibutuhkan data besaran daya dukung tanah dalam menerima beban. Daya dukung tanah perlu diketahui untuk menghitung dan merencanakan dimensi pondasi yang dapat mendukung beban struktur yang akan dibangun. Apabila daya dukung tanah tidak mampu menerima beban dari struktur yang direncanakan, dengan data daya dukung tanah yang telah diketahui kita dapat melakukan perlakuan tertentu agar nilai daya dukung tanah dapat mencapai nilai yang diinginkan. Penimbunan dan pemadatan merupakan salah satu perlakuan tertentu untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah .

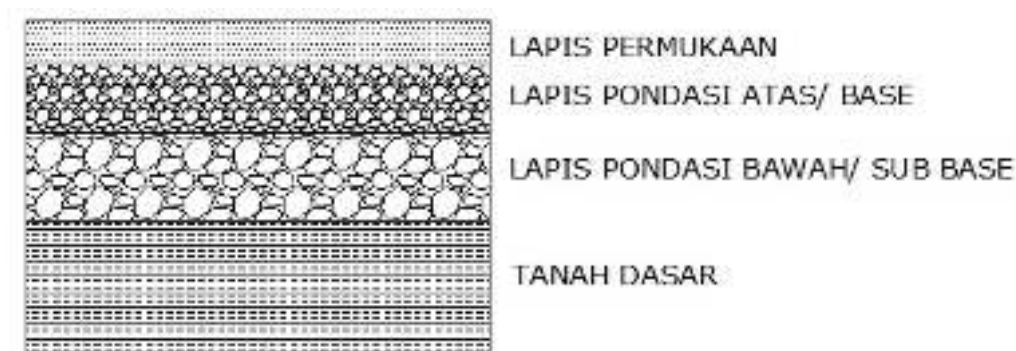
Kapasitas dukung tanah dasar dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil klasifikasi ataupun dari pemeriksaan CBR, pembebanan plat uji dan sebagainya (Sukirman,1995).

California Bearing Ratio (CBR) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. 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. Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya.

2.7. Subgrade

Subgrade adalah tanah dasar di bagian paling bawah lapis perkerasan jalan. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dan lain lain. Oleh karena itu perencanaan suatu perkerasan jalan sangat ditentukan oleh kondisi tanah dasar atau subgrade.



Gambar 1 Susunan Lapisan Perkerasaan Jalan

Studi Pendahuluan

Studi sebelumnya telah banyak dilakukan untuk Stabilisasi antara lain: Solanki, et.al.2009 telah melakukan penelitian stabilisasi tanah pengerukan dengan semen pada dermaga di Oklahoma. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan, kekakuan, dan daya tanah dengan variasi bahan stabilisasi.

Sedangkan Naji,N.K.,et.al.,2010 di Philadelphia telah melakukan penelitian stabilisasi semen untuk meningkatkan sifat teknis agregat dasar,serta kinerja perkerasan secara keseluruhan. Teknik stabilisasi ini dianggap sebagai alternatif yang menarik dalam aplikasi perkerasan karena biaya rendah dan ramah lingkungan

Inoue,et al.2004 melakukan penelitian dengan memanfaatkan Ariake Clay (Sea Ariake Japan) dengan stabilisasi semen dan kapur digunakan untuk perbaikan tanah liat lunak dan tanah organik. Hasilnya, peningkatan berbeda antara jenis pencampuran. pada

dasarnya semen dan kapur membuat stabilisasi tanah liat dengan reaksi hidrasi, tapi proses reaksi kimia mereka berbeda satu sama lain.

Stabilisasi tanah pengerukan memperlihatkan peningkatan kinerja kekuatan geser untuk semua campuran dibandingkan dengan bahan lain seperti pasir dan kerikil (Grubb et al. 2010)

Kodikara J., 2005 dari Universitas Clayton Australia, Dalam penelitian stabilisasi tanah memberikan hal baru untuk perbaikan perkerasan, dan umumnya lebih baik untuk rekonstruksi karena relatif murah dan menggunakan kembali bahan yang ada, atau ramah lingkungan. Dikatakan bahwa teknologi ini baik dan dapat digunakan untuk mengembangkan stabilisasi subbase atau base atau keduanya.

