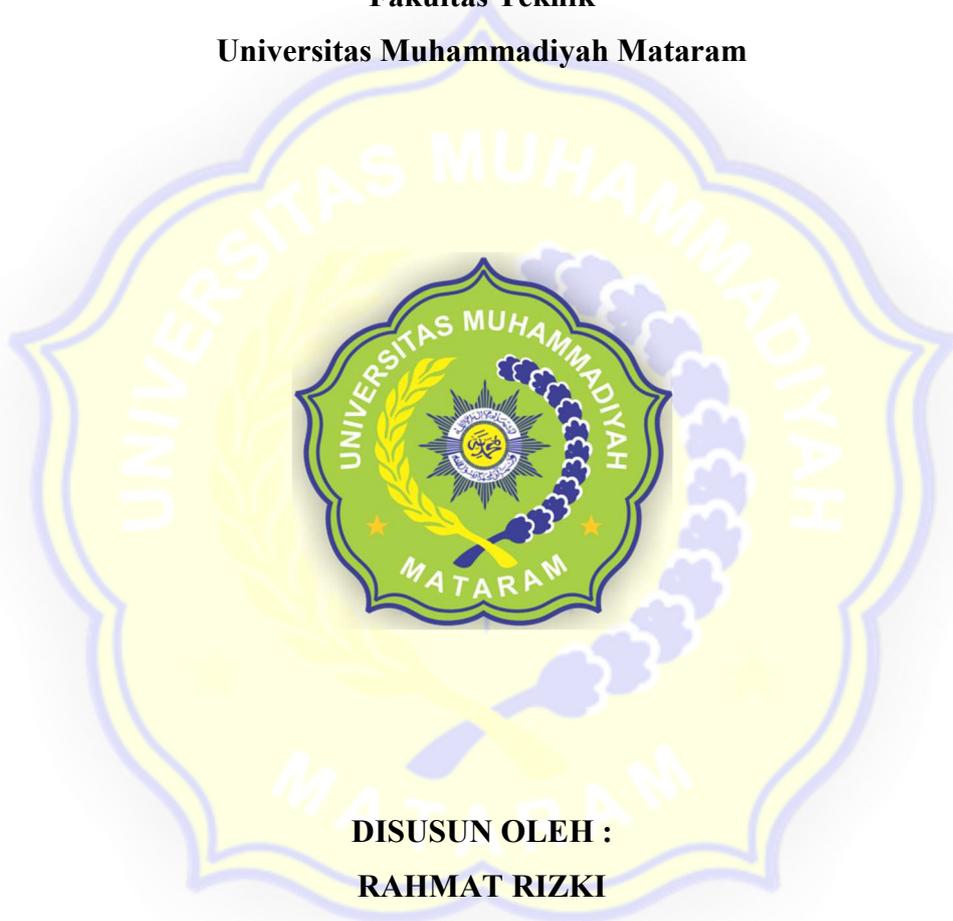


SKRIPSI
EFEKTIFITAS *FLY ASH* DAN CAMPURAN *FLY ASH* + SEMEN
SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG BERPLASTISITAS
TINGGI

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH :
RAHMAT RIZKI
2019D1B101

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

2024

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

**EFEKTIFITAS *FLY ASH* DAN CAMPURAN *FLY ASH* + SEMEN SEBAGAI
BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG BERPLASTISITAS TINGGI**

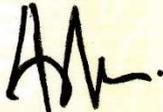
Disusun Oleh:

RAHMAT RIZKI

2019D1B101

Mataram, 07 Februari 2024

Pembimbing I



Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT

NIDN: 0828087201

Pembimbing II



Anwar Efendy, ST.,MT

NIDN: 0811079502

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M. Sc

NIDN: 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

**EFEKTIFITAS FLY ASH DAN FLY ASH + SEMEN SEBAGAI BAHAN
STABILISASI TANAH LEMPUNG BERPLASTISITAS TINGGI**

Disusun Oleh:

Rahmat Rizki

2019D1B101

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Hari/Tanggal : Mataram, 07 Februari 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST.,MT. (.....)
2. Penguji II : Anwar Efendy, ST.,MT. (.....)
3. Penguji III : Adryan Fitrayudha, ST., MT. (.....)

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST.,M.,Sc

NIDN: 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“EFEKTIFITAS *FLY ASH* DAN *FLY ASH* + SEMEN SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH BERPLASTISITAS TINGGI”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar Pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukuman yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 07 Februari 2024

Yang Membuat Pernyataan



RAHMAT RIZKI

NIM: 2019D1B101

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RAHMAT RIZKI
NIM : 2019DIB101
Tempat/Tgl Lahir : Cenggu 28 Desember 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 082 339 633 022
Email : rahmatrizki.bima@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/~~KTI~~ Tesis* saya yang berjudul :

**EFEKTIFITAS FLY ASH DAN CAMPURAN FLY ASH + SEMEN
SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG BERPLASTISITAS
TINGGI**

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 49%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/~~KTI~~ Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 04 Maret 2024
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT


Rahmat Rizki
NIM. 2019DIB101


Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : RAHMAT RIZKI
NIM : 2019D1B101
Tempat/Tgl Lahir : Cenggu 28 Desember 2000
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp/Email : 082 339 633 822 / rahmat.rizki.bima@gmail.com
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

EFEKTIFITAS FLY ASH DAN CAMPURAN FLY ASH + SEMEN
SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG BERPLASTISITAS
TINGGI

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 04 Maret2024
Penulis

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Rahmat Rizki
NIM. 2019D1B101

Iskandar, S.Sos., M.A. *isly*
NIDN. 0802048904

MOTO

Selesaikan apa yang sudah kamu mulai, tidak ada kata sukses tanpa berani mencoba, dan jika orang lain bisa maka kamu juga pasti bisa. Sama halnya dengan menuntut ilmu, berusaha keras tanpa menyerah dan jangan malas. Terus menjalani dan tetap konsisten melangkah ke depan.

Demi sebuah harapan dan cita-citamu untuk bermanfaat bagi orang lain.

“Hai orang-orang beriman apabila dikatakan kepadamu : “Berlapang-lapanglah dalam dalam majlis”, maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan : “Berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

(Surah Al-Mujadila ayat 11)

“Raihlah ilmu, dan untuk meraih ilmu belajarlah keadaan tenang dan sabar”

(Umar bin Khattab)

HALAMAN PERSEMBAHASAN

1. Untuk Ayah dan Ibu tercinta yang telah berjuang habis-habisan dibelakang layar perjuangan menyelesaikan pendidikan ini, saya ucapkan permohonan maaf yang sebesar-besarnya dan ucapan terima kasih yang tak terhingga atas dukungan moral maupun materi, do'a dan semangat selama ini. Dengan do'a dan dukungan mu saya bisa menjadi lebih kuat dan pantang menyerah dalam menghadapi setiap permasalahan serta menyelesaikannya.
2. Untuk Nur Fadhilah Nadiyah., Imam Fauji, Wildan baharun, M Zulkarnaen, Mu'Amar Al Kadafih dan Teknik Sipil 2019 saya ucapkan terima kasih banyak atas dukungan dan semangatnya dalam menjalani pendidikan. Keluh kesah kita rasakan bersama melewati setiap rintangan dalam menyelesaikan tugas-tugas kuliah menjadi kenangan indah dan pengalaman tidak terlupakan sepanjang hidup saya. Semoga teman-teman semua diberikan kesehatan dan sukses dimasa yang akan datang.
3. Untuk bapak dan ibu pemilik tanah dilokasi pengambilan sampel tanah uji di Desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Lombok Tengah NTB juga saya ucapkan terima kasih banyak atas kerjasama dan kemurahan hatinya untuk mengizinkan saya mengambil sampel tanah uji di tanah sawahnya. Semoga kebaikan bapak dan ibu dibalas oleh Allah Swt.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan ridhonya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Efektifitas *Fly Ash* Dan Campuran *Fly Ash* + Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi” dengan baik. Skripsi ini ditujukan memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.

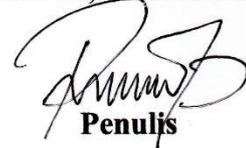
Skripsi ini membahas tentang uji kadar air, berat jenis, batas cair, batas plastis, pengujian hydrometer, analisa saringan, pemadatan tanah, pengujian CBR dan perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) sehingga dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, doa dan bimbingan dari semua orang akan sangat sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, Ma., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Adryan Fitrayudha, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku dosen pembimbing utama
5. Anwar Efendy, ST., MT., selaku dosen pendamping pembimbing

Skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan seluruh masyarakat.

Mataram 06, Febuari 2024


Penulis

ABSTRAK

Tanah merupakan bagian terpenting dari struktur bawah bangunan maupun perkerasan jalan. Tanah berfungsi memikul beban struktur atas, baik itu berupa beban statis maupun dinamis. Untuk tanah yang diteliti adalah tanah lempung, yang merupakan tanah lunak dengan daya dukung tanahnya rendah sehingga pada suatu kondisi dimana tingkat muka air tinggi membuat sifat kembang dan susut tanah menjadi besar. Tujuan penelitian adalah untuk melihat pengaruh dari campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen sebagai bahan tambah dalam stabilisasi tanah lempung pada *subgrade* jalan.

Lokasi pengambilan sampel tanah berada di Desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Lombok Tengah adapun pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan diantaranya adalah uji kadar air, berat jenis tanah, batas cair, batas plastis, analisa saringan, hidrometer, uji pemadatan tanah, dan uji CBR tanpa rendaman. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk variasi campuran yaitu *fly ash* dan *fly ash* + semen sebagai stabilisasi dengan variasi campuran sebesar 20% *fly ash*, 30% *fly ash*, dan 40% *fly ash*, dan untuk campuran 20% *fly ash* + 15% semen, 30% *fly ash* + 15% semen, dan 40% *fly ash* + 15% semen.