Gnanendran C., T. 2010 dari Universitas New South Wales Australia memberikan hasil bahwa, Bahan granular yang distabilisasi dengan bahan pengikat semen, baik selama pembuatan jalan baru atau rehabilitasi perkerasan jalan lama, meningkatkan karakteristik kekuatan, kekakuan dan kinerja jangka panjang akibat beban lalu lintas.

Arif Wibawa (2015), melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan limbah gypsum terhadap nilai kuat geser tanah lempung, Dalam penelitiannya, tanah lempung distabilisasi dengan penambahan limbah gypsum. Dimana Setiap penambahan campuran limbah gypsum terjadi kenaikan nilai kuat geser tanah (s) pada tanah lempung.

Nursamiah (2016), melakukan penelitian tentang pengaruh tanah lunak yang distabilisasi dengan semen *Masterflow 810* terhadap daya dukung tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada uji kimia untuk tanah lunak di daerah tamalanrea Makassar, mengandung unsur SiO₂ sebesar 46,37% dan CaO sebesar 2,55%. Karakteristik dasar tanah tersebut dengan menggunakan metode USCS, di klasifikasikan sebagai jenis tanah CH (lempung anorganik dengan plastisitas tinggi). dan persentase terbesar untuk nilai CBR (daya dukung) tanah lunak yang distabilisasi dengan semen masterflow berada pada kadar semen *masterflow* 20% sebesar 56,67% yang mengalami peningkatan sebesar 98,12% dari nilai CBR tanah lunak tanpa distabilisasi.

Nursamiah (2018), melakukan penelitian tentang study daya dukung tanah lempung lunak yang distabilisasi dengan pasir laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanah lunak mengandung unsur silica (SiO₂) sebesar 46,37%, sedangkan pada pasir laut juga mengandung silica (SiO₂) sebesar 40,475%. Karakteristik dasar tanah lempung lunak dengan menggunakan metode USCS, diklasifikasikan sebagai

jenis tanah CH (Clay Heigh = lempung anorganik dengan nilai plastisitas tinggi), dengan kadar air sebesar 143.75% termasuk tanah yang sangat lunak. CBR tanah lunak yang distabilisasi dengan pasir laut berada pada pasir laut 20% sebesar 23,33%, dan mengalami peningkatan sebesar 79,98% dari nilai CBR tanah lunak tanpa distabilisasi.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut diatas memberi inspirasi tim peneliti untuk melakukan penelitian dengan penggunaan tanah sedimen dan bili-bili yang distabilisasi dengan *zeolit*, yang nantinya akan dijadikan material timbunan yang memenuhi spesifikasi sebagai material timbunan tanah dasar (subgrade)

BAB. III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji material tanah lempung lunak, hasil pengerukan danau bili-bili dengan cara distabilisasi dengan zeolit, untuk melihat peningkatan daya dukung tanah tersebut sehingga dapat digunakan sebagai material sub grade (tanah timbunan), dengan target khusus bagaimana memberi solusi agar material tanah lempung lunak memenuhi syarat spesifikasi. Untuk itu hasil penelitian ini dapat menjadi solusi pemecahan masalah tersebut.

Tujuan tersebut dapat dijabarkan sebagai tujuan khusus sebagai berikut:

- Mengkaji untuk mengetahui karakteristik dasar material tanah lempung lunak
- Mengkaji untuk mengetahui kapasitas dukung tanah lempung lunak, hasil pengerukan danau bili-bili yang distabilisasi dengan zeolite.
- Meningkatkan daya dukung tanah lempung lunak untuk dimanfaatkan sebagai material bahan timbunan (sub grade)

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini nantinya dapat diperuntukkan untuk mengetahui karakteristik dasar material tanah lempung lunak yang nantinya menjadi data dan informasi bagi pengembangan tanah hasil pengerukan danau bili-bili tersebut, memberikan informasi tentang pengaruh peningkatan kekuatan tanah lempung lunak yang distabilisasi dengan zeolit, sekaligus sebagai rujukan/referensi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dan untuk mengetahui karakteristik pada material tanah lempung lunak

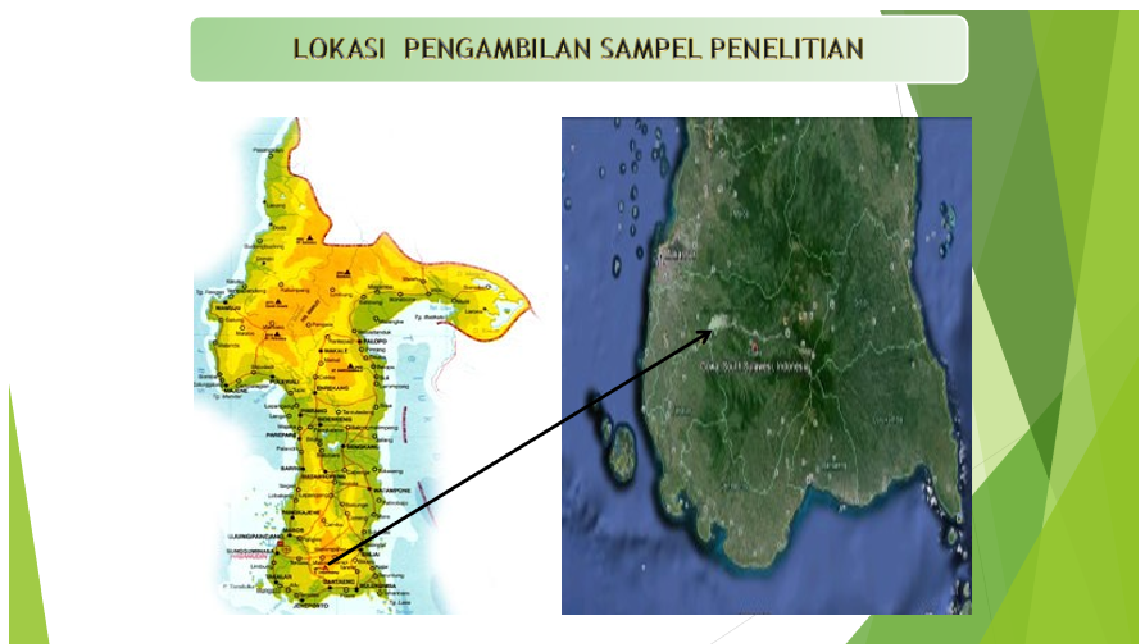
hasil pengerukan danau bili-bili yang distabilisasi dengan zeolit, yang berguna untuk memberikan informasi variasi kekuatan tanah lempung lunak stabilisasi zeolit sebagai alternatif bahan timbunan bagi para pengusaha, perencana dan pelaksana konstruksi.

BAB. IV METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat/ lokasi Penelitian

Sampel tanah yang digunakan pada pengujian ini yakni tanah yang diambil dari Tanah pengerukan danau bili-bili, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Tempat/lokasi penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri jung Pandang Jl. Perintis Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea, Makassar



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lunak

2. Waktu penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan survey di lapangan pada bulan Pebruari 2021, sedangkan pengujian di laboratorium dimulai bulan Juni 2021 dan berakhir bulan September 2021.

Tabel 3 . Standar yang digunakan dalam pengujian

No	Jenis Metode	No. Standar		
	Pengujian	AASTHO	ASTM	SNI 03 - 1989 - 2000
1	Kadar Air	T - 265 – 79	D – 2216	SNI 03 - 1965 - 1990
2	Batas - batas Atterberg			
	Batas Plastis (PL)	T - 90 – 74	D - 424 – 74	SNI 03 - 1966 - 1990
	Batas cair (LL)	T - 89 – 74	D - 423 – 66	SNI 03 - 1967 - 1990
3	Berat Jenis Tanah	T – 265	D – 162	SNI 03 - 1964 - 1990
4	Berat Isi / Volume		D-2216-98	SNI 03 – 3637 - 1994
5	Analisa Saringan	T – 88	D – 422	SNI 03 - 1968 - 1990
6	Hidrometer			SNI 03 - 3423 - 1994
7	Kuat Tekan Bebas (UCS)	T - 208 – 70	D - 633 - 1994	SNI 03 - 6887 - 2002
8	Pemadatan		D-698 & D-1557	SNI 03 - 1743 - 1989
9	CBR		D-1883	SNI 03 – 1744 -1989

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dengan menggunakan standar-standar pengujian, didapat hasil diantaranya: sifat fisik, sifat mekanis tanah lempung lunak, selanjutnya diketahui kapasitas dukung material tanah galian stabilisasi zeolit. Capaian tersebut dianalisis untuk mengetahui standar atau persyaratan untuk digunakan pada berbagai keperluan utilitas material sub grade (tanah timbunan).