Hasil penelitian menyatakan bahwa nilai dari uji sifat fisik tanah mengalami penurunan setelah di lakukan stabilisasi menggunakan campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen. Nilai CBR rendaman tanah asli yaitu 3,11% dan non rendaman tanah asli yaitu 5,78%. Dari pengujian CBR tanpa rendaman didapatkan nilai optimum untuk *fly ash* berada di campuran 20% *fly ash* dengan nilai 23,13% dan harga dari perhitungan rencana angara biaya (RAB) yang di perkirakan pekerjaanya sepanjang 50 m didapat nilai harga sebesar Rp. 18.327.670.00 dan untuk campuran *fly ash* + semen variasi nilai optimumnya berada di campuran 40% *fly ash* + 15% semen dengan nilai optimum 42,70% dan harga dari rencana anggaran biaya RAB sebesar Rp. 18.359.430.00 jadi dari pengujian sifat fisik tanah dan perkiraan anggaran biaya yang dihitung, disimpulkan untuk variasi campuran yang paling efektif terdapat dapat pada Campuran variasi 40% *fly ash* + 15% semen.

Kata kunci : Stabilisasi, *Fly ash*, Semen, RAB.

ABTRACK

ABSTRACT

Soil is the most important part of the foundation structure of buildings and road pavements. Soil functions to bear the load of the superstructure, whether it is static or dynamic loads. The soil studied is clay soil, which is soft soil with low soil bearing capacity, so that under conditions where the water table is high, the soil's swelling and shrinkage properties become significant. The research aims to investigate the effect of fly ash and fly ash + cement mixtures as additional materials in stabilizing clay soil in road subgrades.

The soil sampling location is in Tanak Awu Village, Pujut Sub-district, Central Lombok, while the physical properties of the soil tested include moisture content, soil density, liquid limit, plastic limit, sieve analysis, hydrometer, soil compaction test, and CBR test without soaking. In this study, the materials used for mixture variations are fly ash and fly ash + cement with mixture variations of 20% fly ash, 30% fly ash, and 40% fly ash, and for mixtures of 20% fly ash + 15% cement, 30% fly ash + 15% cement, and 40% fly ash + 15% cement.

The research results indicate that the values of the soil's physical properties decrease after stabilization using fly ash and fly ash + cement mixtures. The original soil CBR soaking value is 3.11% and the original non-soaking soil CBR value is 5.78%. From the CBR test without soaking, the optimum value for fly ash is found in the 20% fly ash mixture with a value of 23.13%, and the estimated cost from the budget plan (RAB) for a 50-meter project length is Rp. 18,327,670.00, and for the fly ash + cement mixture variations, the optimum value is found in the 40% fly ash + 15% cement mixture with an optimum value of 42.70% and the estimated cost from the RAB is Rp. 18,359,430.00. Therefore, based on the soil physical properties testing and cost estimate calculations, it is concluded that the most effective mixture variation is found in the 40% fly ash + 15% cement mixture.

Keywords: Stabilization, Fly Ash, Cement, RAB.

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM



DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTO	vii
HALAMAN PERSEMBAHASAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Penelitian terdahulu	6
2.2 Landasan Teori	9

2.2.1	Tanah lempung	9
2.2.2.	Bahan tambah <i>fly ash</i> dan semen.....	9
2.2.3.	Tanah dasar (<i>subgrade</i>)	10
2.2.4	Stabilisasi tanah	11
2.2.5	Klasifikasi Tanah	12
2.2.6	Kadar air	14
2.2.7	Berat jenis	15
2.2.8	Analisa saringan dan hydrometer	15
2.2.9	Batas Atterberg	16
2.2.10	Batas cair (<i>Liquid Limit</i>).....	16
2.2.11	Batas plastis (<i>Plastic Limit</i>).....	17
2.2.12	Indeks plastis (<i>Plasticity Index</i>).....	17
2.2.13	Pemadatan tanah	18
2.2.14	CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	21
2.3	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	24
2.3.1	Anggaran Biaya Kasar.....	24
2.3.2	Anggaran Biaya Teliti.....	24
2.3.3	Volume pekerjaan.....	24
2.3.4	Material/Bahan	25
2.3.5	Metode Perhitungan.....	27
2.4	Efektifitas	29
2.4.1	Pengertian Ffektifitas.....	29
BAB III METODE PENELITIAN.....		31
3.1	Lokasi Penelitian	31
3.2	Alat-alat Penelitian	32

3.3	Bahan-bahan Penelitian.....	39
3.4	Tahapan penelitian	40
3.4.1	Studi pustaka.....	40
3.4.2	Pengujian CBR	40
3.4.3.	Rancangan penelitian.....	41
3.4.4.	Jenis pengujian.....	42
3.5	Langkah- langkah Perhitungan RAB	56
3.6	Langkah-langkah menentukan efektifitas.....	57
3.7	Bagan Alir Penelitian	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		60
4.1	Hasil Uji Sifat Fisik Tanah.....	60
4.1.1	Kadar Air Tanah	60
4.1.2	Berat jenis tanah	61
4.1.3	Analisa saringan dan Hidrometer	62
4.1.4	Batas cair tanah.....	63
4.1.5	Batas plastis dan indeks plastisitas tanah.....	66
4.1.6	Klasifikasi Tanah	72
4.1.7	Uji pemadatan tanah	72
4.2	Uji Sifat Mekanis Tanah.....	74
4.2.1	Uji CBR tanah asli	74
4.2.2	Pengujian CBR	75
4.3	Rincian Biaya	78
4.4	Keefektifan Stabilisasi.....	83
BAB V Kesimpulan dan Saran		85
5.1	Kesimpulan.....	85

5.2	Saran.....	85
	DAFTAR PUSTAKA	86
	Lampiran Dokumentasi penelitian	127



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 standart minimum material subgrade.....	11
Tabel 2. 2 sistem klasifikasi tanah meneurut USCS	13
Tabel 2. 3 Nilai indeks plastis dan macam tanah.....	18
Tabel 2. 4 Standar nilai CBR untuk tanah dasar jalan (<i>subgrade</i>).....	22
Tabel 2. 5 Contoh format perhitungan RAB.....	28
Tabel 3.1 variasi campuran tanah + <i>fly ash</i>	41
Tabel 3.2 Variasi campuran tanah dengan <i>fly ash</i> + semen.....	42
Tabel 3.3 Pengujian batas cair tanah + <i>fly ash</i>	44
Tabel 3.4 Pengujian batas cair tanah + <i>fly ash</i> + semen	44
Tabel 3.5 Pengujian batas plastis tanah + <i>fly ash</i>	46
Tabel 3.6 Pengujian batas plastis tanah + <i>fly ash</i> + semen	47
Tabel 3.7 Pengujian pemadatan tanah.....	50
Tabel 3.8 Pengujian CBR tanah tanpa rendaman campuran <i>fly ash</i>	55
Tabel 3.9 Pengujian CBR tanah tanpa rendaman campuran <i>fly ash</i> + semen.....	55
Tabel 3.10 Pengujian CBR tanah rendaman	56
Tabel 4.1 Hasil pengujian kadar air tanah asli	60
Tabel 4.2 pengujian berat jenis tanah.....	61
Tabel 4.3 Hasil pengujian batas cair campuran <i>fly ash</i>	63
Tabel 4.4 Hasil pengujian batas cair campuran <i>fly ash</i> + semen	64
Tabel 4.5 hasil pengujian batas plastis campuran <i>fly ash</i>	66
Tabel 4.6 Hasil pengujian batas cair campuran <i>fly ash</i> + semen	67
Tabel 4.7 Hasil analisa nilai index plastis.....	69
Tabel 4.8 hasil analisa indek plastis campuran <i>fly ash</i> + semen	70
Tabel 4.9 Data klasifikasi tanah.....	72
Tabel 4.10 Hasil pengujian pemadatan tanah	73
Tabel 4. 11 Hasil pengembangan tanah CBR rendaman tanah asli	75
Tabel 4. 12 Hasil pengujian CBR rendaman dan non rendaman tanah asli.....	75
Tabel 4.13 Hasil pengujian CBR tanpa rendaman	76
Tabel 4.14 Hasil pengujian CBR tanpa rendaman	76

Tabel 4. 15 Perhitungan volume urugan	79
Tabel 4. 16 Volume pembersihan dan pematangan lahan.....	79
Tabel 4.17 Standar tebal minimum perbaikan subgrade perkerasan jalan.....	80
Tabel 4. 18 RAB pekerjaan penimbunan campuran tanah + <i>fly ash</i>	81
Tabel 4. 19 RAB pekerjaan penimbunan campuran tanah + <i>fly ash</i> + semen	82



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema alat uji batas cair.....	16
Gambar 2.2 Kurva Hubungan kadar air dengan jumlah pukulan.....	17
Gambar 2.3 Alat uji standart proctor.....	20
Gambar 2.4 Cara melakukan tumbukan.....	20
Gambar 2.5 Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering	21
Gambar 2.6 Alat penetrasi CBR Laboratorium	23
Gambar 3.1 lokasi pengambilan sampel	31
Gambar 3.2 Saringan.....	32
Gambar 3.3 Cetakan.....	33
Gambar 3.4 Penumbuk.....	33
Gambar 3.5 Timbangan ketelitian 0,01 gram	34
Gambar 3.6 Timbangan ketelitian 0,1 gram	34
Gambar 3.7 Cawan.....	35
Gambar 3.8 Oven pengering	35
Gambar 3.9 Alat Casagrande	36
Gambar 3.10 Picnometer.....	36
Gambar 3.11 Jangka sorong.....	37
Gambar 3.12 Centongan dan baskom pencampuran.....	37
Gambar 3.13 Dial guage	38
Gambar 3.14 Alat penguji Penetrasi CBR laboratorium.....	38
Gambar 3.15 Tanah lempung.....	39
Gambar 3.16 Abu terbang (fly ash).....	39
Gambar 3.17 Semen.....	40
Gambar 4.1 Grafik analisa saringan dan hidrometer	62
Gambar 4.2 grafik hubungan batas cair	64
Gambar 4.3 grafik hubungan batas cair tanah.....	65
Gambar 4.4 Grafik hubungan batas plastis	68
Gambar 4.5 Grafik hubungan batas plastis	68
Gambar 4.6 Grafik hubungan batas plastis	70

Gambar 4.7 Grafik hubungan batas plastis	71
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara.....	74
Gambar 4.9 Grafik hubungan antara.....	77
Gambar 4.10 Grafik CBR tanpa rendaman variasi campuran <i>fly ash</i> + semen...	77



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah bagian komponen material utama pada pembentukan struktur lapisan kerak bumi yang tersusun atas pengendapan batuan-batuan dan mineral. Tanah lempung banyak terdapat pada wilayah Indonesia dengan tingkat plastisitas yang tinggi yang dapat mengubah sifat tanah karna peningkatan kandungan air yang ada didalam tanah. Pada umumnya kerusakan terhadap konstruksi terjadi diatas tanah, karna di pengaruhi oleh sifat dari tanah lempung, sehinga kerusakan biasanya dapat dilihat pada bagian pondasi bangunan yang secara langsung terhubung dengan strukturnya. Sama halnya dengan tanah yang dimanfaatkan untuk pondasi (*subgrade*) dalam pembangunan perkerasan jalan.