4.2. Alat Dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

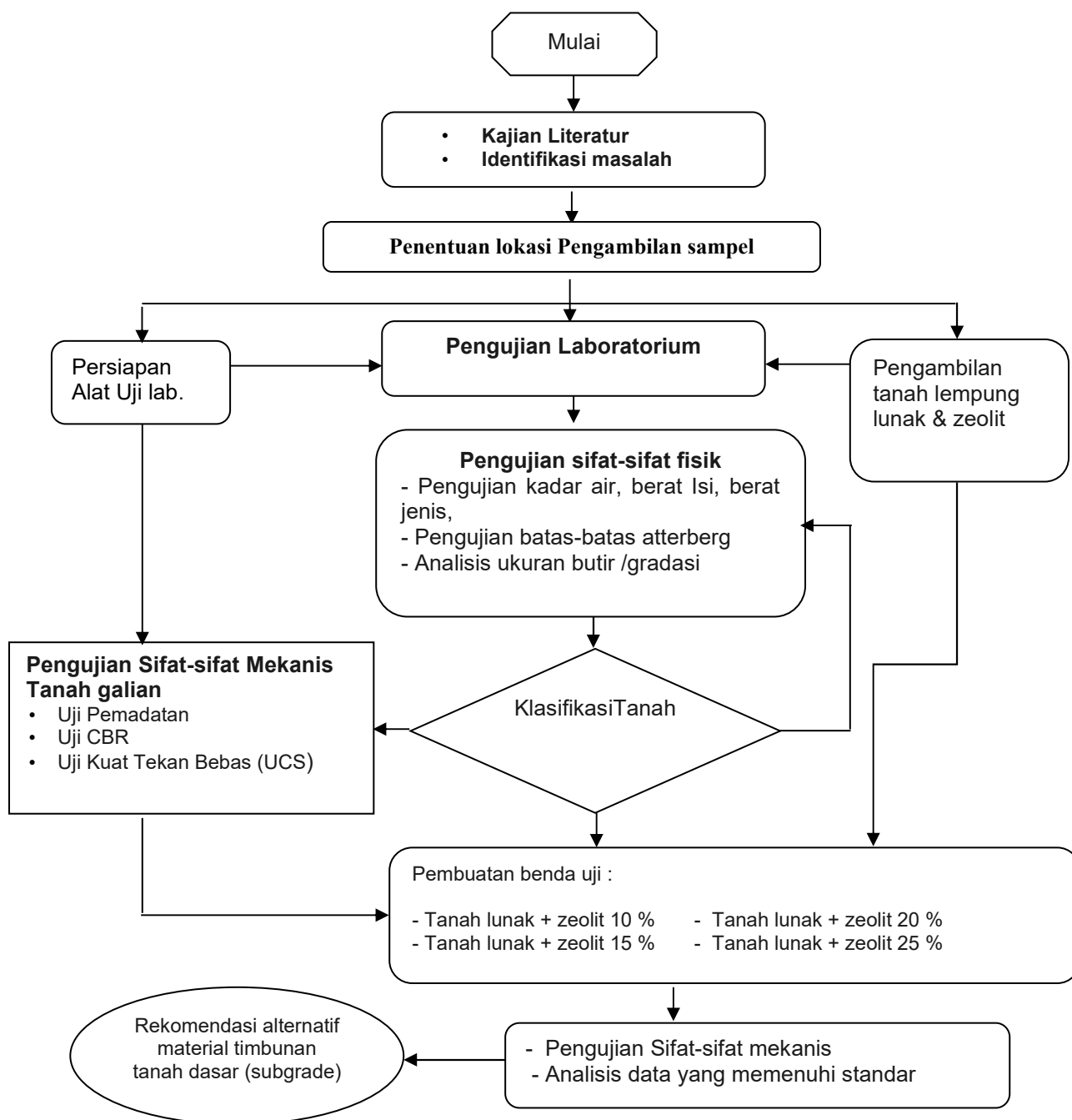
- Alat laboratorium
Alat laboratorium yang tercantum pada pedoman penelitian yang digunakan.
- Tanah Lunak
sampel tanah yang berasal dari hasil pengerukan danau bili-bili.
- Zeolit

4.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan survey lapangan dan kajian literatur untuk pengambilan sampel di lapangan, dalam hal ini pengambilan sampel tanah hasil pengerukan danau bili-bili. Kemudian melakukan uji laboratorium mekanika tanah, dalam hal ini menentukan sifat fisik/ karakteristik dari tanah pengerukan danau bili-bili tersebut. Hasil pengujian ini menjadi dasar pertimbangan untuk melanjutkan pengujian

berikutnya berupa penggunaan bahan tambah atau stabilisasi dan melakukan perbaikan karakteristik dengan metode stabilisasi. Perbaikan tanah dengan metode stabilisasi ini menggunakan bahan tambah zeolit. Metode stabilisasi tanah lempung lunak dengan menggunakan zeolit dengan empat variasi campuran yaitu 10%, 15%, 20%, 25%. Selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis, dalam hal ini melakukan uji pemadatan, uji *CBR* (California Bearing Ratio), dan uji kuat tekan bebas (*UCS*).

Hasil pengujian selanjutnya dilakukan analisis data untuk mengetahui kapasitas atau perilaku kekuatan tanah lempung lunak akibat penambahan persentase zeolit. Hasil pengujian ini untuk mengetahui kapasitas dan potensi utilitas sub grade (bahan timbunan) stabilisasi zeolit. Pelaksanaan pengujian dilaksanakan di laboratorium Pengujian Tanah dengan mengacu pada standar-standar pengujian AASHTO, ASTM dan SNI. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dengan menggunakan standar-standar pengujian, didapat hasil diantaranya: sifat fisik, dan sifat mekanis tanah lempung lunak, selanjutnya diketahui kapasitas dukung material tanah stabilisasi zeolit. Capaian tersebut dianalisis untuk mengetahui standar atau persyaratan untuk digunakan pada keperluan bahan timbunan. Selanjutnya menguji bahan timbunan yang telah dibuat tersebut apakah sesuai standar bahan timbunan yang dipersyaratkan? Tahapan penelitian tersebut dirangkum dalam bagan alir penelitian berikut:



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

BAB. V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian Propertis

Berikut adalah data-data hasil pengujian propertis yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Pengujian Propertis tanah Lunak

No	Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air tanah lempung lunak	90,58	%
2	Berat Isi tanah lempung lunak	1,52	gr/cm ³
3	Berat Jenis tanah lempung lunak	2,26	-
4	Analisa Saringan Persen lolos # no.200	96,09	%

Pengujian kadar air tanah lunak, dilakukan pada kondisi tanah asli, dimana nilai kadar air yang diperoleh sebesar 90,58% dan memiliki berat isi sebesar 1,52 gr/cm³ tanpa pencampuran Zeolit. Untuk nilai berat Jenis pada tanah lunak yang diuji memiliki berat jenis sebesar 2,26. Untuk pengujian analisa saringan dengan cara basah diperoleh persen lolos saringan no. 200 atau pada ukuran 0,075 mm sebesar 96,09%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Propertis Zeolit

No.	Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air Zeolit	8,177	%
2	Berat Isi Zeolit	1,73	gr/cm ³
3	Berat Jenis Zeolit	2,45	-
4	Analisa Saringan Zeolit lolos no.200	0,43	%

Dari hasil pengujian propertis pada tabel 3., didapatkan nilai Kadar Air *Zeolit* sebesar 8,177% dimana *Zeolit* tersebut dapat dikatakan kering karena nilai kadar airnya kurang dari 20%, berat jenis sebesar 2,45, berat isi sebesar 1,73 gr/cm³ dan terakhir pengujian Analisa saringan didapatkan persentase yang lolos saringan No. 200 sebesar 0,43 % .