Pujiastuti (2014) menyatakan bahwa Tanah lempung merupakan tanah lunak dengan ukuran molekul dengan ukuran 0,002 mm dan 0,005 mm dengan daya dukung tanahnya rendah dan jumlah pori yang didapat lebih besar membuat kondisi muka air tinggi dan sifat kembang dan susut tanah menjadi besar serta plastisitas pada tanah juga ikut tinggi. Kondisi ini akan menyebabkan kerusakan struktur diatasnya, adapun kerusakan yang dapat terjadi yaitu retak-retak pada aspal dan perkerasan jalan raya yang bergelombang secara keseluruhan. Sehingga perlunya perhatian lebih lanjut mengenai masalah yang ditimbulkan oleh sifat dari tanah lempung ini agar dapat melakukan upaya memperbaiki konstruksi jalan tersebut.

Adapun maksud dari tanah lempung berplastisitas tinggi ialah sifat fisik dari tanah itu sendiri seperti kemampuan butiran tanah merubah bentuk tanpa merubah volume atau pecah. Untuk diketahui semakin tinggi plastisitas tanah, maka akan semakin buruk kekuatan dari tanah tersebut. Sehingga tanah akan semakin mudah mengembang dan menyusut. Sebaliknya, jika tanah tersebut liat, maka plastisitasnya semakin rendah karna tanah liat tidak akan menyerap banyak air dan mengubah volume. Sebagian besar tanah yang ada di dunia merupakan tanah lempung yang mempunyai plastisitas tinggi. Tanah lempung akan sangat

mudah mengembang atau mengalami penambahan volume jika kadar airnya bertambah, begitu juga ketika kadar airnya menurun atau 2rganic2e, tanah lempung dapat mudah menyusut dan kembali ke bentuk semula.

Desa Tanak Awu merupakan sebuah kawasan yang berada di Nusa Tenggara Barat tepatnya berada dikecamatan Pujut, kabupaten Lombok Tengah. Berdasarkan data geologi wilayah Lombok tengah, desa tanah awu memiliki jenis tanah lempung yang berplastisitas tinggi (CH). Selain itu, akses jalan pada desa Tanak Awu merupakan jalan yang bermanfaat bagi masyarakat wilayah tersebut dan lain di sekitarnya sebagai jalan penghubung beberapa desa. Jalan ini merupakan jalur perekonomian utama masyarakat sekitar, dan jalan ini juga merupakan jalur wisata yang sering dilalui para wisatawan, karna menghubungkan kawasan bandara dengan berbagai objek wisata di wilayah Lombok Tengah, sehingga jalan ini memiliki peranan sangat penting dalam membantu memperluas infrastruktur serta perekonomian daerah tersebut maupun daerah sekitarnya yang menggunakan jalan. Sehingga pemerintah perlu memperhatikan struktur perkerasan jalan raya tersebut dikarenakan sifat dari tanah lempung sebagai *subgrade* yang menyebabkan struktur jalan raya menjadi retak serta bergelombang di beberapa titik, kerusakan ini terjadi dikarenakan sifat dari tanah lempung yang sangat rapuh untuk berubah volume yang disebabkan oleh tingginya kadar air yang membuat kembang dan susut pada kerangka tanah.

Subgrade jalan harus mempunyai kriteria struktur tidak mudah jenuh karna bertambahnya kadar air dan memiliki kekuatan daya dukung yang kuat agar konstruksi di atasnya tidak mudah rusak. Untuk mendapatkan (*subgrade*) yang baik dan sesuai standar perkerasan jalan, harus dilakukannya perlakuan khusus pada tanah lempung ini agar dapat meminimalisir akibat buruk pada perkerasan jalan. Perlakuan khusus yang perlu dilakukan yaitu melakukan perbaikan pada (*subgrade*) jalan tersebut agar memenuhi kriteria tanah sebagai *subgradae* jalan. Salah satu cara yang dapat di lakukan yaitu dengan melakukan stabilisasi tanah dasar (*subgrade*) yang bertujuan untuk mengurangi kualitas buruk dari tanah lempung tersebut. Oleh karena itu, perbaikan ini dapat membuat sifat tanah

menjadi kuat serta mampu untuk mempertahankan perubahan sifatnya agar kuat dan stabil.

Stabilisasi tanah dapat kita lakukan dengan mencampur senyawa kimia, dengan bahan tertentu dengan tanah guna meningkatkan kekokohan tanah. Reaksi kimia dalam campuran ini dapat mengikat unsur-unsur tanah, mengurangi sifat dari tanah lempung. Dalam penelitian ini, tambahan bahan yang di pakai yaitu abu terbang (*fly ash*) dan campuran *fly ash* + semen. *Fly ash* adalah limbah yang tidak terpakai dari pembakaran batu bara yang ada di Jeranjang di Desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat. Dengan menambahkan bahan campuran dari abu terbang, tanah dapat distabilisasikan karena sifat dari *fly ash* dapat mengurangi perubahan fisik atau bentuk tanah yang disebabkan oleh kandungan air. Sifat *fly ash* yaitu *self-cementing* yang dapat mengalami pengerasan dan meningkatkan kekuatan terhadap tekanan ketika bereaksi terhadap air. Menurut Ibrahim (2014), *fly ash* ini mengandung senyawa kimia seperti Silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferro oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO). Penggunaan semen sebagai bahan campuran sering dipakai karena bahan tersebut mudah didapatkan, maupun cara pemakaian yang mudah. Menurut hasil pengujian stabilisasi dengan campuran semen dapat menambah daya dukung tanah menjadi tinggi secara signifikan. Diketahui reaksi antara semen dan material sama sekali membuat tanah lempung tidak mampu mempengaruhinya, karna bahan yang distabilisasi merupakan hidrasi pergantian karbonasi fisika, kation, reaksi pozzolanik serta sementasi. Hidrasi pada semen memiliki peranan yang sangat penting dalam mengubah sifat material, proses perubahan disebabkan oleh terbentuknya sementasi material. Pengikatan yang merata serta kuat dimiliki oleh material mampu membuat rangkaian menjadi padat dan tahan lama.

Stabilisasi adalah upaya untuk memperbaiki atau merencanakan material struktur yang dinilai rendah menjadi lebih baik dengan menggabungkan berbagai material untuk meningkatkan daya dukung tanah terhadap tegangan fisik dan kimiawi yang disebabkan oleh pengoperasian jalan dan kondisi cuaca. Perencanaan standar untuk konstruksi seperti jalan raya memerlukan nilai CBR yang tinggi untuk memastikan stabilnya tanah dasar. Nilai CBR ialah kualitas

tanah yang dihitung dengan membandingkan beban penetrasi perkerasan pada bahan standar yang sama pada kedalaman dan kecepatan pada saat menahan beban lalu lintas. Pengujian CBR dilakukan guna mengukur daya dukung tanah lempung pada pondasi jalan. Jika ada permasalahan kerusakan perkerasan jalan di lapangan, seperti jalan yang retak dan bergelombang yang ada di daerah Lombok Tengah ini, kerusakan seperti ini, membuat pengguna jalan tidak nyaman dan berpotensi menyebabkan kecelakaan lalulintas. Oleh karena itu, penulis tertarik ingin menyelidiki masalah tersebut serta menemukan solusinya. Maksud dari penelitian ini ialah mengetahui seberapa efektif stabilisasi tanah lempung pada tanah dasar dengan menambah bahan seperti campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen untuk mengetahui dampak terhadap kekuatan dan sifat karakteristik tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *fly ash* dan *fly ash* + semen terhadap sifat fisik tanah lempung.
2. Berapakah kadar air optimum pada tanah lempung.
3. Berapakah jumlah persentase optimum pada variasi terhadap penambahan *fly ash* dan tanah + *fly ash* + semen untuk mendapatkan nilai CBR optimum tanpa rendaman.
4. Berapakah biaya dari campuran yang paling efektif antara *fly ash* saja dan *fly ash* + semen .

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh dari penambahan limbah abu terbang (*fly ash*) dan *fly ash* + semen terhadap sifat fisik tanah lempung.
2. Mengetahui berapa kadar air optimum pada tanah lempung

3. Mengetahui berapa presentase, variasi campuran optimum antara tanah + *fly ash* dan tanah + *fly ash* + semen untuk mendapatkan nilai CBR optimum tanpa rendaman.
4. Mengetahui biaya dari bahan campuran yang lebih efektif dan ekonomis antara *fly ash* dan *fly ash* + semen.

1.4 Batasan Masalah

Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram sebagai tempat pengujian. Batasan masalah ini bertujuan untuk membatasi cakupan dalam penelitian agar tidak terlalu luas sebagai berikut:

1. Menggunakan sampel tanah yang didapatkan dari tempat penelitian yaitu di Desa Tanak Awu Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah.
2. Bahan stabilisasi menggunakan semen dan limbah dari abu terbang (*fly ash*) yang diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang yang terletak di Desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat,
3. Pengujian CBR dilakukan dengan menggunakan SNI 1744-2012 metode uji CBR Laboratorium.
4. Stabilitas tanah yang dilakukan di peruntukan pada lapisan tanah dasar jalan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang pengaruh yang ditimbulkan dari proses penambahan limbah abu terbang (*fly ash*) dan *fly ash* + semen terhadap sifat fisik tanah, seperti kadar air optimum guna mendapatkan kepadatan maksimum, nilai CBR optimum pada campuran tertentu dan tingkat pengembangan pada tanah lempung yang akan dilakukan stabilisasi.
2. Diharapkan penelitian ini dapat menjadi informasi dalam perancangan konstruksi perbaikan jalan raya dengan memperhatikan stabilitas tanah sebagai *subgrade* jalan baru di wilayah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka adalah pembahasan yang berkaitan tentang masalah-masalah pada studi kasus hasil dari penelitian terdahulu yang dijadikan acuan untuk perencanaan penelitian ini.