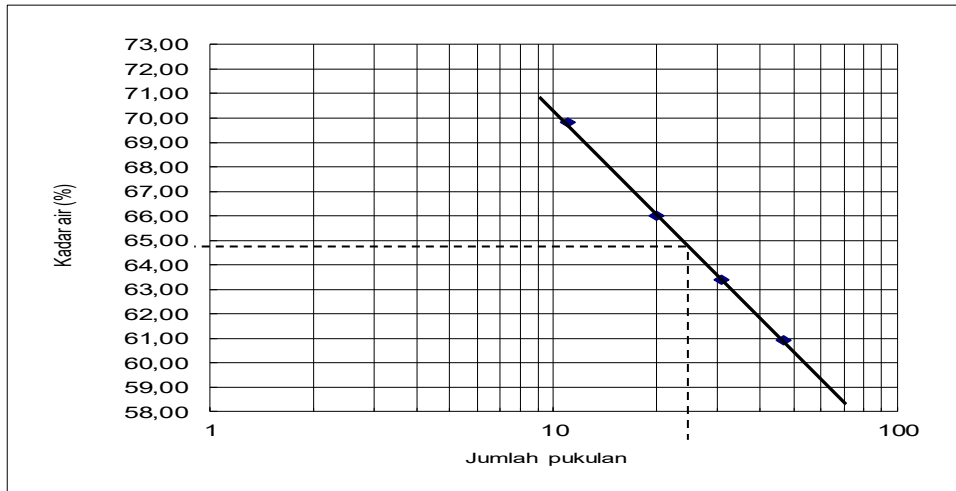
2 . Pengujian Sifat-sifat Mekanis

a. Batas – Batas Atterberg

Setelah melakukan pengujian batas – batas Atterberg di laboratorium, maka diperoleh data seperti pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Batas – Batas Atterberg tanah lempung lunak

Jenis Penelitian	Hasil	Satuan
Batas Cair	64,80	%
Batas Plastis	31,68	%
Indeks Plastis	33,12	%



Gambar 4. Grafik Batas cair (Liquid Limit)

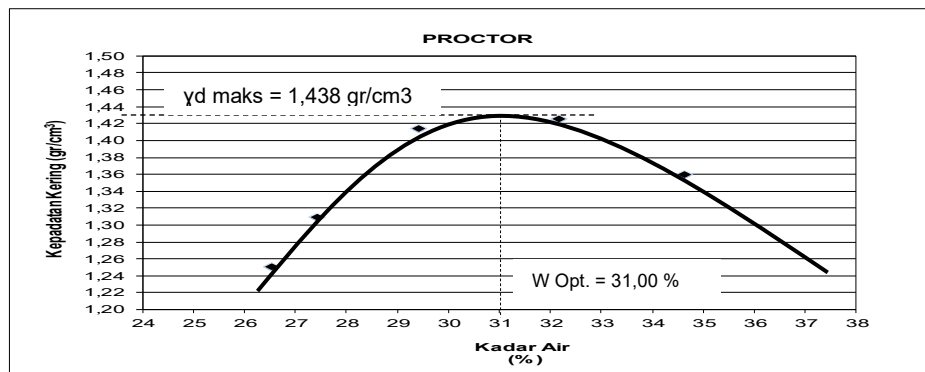
Pada tabel. 6 menunjukkan bahwa nilai batas cair (LL) sebesar 64,80 %, nilai batas plastis (PL) sebesar 31,68 % dan nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 33,12 %. Dengan hasil Pengujian batas-batas Atterberg dan analisa saringan, dilakukan klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification system*), diperoleh jenis tanah sedimen tersebut adalah CH (lempung dengan nilai plastisitas tinggi).

b. Kuat Geser Langsung

Setelah dilakukan pengujian kuat geser langsung untuk tanah lunak, tidak ada nilai geseran, karena tanah lunak tersebut tdk menghasilkan nilai geseran.

c. Pematatan

Pengujian pematatan dilakukan untuk memperoleh nilai kadar air optimum dan nilai kepadatan kering maksimum. Gambar 2. di bawah ini adalah grafik pematatan tanah lunak



Gambar 5. Grafik Pemadatan laboratorium tanah lempung lunak

Dari hasil pengujian pemadatan diperoleh kadar air optimum (W_{opt}) sebesar 31,00 % dan nilai kepadatan kering sebesar (γ_d) sebesar 1,438 gram/cm³.

d. CBR Lab.

Pengujian CBR dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dalam keadaan padat maksimum. Adapun hasil pengujian dari CBR yang diperoleh seperti pada tabel 7.

Tabel. 7 Hasil Pengujian CBR Lab.

No.	Variasi	Nilai CBR (%)
1	Tanah lunak	1,24
2	Tanah lunak + Zeolit 10 %	3,99
3	Tanah lunak + Zeolit 15 %	26,23
4	Tanah lunak + Zeolit 20 %	40,07
5	Tanah lunak + Zeolit 25 %	74,10

Pada tabel 7 Untuk sampel tanah lunak tanpa *Zeolit*, diperoleh nilai CBRnya sebesar (1,24 %), sedangkan yang menggunakan *Zeolit 10 %* (3,99 %), *Zeolit 15%* (26,23 %), *Zeolit 20%* (40,07%) dan *Zeolit 25%* (74,10%). Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan daya dukung tanah. Dan nilai CBR (daya dukung) tanah lunak yang distabilisasi dengan zeolite dan yang memenuhi spesifikasi sebagai material Subgrade yaitu berada pada stabilisasi *Zeolit 15%* keatas.