2.1.1 Penelitian terdahulu

1. Bella dkk., 2021 Stabilisasi tanah lempung ekspansif menggunakan *fly ash* di desa oebelo kabupaten kupang. Variasi dari campurannya yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian seiring dengan bertambah besarnya kadar *fly ash* dalam tanah maka akan terjadi kenaikan nilai berat jenis dan penurunan batas cair batas plastis, indeks plastisitas dan peningkatan nilai batas susut tanah. Penambahan kadar *fly ash* mengakibatkan terjadinya penurunan nilai kadar air optimum dan peningkatan nilai kepadatan kering maksimum, serta menaikkan nilai potensi pengembangan.
2. Polii dkk., 2018. Penelitian pengaruh penambahan abu batu bara terhadap kuat geser tanah lempung di Desa Kolongan Atas Kecamatan Sonder. Bahan campuran untuk mengetahui pengaruhnya perubahan terhadap kuat geser tanah lempung. Variasi campuran yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Hasil pengujian yaitu mencampur abu batu bara dengan tanah membuat kuat geser pada tanah asli bertambah, kuat geser tanah 6.365 t/m² menjadi 11.3863 t/m² pada campuran tanah + 20% abu batu bara, kemudian mengalami penurunan pada campuran tanah + 25% abu batu bara. Pada kondisi tanah asli memperlihatkan nilai $\sigma_{rgani\ aman} = 1.414$. Setelah ditambah bahan campuran, nilai $\sigma_{rgani\ aman}$ mulai meningkat pada tambahan campuran 20% abu batu bara dengan nilai $\sigma_{rgani\ aman} = 2.194$ kemudian menurun.
3. Nugroho dkk., 2021 Pengaruh penggunaan semen dan *fly ash* terhadap nilai CBR tanah lempung Muara Fajar. Pencampuran semen dan abu terbang, sebagai additive, merupakan upaya perbaikan tanah. Pengujian

di fokuskan pada kondisi pemeraman 7 hari dan perndaman 4 hari, sesuai standart. Kadar semen dipilih 3% dan 5% dan *fly ash* 5%, 10%, 15%. Hasil penelitian menunjukkan penambahan addivtive menurunkan sifat kembang susut. Perubahan kadar air dan berat volume mulai dari campuran sampai dengan perndaman tidak lebih dari 20% penambahan addivtive meningkatkan kepadatan tanah. Nilai CBR, untuk kadar semen 5%, dengan pemeraman 7 hari dan rendaman 4 hari, dengan kadar abu terbang 5%, 10%, dan 15% berturut-turut sebesar 29,33%; 31,47%; dan 35,23%. Penambahan 5% semen dan 5% pada tanah memenuhi syarat sebagai sub-base dan sub-grade jalan.

4. Pinasang dkk., 2016 Analisis campuran kapur-*fly ash* dan kapur-abu sekam padi terhadap lempung ekspansif di Kabupaten Bolang-Mongondow Timur. Tujuan dari menggunakan limbah ini adalah meningkatkan sifak fisik dan kekuatan daya dukung tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kapur dengan abu sekam padi lebih efektif menurunkan nilai plastisitas dibandingkan penggunaan kapur dengan abu sekam padi. Penambahan kapur dengan abu sekam padi dan kapur dengan *fly ash* menunjukkan bahwa meningkatnya nilai q_u seiring ditambahnya persentasi kapur, tambahan kapur dengan abu sekam padi dan kapur dengan *fly ash*. Variasi campuran kapur dan abu sekam padi adalah 5%, 10%, 15%, dan 20%. Persentase campuran 10 % kapur dan 20 % abu sekam padi masing-masing mencapai nilai CBR rendaman maksimum masing-masing sebesar 47,16 persen dan 49,88 persen . Hasil penelitian mengatakan bahwa penambahan kapur dan abu sekam padi memberikan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan campuran kapur dan abu sekam padi.
5. Abdurrozak dkk., 2017 Stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah abu sekam padi dan kapur pada *subgrade* perkerasan jalan di Desa Kebonharjo, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran penambahan abu sekam padi 3% dengan kapur 4%, abu sekam padi 5% dengan kapur 4%, dan abu sekam padi 7%

dengan kapur 4% meningkatkan nilai CBR tanah. Sebaliknya, campuran penambahan abu sekam padi 7% dengan kapur 4% menurunkan potensi pengembangan tanah dalam uji pengembangan.

6. Kholis dkk., 2018 Stabilisasi tanah lempung menggunakan semen dan *renolith clay soil stabilization using cement and renolith*. Tujuan dari penggunaan bahan campuran semen dan renolith adalah untuk meningkatkan sifat fisik tanah, daya dukung tanah, dan nilai CBR tanah. Hasil uji menunjukkan bahwa campuran 10% semen dan renolith mengalami variasi persentase sebesar 3% dan 6% terhadap berat kering tanah. Nilai indeks plastisitas yang paling rendah terjadi pada campuran 10% semen ditambah 3% renolith, sedangkan nilai CBR tanah asli meningkat sebesar 2,77%. Nilai CBR tanah tertinggi terjadi pada campuran semen 10% saja.
7. Kusuma dkk., 2020 Stabilisasi tanah lempung organik menggunakan semen *slag* terhadap nilai CBR pada jalan raya Kubang Laban, Desa Terate, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang. Variasi campuran pada tanah, yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan semen slag pada tanah mampu menurunkan nilai indeks plastisitas tanah pada setiap variasi campuran. Selain itu, campuran 15% air mani dapat menurunkan kadar air ideal dan meningkatkan berat isi kering tanah.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori ialah acuan dasar materi yang dijadikan pedoman agar mudah di pahami dan dilaksanakan untuk menentukan langkah-langkah yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada saat pelaksanaan penelitian.

2.2.1 Tanah lempung

Tanah lempung ialah jenis tanah lunak yang mempunyai sifat daya dukung tanah rendah dan jumlah pori yang cukup besar, serta ketika tingkat muka air tinggi, sifat kembang dan susut tanah meningkat, dan plastisitas tanah juga meningkat (Rangan dan Arrang, 2021). Kondisi ini menyebabkan kontuksi diatasnya (jalan raya) tidak ideal atau mudah mengalami kerusakan (Upa dan Hakim, 2019). Sifat fisik tanah yang buruk biasanya mengakibatkan kerusakan permukaan jalan seperti retak dan bergelombang (Ramadhan dkk., 2020). Oleh karena itu, kita harus memperhatikan persoalan-persoalan yang ditimbulkan oleh permasalahan tanah tersebut agar dapat dilakukan upaya-upaya perbaikan pada struktur bangunan tersebut (Abdurozak dan Mufti, 2017). Pada pengujian sampel ini, tanah lempung diperkirakan pengambilan pada kedalaman antara 20 dan 60 cm, agar kandungan tanah humus tidak ada lagi (Candra et al., 2018).

2.2.2. Bahan tambah *fly ash* dan semen

Fly ash dikenal juga sebagai limbah abu terbang, adalah zat kimia yang dianggap sebagai limbah tidak aman atau berbahaya hasil dari pembakaran batu bara. Limbah abu terbang ini sangat tinggi di Indonesia, karna menyebabkan permasalahan alam yang harus ditangani dengan serius. Untuk meminimalisir hasil produksi, *fly ash* dapat kita manfaatkan untuk bahan stabilisasi *subgrade* jalan karna *fly ash* bersifat pozzolan dan mengandung kadar organik dan alumina yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai organik untuk campuran stabilisasi tanah dasar (Pinasang dkk., 2016). Kemampuan *fly ash* dalam bereaksi dengan air

dapat mengeras, mengikat, dan meningkatkan kekuatan terhadap tekan. Sifat ini dikenal dengan sifat *self-cementing* (Polii dkk, 2018).

Semen sebagai bahan aditif biasanya digunakan pada penelitian sebagai bahan tambahan untuk stabilisasi tanah (Damoerin, D. dan Soepandji, 2001). Semen *Ordinary Portland Cement* (OPC) adalah bahan hidrolis yang dibuat dengan penggilingan klinker, yang terbuat dari kalsium silikat, dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih senyawa kalsium sulfat serta bahan tambah lainnya. Semen *Portland Composite Cement* (PPC) ialah hasil dari penggilingan bahan seperti klinker 10rgani dan bahan *pozzolan* seperti abu terbang, batu kapur, dan lainnya. Semen memiliki kemampuan untuk mengeras dan mengikat butiran, yang sangat bermanfaat untuk menghasilkan masa tanah yang kuat dan tahan terhadap kerusakan (Soekoto, 1984). Menurut SNI 15-7064-2004, variasi penambahan semen berkisar antara 6 hingga 35 persen dari berat semen. Jika dibandingkan dengan semen OPC, semen PCC mengeluarkan panas hidrasi yang lebih rendah, serta dapat mengurangi panas hidrasi yang biasanya menyebabkan keretakan pada bahan material. Tahapan hidrasi yang dilakukan ialah dengan mencampurkan semen dengan tanah lempung. (Nugroho ddk., 2021).

2.2.3. Tanah dasar (*subgrade*)

Subgrade dikenal juga sebagai tanah dasar, dimana *subgrade* adalah tempat perletakkan pondasi pada ketebalan 30 cm saat membangun konstruksi perkerasan jalan (Herdiana et al., 2012). *Subgrade* jalan merupakan salah satu 10rgani penting dalam menentukan kekuatan dan umur aspal jalan. Standar minimum material *subgrade* dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 standart minimum material subgrade

No.	Parameter	Standar minimum	Satuan
1	<i>Plasticity Index</i> (PI)	< 12	%
2	Tingkat Keaktifan	≤ 0.75	-
3	CBR soak	≥ 2	%
4	CBR efektif	≥ 6	%
5	Swelling Potensial	< 5	%
6	Penurunan	≤ 100	Mm
7	Perubahan kemiringan ijin	0,3	%

Sumber: Pd T-10-2005-B dan MDP 2017

2.2.4 Stabilisasi tanah

Abdurrozak dan Mufti. 2017. Stabilisasi tanah ialah metode untuk mengembangkan serta memperbaiki karakteristik tanah yang buruk dan tidak menguntungkan dengan menambah bahan yang dapat mengubah sifat tanah yang semulanya buruk menjadi baik. Tanah lempung merupakan penyebab utama rusaknya jalan di berbagai tempat di Indonesia. Stabilisasi yang biasa di pakai di Indonesia adalah metode stabilisasi menggunakan kombinasi bahan seperti semen, kapur, *fly ash* dan bahan kimia lainnya yang disebut denan *bitumen* (Adha, 2011). Sifat-sifat tanah rentan berubah karena kandungan air menjadikan tanah lempung mempunyai daya dukung tanah yang rendah dan kembang-susut tanah tinggi. Oleh karena itu, perlunya melakukan stabilisasi untuk memperbaiki sifat dari tanah yang akan dijadikan *subgrade* jalan tersebut.

Stabilisasi tanah dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimia. Stabilisasi mekanis dilakukan dengan merubah

material atau mencampur dua material atau lebih yang memenuhi syarat. Sedangkan untuk stabilisasi kimiawi, yaitu tanah dicampur dengan bahan tambah (aditif) pada komposisi tertentu. Ilyas dkk., (2008) mendefinisikan stabilisasi sebenarnya sebagai solidifikasi. Solidifikasi adalah proses penambahan zat aditif ke dalam suatu massa tanah untuk meningkatkan sifat mekanisnya. Indeks sifat (seperti kandungan kadar air, berat jenis, dan sebagainya), kekuatan, pembekuan, dan permeabilitas tanah dapat dipengaruhi oleh stabilisasi (Forsman et al., 2015). Sifat fisik dan kimia tanah asli dapat distabilkan dan didukung lebih baik dengan stabilisasi dengan bahan aditif. Semen, kapur, abu terbang, dan bahan berbasis senyawa hidrokarbon adalah beberapa bahan stabilisasi (aditif) yang umum digunakan.

2.2.5 Klasifikasi Tanah

Untuk mengklasifikasikan tanah lempung, pengujian di laboratorium dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi jenis tanah dapat dibedakan sesuai besar atau kecilnya ukuran butiran tanah. Jenis tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan dua system yaitu metode USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*). Peneliti menggunakan metode USCS (*Unified Soil Classification System*), dengan metode USCS, tanah diklasifikasikan menjadi dua kelompok tanah yaitu tanah yang tertahan 50% lolos saringan no.200 dianggap berbutir kasar (kerikil dan pasir), dan tanah yang 50% lolos saringan no.200 dianggap berbutir halus. Setelah diklasifikasikan, kelompok-kelompok tertentu lalu diidentifikasi berdasarkan batas cair dan plastisitas, sehingga nilai indeks plastisitas didapatkan lalu masukkan nilai indeks plastis ke dalam grafik hubungan batas cair dengan indeks plastisitas. Dari grafik, jenis tanah dapat diidentifikasi seperti pada Tabael 2.2 dibawah ini.

Tabel 2. 2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS

Divisi utama		Simbol	Nama utama	Kriteria klasifikasi	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Tanah berbutir kasar > 50% butiran</p> <p style="text-align: center;">Tertahan saringan no. 200</p>	<p style="text-align: center;">Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan no. 4</p>	<p style="text-align: center;">Kerikil bersih (hanya kerikil)</p>	<p style="text-align: center;">GW</p> <p>Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus</p>	<p style="text-align: center;">$Cu = \frac{D_{30}}{D_{60}} > 4$</p> <p style="text-align: center;">D_{10}</p> <p style="text-align: center;">$Cc = \left(\frac{D_{30}}{D_{60}}\right)^2$ antara 1 dan 3</p> <p style="text-align: center;">$D_{10} \times D_{60}$</p>	
			<p style="text-align: center;">GP</p> <p>Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus</p>		<p style="text-align: center;">Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW</p>
		<p style="text-align: center;">Kerikil dengan butiran halus</p>	<p style="text-align: center;">GM</p> <p>Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau</p>	<p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas maka di pakai simbol</p>	
			<p style="text-align: center;">GC</p> <p>Kerikil berlempung campuran kerikil-pasir-lempung</p>		<p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$</p>
	<p style="text-align: center;">Kerikil 50% < fraksi kasar lolos saringan no. 4</p>	<p style="text-align: center;">Pasir bersih (hanya pasir)</p>	<p style="text-align: center;">SW</p> <p>Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak sama sekali mengandung butiran halus</p>	<p style="text-align: center;">$Cu = \frac{D_{30}}{D_{60}} > 6$</p> <p style="text-align: center;">D_{10}</p> <p style="text-align: center;">$Cc = \left(\frac{D_{30}}{D_{60}}\right)^2$ antara 1 dan 3</p> <p style="text-align: center;">$D_{10} \times D_{60}$</p>	
			<p style="text-align: center;">SP</p> <p>Pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak sama sekali mengandung butiran halus</p>		<p style="text-align: center;">Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p>
		<p style="text-align: center;">Pasir dengan butiran halus</p>	<p style="text-align: center;">SM</p> <p>Pasir berlanau, campuran pasir-lanau</p>	<p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas maka di pakai simbol</p>	
			<p style="text-align: center;">SC</p> <p>Pasir berlempung, campuran pasir-lempung</p>		<p style="text-align: center;">Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$</p>
		<p style="text-align: center;">Tertahan saringan no. 200</p> <p style="text-align: center;">Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%</p>	<p style="text-align: center;">ML</p> <p>Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung</p>	<p style="text-align: center;">CL</p> <p>Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus"</p>	<p style="text-align: center;">Diagram Plastisitas :</p> <p>Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua 13rgani.</p>
			<p style="text-align: center;">CL</p> <p>Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus"</p>		

Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau 14rganic dan lempung berlanau 14rganic dengan plastisitas tinggi	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar buiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berombak tersebut. Klasifikasi menggunakan dua simbol</p>
	MH	Lanau anorganik atau pasir halus <i>diatocmae</i> atau lanau <i>diatocmae</i> , lanau yang elastis	
	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk”	
	OH	Lempung 14rganic dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan 14rganic sangat tinggi	PT	Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan 14rganic tinggi	Manual untuk klasifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.2.6 Kadar air

Kadar air adalah nilai kandungan air yang ada pada sampel tanah atau bahan pada penelitian dengan satuan berdasarkan berat basahnya dan keringnya. Kadar air dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.1 (Sumber: Hardiyatmo, 2012).

$$Kadar\ air\ (w) = \frac{Ww}{Ws} = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\% \quad (2.1)$$

dengan :

w : Kadar air (%)

$W1$: Berat cawan kosong (gram)

$W2$: Berat cawan + tanah basah (gram)

$W3$: Berat cawan + tanah kering (gram)

2.2.7 Berat jenis

Berat jenis (*Specific Weight*) ialah perbandingan antara massa jenis suatu zat (tanah sebagai bahan uji) dengan massa jenis air terhadap volumenya. Piknometer merupakan alat pengujian untuk mengetahui berat jenis tanah, pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. Sehingga dapat ditentukan jenis tanahnya dari hasil pengujian berat jenis tanah (Kusuma dkk., 2020). Persamaan berat jenis tanah dapat dihitung menggunakan rumus 2.2 (Sumber: Hardiyatmo, 2012).

$$G = \frac{\text{Berat butir}}{\text{Berat air dan volume yang sama}} = \frac{W}{W_w}$$
$$G = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (2.2)$$

dengan :

- G : Berat jenis tanah
- W_1 : Berat piknometer kosong (gram)
- W_2 : Berat piknometer + tanah kering (gram)
- W_3 : Berat piknometer + tanah + air (gram)
- W_4 : Berat piknometer + air (gram)

2.2.8 Analisa saringan dan hydrometer

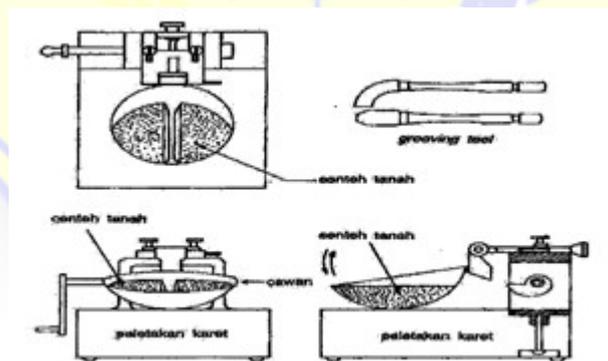
Analisa saringan adalah pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk menentukan pembagian gradasi agregat tanah yang memiliki ukuran gradasi lebih besar dari 0,075 mm atau yang tertahan saringan no. 200. Analisa hidrometer adalah pengujian yang menggunakan metode uji seperti prinsip pengendapan sedimentasi butiran tanah di dalam air untuk menentukan ukuran distribusi butiran halus yang lolos saringan no. 200. Analisa saringan dilakukan dengan saringan yang berbeda-beda untuk mengetahui berat tanah yang tertahan dari masing-masing ayakan serta mengetahui ayakan yang lolos agar dapat menentukan dan mengklasifikasikan jenis tanah.