Tabel. 8 Peningkatan nilai CBR Langsung

Variasi	Nilai CBR (%)	Peningkatan Nilai CBR variasi <i>Zeolit</i> terhadap nilai CBR Tanah lempung lunak (%)
Tanah lunak	1,24	-
Tanah lunak + Zeolit 10 %	3,99	68,92

Tanah lunak + Zeolit 15 %	26,23	95,27
Tanah lunak + Zeolit 20 %	40,07	96,90
Tanah lunak + Zeolit 25 %	74,10	98,32

Tabel 8. di atas memperlihatkan hasil dari pada peningkatan nilai CBR tanah lunak dengan variasi *zeolit* terhadap nilai CBR tanah lunak tanpa zeolit. Nilai/angka maksimum tersebut berada pada variasi *zeolit* 25%, dengan nilai peningkatannya sebesar 98,32 %.

Tabel. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Uraian	Qu	Satuan
Tanah lunak	-	kg/cm ²
Tanah lunak + Zeolit 10 %	0,111	kg/cm ²
Tanah lunak + Zeolit 15 %	0,124	kg/cm ²
Tanah lunak + Zeolit 20 %	0,246	kg/cm ²
Tanah lunak + Zeolit 25 %	0,259	kg/cm ²

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan dengan menggunakan tanah lempung lunak dengan penambahan zeolit 10%, 15%, 20%, dan 25%. Berdasarkan Tabel 9. terlihat bahwa semakin bertambah persentase zeolit maka semakin meningkat kekuatan tanahnya. Nilai kuat tekan bebas tertinggi diperoleh pada variasi tanah lempung lunak + zeolit 25% dengan nilai kuat tekan bebas sebesar 0.259 kg/cm².

BAB. VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil klasifikasi *USCS* (Unified Soil Classification System) jenis tanah Lunak termasuk Jenis tanah CH (*Clay High*) atau lempung yang memiliki nilai plastisitas yang tinggi. Nilai karakteristik tanah lempung lunak terdiri atas kadar air sebesar 90,58 %, berat isi sebesar 1,52 gr/cm³, berat jenis sebesar 2,26 dan persen lolos saringan no. 200 sebesar 96,09 %.
2. Setelah dilakukan stabilisasi dengan *Zeolit* maka didapatkan nilai CBR Langsung yang memenuhi spesifikasi minimal 10% untuk dijadikan material tanah timbunan (Sub Grade) sesuai dengan SNI 03-1744-1989/ASTM D 1883 adalah pada variasi *Zeolit* minimal 15% dimana nilai CBRnya (daya dukung tanahnya) sebesar 26,23%, mengalami peningkatan sebesar 95,27% dari nilai CBR tanah lunak tanpa zeolite.

6.2. Saran-saran

Hasil Penelitian ini di harapkan dapat ditindak lanjuti dengan penelitian berikutnya, sebagai alternatif tanah lempung lunak, di stabilisasi dengan zeolit dan dengan penambahan semen sehingga dapat digunakan sebagai bahan bangunan seperti paving blok, batu bata dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. 2006. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pekerjaan Tanah Dasar*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Diakses pada tanggal 28 Februari 2016 11:11 AM.
- _____. 2006. *Pedoman Konstruksi dan Bangunan, Pedoman penyelidikan dan pengujian tanah dasar untuk pekerjaan jalan*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Diakses pada tanggal 28 Februari 2016 7:18 PM.
- Das, B.M. 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Jakarta.
- Gnanendran C., T., and Jegatheesan P., 2010., Determination of Fatigue Life of a Granular Base Material Lightly Stabilized with Slag Lime from Indirect Diametral Tensile Testing., *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 136, No. 8, August 1, 736–745.
- Gouw, Tji-Liong. 2000. *Klasifikasi Tanah.*, Workshop Sertifikasi (G-1) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Vol.1
- Grubb, D. G., Chrysochoou, M., Smith, C. J., and Malasavage, N. E. 2010. Stabilized Dredged Material I: A parametric study. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 136(8), 1011–1024
- Hardiyatmo. 2010. *Stabilisasi Tanah*. Tanah Lempung..., 4 – 18. Diakses 28 Februari 2016.
- Hardiyatmo, Christady Hary. *Mekanika Tanah I dan II*. Jakarta: Gramedia Pustaka, 1999.
- Inoue, H., Kidera, S., Miura, N., 2004. Mechanical and Chemical Analyses of Improvement Effect on Stabilized Ariake Clay by Cement and Quick Lime. *Proc. International Symposium on Lowland Technology*
- Indriani Santoso. 2003. *Sifat fisik Bottom Ash*. Diakses pada tanggal 5 pebruari 2019
- I Wayan Suarnita. 2012. *Senyawa Kimia Bottom Ash*. Diskses pada tanggal 5 Pebruari 2019

- Kodikara, Jand Srijib C.,2005.Modeling of Moisture Diffusion in Crushed Basaltic RockStabilized with Cementitious Binders., *J.Mater.Civ.Eng.*,17(6) 703–710
- Kreb dan Walker. 1971. *Stabilisasi Tanah*. Tanah Lempung...,4 – 18. Diakses 28 Februari 2016.
- Naji,N. Khoury, and Robert Brooks. 2010. Performance of a Stabilized Aggregate Base Subject to Different Durability Procedures. *J.Mater.Civ.Eng.*,22(5), 506-514
- Nursamiah. 2016. *Pengaruh Tanah Lunak Yang Distabilisasi Dengan Semen Masterflow 810 Terhadap Daya Dukung Tanah*. Volume 2, ISBN. 978-602-60766-0-1, 46 – 57
- Nursamiah. 2018. *Study Daya Dukung Tanah lempung lunak yang distabilisasi dengan pasir laut*. ISBN. 978-602-60766-4-9, 137 – 141
- Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1980.
- Terzaghi (1967) .”Sifat – sifat umum lempung lunak”. Dalam Jurnal Konstruksi Sekolah Tinggi Teknologi Garut”.
- Wesley,L.D. 1977. *Mekanika Tanah*.,Badan Penerbit Pekerjaan Umum., Jakarta

LAMPIRAN

LAMPIRAN FOTO-FOTO PELAKSANAAN LABORATORIUM



Penimbangan material Zeolit



Pencampuran zeolit dengan tanah



pemerataan campuran zeolite dan tanah



Pemberian Aquades dan pengadukan



Persiapan pepadatan



Proses Pepadatan



Pemotongan sampel Hasil Pepadatan



Pengujian CBR Lab.

Personalia Pelaksana Penelitian

1.	Nama Lengkap	Ir. Nursamiah, S.T., M.T.
	Jenis Kelamin	Perempuan
	Unit Kerja	Teknik Sipil
	Bidang Ilmu dan Tugas	Teknik Sipil, Lab. Mekanika Tanah
	Pendidikan terakhir	Magister (S2) Teknik Sipil
	Alokasi Waktu	8 bulan
	Lembaga	Politeknik Negeri Ujung Pandang
2	Nama Lengkap	Dr. Ir. Dasyri Pasmal, M.T.
	Jenis Kelamin	Laki-laki
	Unit Kerja	Teknik Sipil
	Bidang Ilmu dan Tugas	Survey, Sampling, uji lab
	Pendidikan terakhir	Magister (S2) Teknik Sipil
	Alokasi Waktu	8 bulan
	Lembaga	Politeknik Negeri Ujung Pandang
3	Nama Lengkap	Nur Afifah
	Jenis Kelamin	Perempuan
	Unit Kerja	Teknik Sipil
	Bidang Ilmu dan Tugas	Survey, Sampling, uji lab
	Pendidikan terakhir	Ahli Madya (A.Md.) Teknik Sipil
	Alokasi Waktu	8 bulan
	Lembaga	Politeknik Negeri Ujung Pandang
4	Nama Lengkap	Nurul Maramat
	Jenis Kelamin	Perempuan
	Unit Kerja	Teknik Sipil
	Bidang Ilmu dan Tugas	Survey, Sampling, uji lab
	Pendidikan terakhir	Ahli Madya (A.Md.) Teknik Sipil
	Alokasi Waktu	8 bulan
	Lembaga	Politeknik Negeri Ujung Pandang