2.2.9 Batas Atterberg

Batas *Atterberg* (batas konsistensi tanah) adalah patokan (batas) utama ukuran yang diharapkan untuk membedakan karakteristik sifat tanah lempung. Batas *Atterberg* meliputi nilai kadar air, yang dinyatakan sebagai batas plastis, indeks plastisitas, batas cair dimana sifat tanah mengalami perubahan pada hasil pengujian hingga dapat dihubungkan dengan kurva tegangan masing-masing. (Lay dkk., 2019)

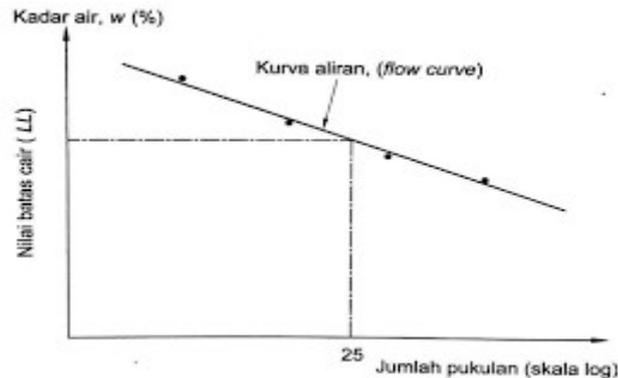
2.2.10 Batas cair (*Liquid Limit*).

Batas cair (LL) adalah batas air tanah pada keadaan cair dan keadaan plastis, atau bisa disebut batas atas daerah plastis. Gambar 2.1 menunjukkan gambar *Casagrande* skematis alat pengukur batas cair. Untuk mengetahui kadar air pada 25 pukulan, percobaan dilakukan beberapa kali, hal ini menyebabkan kesulitan untuk mengaturnya, karna kadar air berubah antara 15 dan 35 pukulan. Untuk mengetahui kadar air pada 25 pukulan, hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan dijelaskan dalam grafik semi-logaritmik. Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.1 Skema alat uji batas cair

Sumber: Hardiyatmo, 2012



Gambar 2.2 Kurva Hubungan kadar air dengan jumlah pukulan

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.2.11 Batas plastis (*Plastic Limit*).

Persentase kadar air dimana tanah yang berdiameter silinder 3 mm mulai retak ketika digulung disebut batas plastis (PL), dan persentase tersebut merupakan kadar air pada posisi antara daerah plastis dan semi padat.

2.2.12 Indeks plastis (*Plasticity Index*).

Selisih dari batas cair dengan batas plastis disebut Indeks plastisitas (PI). Indeks plastisitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 (Sumber: Hardiyatmo, 2012).

$$IP = LL - PL \quad (2.3)$$

dengan :

IP : Indeks Plastisitas

LL : Batas Cair

PL : Batas Plastis

Indeks Platisitas ialah interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu indeks plastisitas menunjukkan sifat kelenturan tanah. Jika tanah memiliki PI tinggi, maka tanah tersebut mengandung banyak

butiran lempung. Jika PI rendah seperti lanau, itu disebabkan oleh kadar air yang mengalami penurunan, sedikit saja kadar air mengalami penurunan dapat menyebabkan tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2. 3 Nilai indeks plastis dan macam tanah

No.	PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
1	0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
2	< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
3	7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
4	> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.2.13 Pemadatan tanah

Pemadatan adalah proses siklus mekanis yang menggunakan pemadatan yang tepat dan kekuatan pemadatan tertentu untuk menentukan kadar air ideal dan kepadatan kering maksimum suatu bahan uji. Pemadatan juga membantu mengurangi pori-pori udara tanah dan menahan penyusutan atau amblas pada tanah (Dwiretnani, 2018). Pemadatan ini sangat berguna untuk diterapkan di lapangan. Untuk mencapai hasil yang baik dalam persiapan tanah dasar perkerasan jalan, perlu diketahui nilai kepadatan tanah, kita perlu menghitung kadar air, berat volume basah tanah, dan berat volume kering tanah. Persamaan 2.1 dapat digunakan untuk menghitung kadar air, dan Persamaan 2.5 dapat digunakan untuk menghitung berat volume basah tanah (Sumber: Hardiyatmo, 2012) dibawah ini.

$$\Gamma_m = \frac{W_2 - W_1}{V} \text{ gram/cm}^3 \quad (2.5)$$

dengan :

γ_m : Berat volume basah tanah (gram/cm³)

W_2 : Berat silinder kosong (gram)

W_3 : Berat silinder isi tanah basah (gram)

V : Volume silinder (cm³)

Berat volume kering tanah dihitung dengan persamaan 2.6 (Sumber: Hardiyatmo, 2012) dibawah ini.

$$\Gamma_d = \frac{\gamma_m}{1+w} \text{ gram/cm}^3 \quad (2.6)$$

dengan :

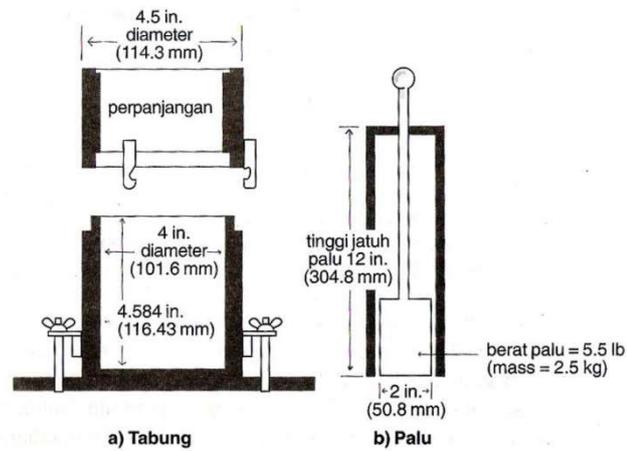
γ_d : Berat volume kering tanah (gram/cm³)

γ_m : Berat volume basah tanah (gram/cm³)

w : Kadar air (%)

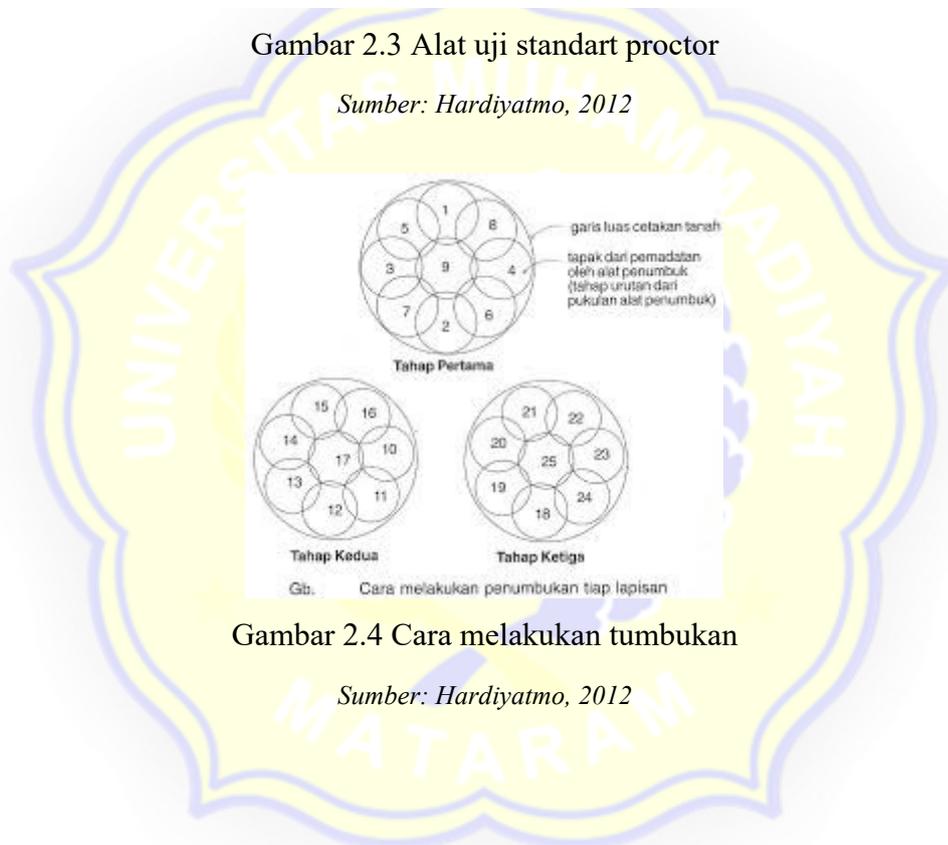
Berat volume kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air dan usaha yang dilakukan oleh alat pemukul atau penumbuknya. Uji standar Proctor adalah uji laboratorium umum yang dapat digunakan sebagai acuan standart uji karakteristik kepadatan tanah.

Alat pemadatan berbentuk silinder memiliki volume $9,44 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ Gambar 2.3. Tanah di dalam *mould* dipadatkan menggunakan alat pemukul atau penumbuk yang memiliki berat sebesar 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm (1 ft). Tanah dipadatkan didalam 3 lapis dengan setiap lapisannya di tumbuk sebanyak 25 kali pukulan seperti pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.3 Alat uji standart proctor

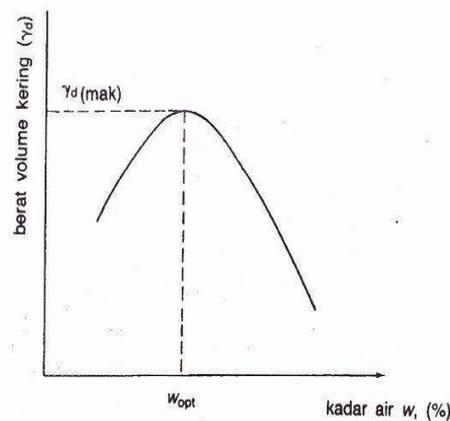
Sumber: Hardiyatmo, 2012



Gambar 2.4 Cara melakukan tumbukan

Sumber: Hardiyatmo, 2012

Uji pemadatan ini minimal menggunakan 5 sampel dengan kadar air yang bervariasi pada beberapa sampel percobaan. Kemudian hasil dari percobaan dibuatkan grafik hubungan antara kadar air dan berat volume keringnya Gambar 2.5. Kurva yang didapatkan dari pengujian tersebut menampilkan nilai kadar air yang paling baik atau kadar air optimum (w_{opt}) untuk mendapatkan berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum ($\gamma_{d maks}$) seperti pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.2.14 CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR atau (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan beban penetrasi lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar yang diselesaikan dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR digunakan untuk perencanaan perkerasan yang terdapat pada timbunan jalan, dan besarnya nilai yang ditentukan oleh kelas jalan yang diinginkan. Nilai CBR menunjukkan kondisi tanah dasar yang lebih baik.

Nilai CBR ini dapat diperbaiki dengan cara pemadatan, namun dalam pengerjaannya harus mengacu pada nilai yang dinyatakan untuk kadar air ideal dan berat kering maksimum. Kualitas daya dukung tanah asli merupakan salah satu kekuatan pada konstruksi jalan, yang merupakan bahan pokok atau bahan dasarnya. Uji CBR juga bertujuan untuk menentukan daya dukung dari tanah

dasar dan sumber acuan untuk menilai kekuatan dari material yang dipakai untuk *subgrade* jalan serta mengatur atau merancang perkerasan jalan yang sesuai dengan kebutuhan. (Pujiastuti dan Ngudiyono, 2014)

Standar nilai CBR *subgrade* jalan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas tanah yang dapat digunakan untuk mendukung perkerasan jalan di atasnya, standar nilai CBR dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2. 4 Standar nilai CBR untuk tanah dasar jalan (*subgrade*)

<i>Section</i>	Kriteria Material	Nilai CBR (%)
<i>Subgrade</i>	Sangat Baik	20-30
	Baik	10-20
	Sedang	5-10
	Buruk	<5

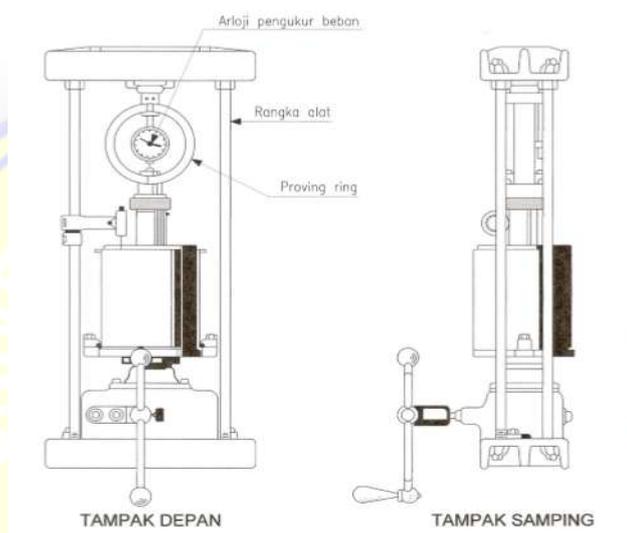
Sumber: Turnbull, 1968 dalam Barnas dan Karopeboka, 2015

Pengujian nilai CBR ini menggunakan sampel tanah yang keluar dari saringan nomor 4 dan campuran *fly ash* yang dipukul 56 kali perlapis. Untuk mendapatkan kepadatan yang optimal, pembuatan sampel menggunakan kadar air 22rganic. Ini memungkinkan untuk mencapai nilai CBR yang baik. Pengujian nilai CBR terdiri dari dua pengujian yaitu CBR rendaman, dan CBR non rendaman. Pengujian CBR rendaman dilakukan dengan durasi pengujian selama empat hari dengan memperhatikan pergerakan *dial gauge* yang menunjukkan perkembangan tanah selama periode waktu tertentu. Berdasarkan SNI 1744: 2012, nilai beban terkoreksi untuk uji CBR harus diukur pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci) pada setiap benda uji. Nilai CBR dinyatakan dalam bentuk persen setelah dilakukan pembagian antara nilai beban terkoreksi dengan

beban standar secara berurutan seperti pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dibagi 13 Kn (3000 lbs) dan 5,08 mm (0,20 inci) dibagi beban standar 20 Kn (4500 lbs), kemudian dikalikan dengan 100 seperti pada Persamaan 2.8 (Sumber: SNI 1744 : 2012) dibawah ini :

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Alat penetrasi untuk pengujian nilai CBR itu dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Alat penetrasi CBR Laboratorium

Sumber: SNI 1744 : 2012

Nilai pengembangan dari hasil rendaman pada metode uji CBR rendaman dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.9 (Sumber: SNI 1744 : 2012) dari hasil bacaan arloji ukur pada saat perendaman seperti dibawah ini.

$$\text{Nilai pengembangan} = \frac{\text{Bacaan dial}}{\text{Tinggi tanah awal}} \times 100\% \quad (2.9)$$

2.3 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana dan anggaran adalah merencanakan suatu pekerjaan yang memiliki fungsi dalam penggunaannya, serta besar biaya yang dibutuhkan dan susunan-susunan pelaksanaan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bidang teknik (Arief Rahman). Rencana anggaran biaya adalah metode yang dilakukan untuk perhitungan volume pekerjaan, biaya dari berbagai bahan dan pekerjaan yang akan dilakukan pada suatu desain atau struktur (Soedradjat, 1984).

2.3.1 Anggaran Biaya Kasar

Anggaran Biaya Kasar (Taksiran) Sebagai panduan dalam menyusun anggaran biaya kasar dimana harga satuan tiap meter persegi (m^2) luas lantai. Anggaran biaya kasar digunakan sebagai panduan untuk anggaran biaya yang dihitung secara detail. Meskipun dikenal sebagai anggaran biaya kasar, namun biaya satuan tiap m^2 luas tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara detail. Dibawah ini diberikan sekedar contoh, untuk dapat menggambarkan penyusunan anggaran baiay kasar (taksiran).

2.3.2 Angaran Biaya Teliti

Anggaran biaya teliti adalah rencana pengeluaran yang disusun secara terstruktur dan ditentukan secara matang dan teliti, sesuai dengan kesepakatan dalam penyusunan rencana pengeluaran biaya tersebut. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana digambarkan sebelumnya, biaya persatuan ditentukan berdasarkan perkiraan biaya untuk setiap luas m^2 wilayah. Harga harus menjadi dasar perkiraan.

2.3.3 Volume pekerjaan

Pengertian Volume Pekerjaan Menurut Ibrahim (2001) yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan, ialah mengitung total banyaknya volume

pekerjaan dalam satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan, jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Perhitungan Anggaran Biaya pada dasarnya diperoleh sebagai hasil keseluruhan dari jumlah pekerjaan yang ada dengan harga masing-masing. Hal ini dapat dilakukan dengan membaca dan menghitung jumlah pekerjaan di atas gambar rencana desain. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa biaya untuk bahan baku, upah kerja, dan peralatan dihitung berdasarkan biaya per unit untuk setiap jenis pekerjaan (Sastraatmadja, 1994). Secara umum, lima komponen harga digunakan dalam perhitungan rencana anggaran biaya sebagai berikut:

2.3.4 Material/Bahan

Tentang perhitungan bahan yang diperlukan dan harganya. Menurut Sastraatmadja (1994), harga bahan yang dipakai biasanya adalah harga bahan tempat dilaksanakannya pekerjaan. Harga ini juga masuk pada biaya transportasi, pengepakan, penyimpanan sementara digudang, pemeriksaan kualitas, dan asuransi.

1. Upah Nominal Pekerja

Upah pekerja bergantung pada waktu atau jumlah waktu yang dihabiskan untuk bekerja, serta kreativitas dan kualitas yang dimiliki oleh pekerja tersebut. Pekerja yang memiliki kualitas dan kreativitas yang lebih tinggi akan menerima gaji yang lebih tinggi daripada pekerja yang memiliki keterampilan yang lebih rendah.

2. Alat-alat konstruksi

Peralatan yang digunakan untuk membantu konstruksi selama pelaksanaan proyek sangat penting. Ada dua jenis peralatan konstruksi yaitu: alat berat dan alat tangan. Alat berat biasanya digunakan untuk pekerjaan konstruksi dengan jumlah besar serta untuk mengangkat barang atau material yang banyak sehingga tidak mungkin menggunakan tenaga pekerja. Alat

tangan biasanya digunakan untuk pekerjaan yang ringan seperti membersihkan serpihan tanah atau aspal yang berceceran dengan menggunakan skop. Biaya sewa alat biasanya dipengaruhi oleh volume pekerjaan, durasi pengerjaan, kualitas pekerjaan, dan tingkat kesulitan. Selain itu, ada biaya perpindahan peralatan, pembongkaran, biaya operasional, dan upah operator.

3. Biaya tidak terduga atau *Overhead*

Biaya tidak terduga terbagi menjadi dua kategori: biaya umum yang tidak terduga dan biaya proyek yang tidak terduga. Biaya umum yang tidak terduga adalah biaya yang tidak bisa dibebankan langsung pada proyek, seperti sewa kantor, peralatan kantor dan alat tulis, udara, listrik, telepon, asuransi, pajak, bunga uang, biaya notaris, perjalanan, dan pembelian berbagai barang kecil.

4. Keuntungan atau (*profit*)

Keuntungan biasanya dipahami sebagai tingkat biaya total, yaitu sekitar 0% hingga 15%, tergantung pada seberapa siap penyedia jasa konstruksi untuk menyelesaikan proyek tersebut. Besarnya risiko pekerjaan, tingkat kesulitan pekerjaan, dan metode pembayaran pemberi pekerjaan juga mempengaruhi pengambilan keuntungan.

Dalam menyusun rencana anggaran biaya (RAB) proyek harus dibedakan mulai dari harga biaya satuan upah, satuan biaya bahan baku dan satuan biaya pekerjaan. Sebagai sumber biaya satuan bahan baku dan biaya satuan upah yang didapat dipasaran, tempat lokasi pekerjaan akan dilaksanakan. Biaya satuan bahan baku dan upah disetiap daerah jelas berbeda, sehingga ketika merencanakan dan menghitung rencana keuangan pengeluaran untuk suatu proyek struktur, hal ini harus didasarkan pada biaya satuan bahan baku dan kompensasi kerja di area pengamatan dan kerja.

Menurut Ibrahim (2021) menyatakan bahwa satuan biaya pekerjaan diperoleh dari hasil analisis upah dan bahan yang sesuai dengan komposisi pekerjaan. Analisa bahan merupakan perhitungan volume total bahan dan biaya yang diperlukan untuk pekerjaan, sedangkan analisis upah merupakan perhitungan jumlah 27rgani kerja yang dipakai dan biaya yang diperlukan untuk proyek pekerjaan.

2.3.5 Metode Perhitungan

Untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya, sebelumnya harus dilakukannya penyusunan metode pelaksanaan pekerjaan stabilitas jalan, berikut adalah metode pelaksanaan pekerjaan stabilitas jalan dengan penambahn campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen. Pekerjaan ini meliputi pekerjaan galian dan timbunan, dan melakukan suvey untuk penentuan titik awal pada pekerjaan pengukuran batas jalan yang akan digali sesuai volume yang sudah sudah di perhitungkan dengan gambar yang sudah ada.

Langkah-langkah pekerjaan galian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan penggalian tanah menggunakan excavator sesuai batas yang telah ditentukan, kemudian diloading ke dumptruck dan dibuang disposal area galian.
2. Setelah galian selesai, dilakukan pemadatan tanah. Penuangan tanah timbunan yang sudah di campur pada sepanjang galian. Tahapan pekerjaan stabilisasi dengan timbunan tanah campuran *fly ash* + semen.

Format yang dipakai untuk menghitung rencana anggaran biaya kebutuhan yaitu sesuai AHSP Bidang Bina Marga 2023. Format tabel ada pada tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2. 5 Contoh format perhitungan RAB

No	Komponen	Satuan	Perkiraan Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A	TENAGA				
1	Pekerja (L01)	Jam	0,0726	27,643.54	2,005.88
2	Mandor (L02)	Jam	0,0121	33,312.62	402.87
	Jumlah Harga Tenaga				0,00
B	Bahan				
1	Bahan Timbunan Biasa (Tanah urug) (M08)	M3	1,5000	119,200.00	178,800.00
	Jumlah Harga Bahan				178,800.00
C	Peralatan				
1	Excavator E10	Jam	0.0130	500,194.63	6,480.04
2	Dump Truck E35	Jam	0,0938	614,377.48	57,611.64
3	Motor Grader E13	Jam	0,0121	529,124.91	6,399.09
4	Sheepfoot Roller E16a	Jam	0,006	383,695.42	2,28.53
5	Tandem Roller E17	Jam	0,0025	453,623.79	1,153.03
6	Water Tank Truck E23	Jam	0,007	399,107.94	2,804.98
7	Alat Bantu	Ls	1,0000	0.00	
	Jumlah Harga Peralatan				76,737.32
D	Jumlah Harga Tenaga, Bahan dan Peralatan (A+B+C)				257,946.07
E	Overhead dan Profit		15.0 % x D		38,691.91
F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)				2961,637.98

Sumber : AHSP Bidang Bina Marga

Keterangan untuk format tabel diatas:

1. Satuan dapat berdasarkan atas jam operasi untuk para pekerja dan peralatan, volume dan / atau ukuran berat bahan-bahan.
2. Kuantitas satuan adalah perkiraan setiap komponen untuk menyelesaikan satu satuan pekerjaan dari nomor mata pembayaran. Harga satuan yang disampaikan penyedia jasa tidak dapat diubah kecuali terdapat penyesuaian harga (Eskalasi/ Deskalasi) sesuai ketentuan dalam instruksi kepada peserta (IKP).
3. Biaya satuan untuk peralatan peralatan sudah termasuk bahan bakar, bahan habis dipakai dengan operator.
4. Biaya satuan sudah termasuk pengeluaran untuk seluruh pajak yang berkaitan (teteapi tidak termasuk PPN yang dibayarkan dari kontrak) dan biaya-biaya lainnya.

2.4 Efektifitas

2.4.1 Pengertian Ffektifitas

Karangan Echols dan Shadily (1977: 207) dalam kamus Inggris-Indonesia, menyatakan efektifitas berasal dari kata “Effective”, yang artinya “Berhasil” atau “Ditaati”. Dari defenisi berikut dapat diketahui kata efektif memiliki makna:

1. Ada efeknya yaitu pengaruh, akibat, kesannya.
2. Penggunaan metode atau cara, sarana atau alat ketika melaksanakan kegiatan sehingga mencapai hasil yang baik.

Sesuatu dikatakan efektif apabila tujuan dapat dicapai sesuai dengan yang diharapkan. Pernyataan ini menurut Sedianingsih (2010: 20) Efektif adalah mengerjakan sesuatu yang tepat (*do the right things*) ialah bagaimana agar tepat sasaran, sehingga sasaran yang diinginkan dapat tercapai. Kata tercapai sama dengan berhasil, disini kata sedia ningsih sejalan dengan yang dimaksud dengan yang diatas.

Pengertian Efektivitas Menurut Para Ahli

Sondang P. Siagian efektivitas yaitu sebuah pemanfaatan sarana prasarana, sumber daya di dalam jumlah tertentu yang sebelumnya itu sudah ditetapkan

untuk menghasilkan sejumlah barang atau jasa kegiatan atau aktivitas yang akan dijalankan oleh seseorang atau juga sebuah perusahaan.

Gibson efektivitas yakni semua penilaian yang dibuat sehubungan dengan prestasi individu, kelompok, serta organisasi. Semakin dekat prestasi mereka terhadap suatu prestasi yang diharapkan (standar), maka mereka itu dinilai semakin efektif.

Schemerhon John R. Jr efektivitas ialah segala pencapaian target keluaran (output) yang akan diukur itu dengan cara membandingkan output anggaran atau juga OA (seharusnya) itu dengan output realisasi atau OS (sesungguhnya). Apabila $OA > OS$ maka akan dinilai efektif.

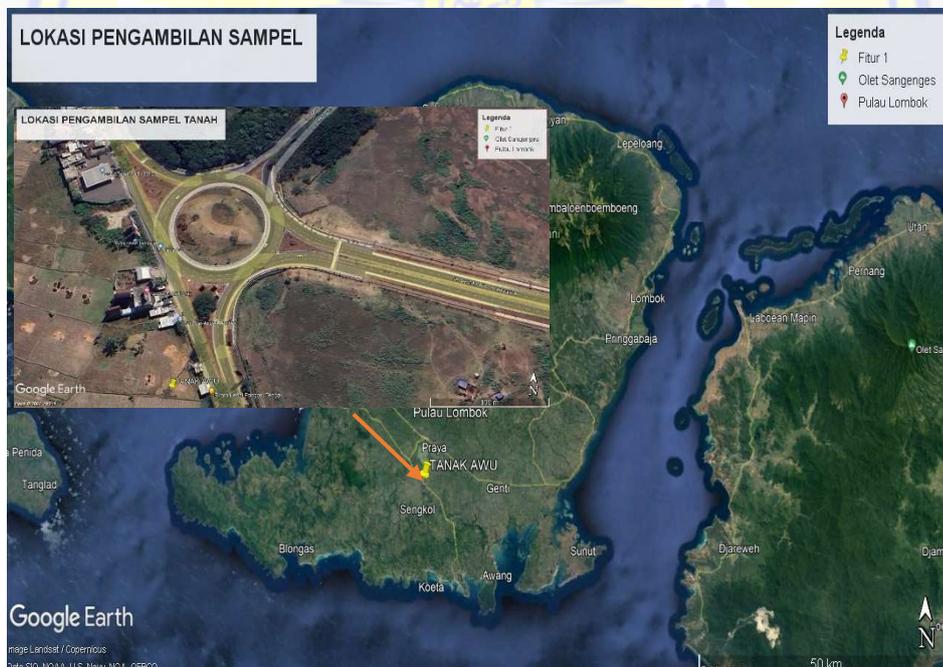
Jadi efektifitas dalam penelitian ini dilihat dari beberapa aspek yaitu:

1. Pengujian sifat fisik tanah dengan variasi campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen
2. Nilai pengujian CBR antara *fly ash* dan *fly ash* + semen
3. Perhitungan rencana biaya dan anggaran dari variasi campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, sampel tanah diambil di Tanak Awu, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah, NTB. Sampel ini akan dipergunakan sebagai bahan utama didalam riset ini. Bahan lain seperti *fly ash* dan *semen* sebagai bahan campuran dalam stabilisasi tanah lempung pada *subgrade* jalan ini. Untuk *fly ash* didapatkan pada Desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat, lokasi tepatnya yaitu pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Jeranjang, dan semen bisa kita dapatkan di berbagai toko bangunan yang ada di sekitar Kota Mataram. Sedangkan lokasi penelitian yaitu di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram yang terletak di Jalan KH. Ahmad Dahlan No. 1, Kelurahan Pagesangan, Kecamatan Mataram, Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1 lokasi pengambilan sampel

Sumber: Google Earth.

3.2 Alat-alat Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yang tersedia antara lain :

1. Saringan

Saringan adalah alat yang digunakan untuk membagi bagian-bagian susunan tanah yang seragam ukuran pada bagian yang diperlukan untuk bagian yang akan di uji pada penelitian ini. Akibatnya, saringan sangat penting untuk penelitian ini. Selain itu, beberapa variasi ukuran saringan dapat digunakan sesuai kebutuhan, seperti pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Saringan

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

2. Cetakan

Agar hasil uji yang baik, cetakan yang digunakan harus kuat dan sesuai standar, seperti cetakan yang terbuat dari baja atau logam. Cetakan ini terdiri dari tiga bagian: alas, badan, dan leher sambungan. Peralatan yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 Cetakan

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

3. Penumbuk

Untuk melakukan pengujian untuk mengukur kepadatan tanah, penumbuk yang akan dipakai dibuat dengan berat yang sesuai dengan persyaratan dan ketentuan SNI. Gambar penumbuk dapat dilihat pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Penumbuk

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

4. Timbangan

Timbangan elektrik dengan akurasi 0,01 gram maupun 0,1 gram digunakan pada penelitian ini. Benda uji yang beratnya hingga 200 gram menggunakan ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram. Sebaliknya jika beratnya melebihi 200 gram menggunakan timbangan dengan akurasi 0.1. Timbangan

yang pakai pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.5 Timbangan ketelitian 0,01 gram

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.



Gambar 3.6 Timbangan ketelitian 0,1 gram

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

5. Cawan

Karena penelitian ini akan dilakukan secara berulang, maka cawan yang digunakan memiliki kualitas tinggi maupun tahan karat serta tahan terhadap terhadap macam kondisi seperti panas, dingin, dan berat. Cawan yang digunakan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Cawan

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

6. Oven pengering

Untuk mengeringkan sampel, oven pengering digunakan dalam mengeringkan benda uji pada suhu yang telah ditetapkan oleh acuan penelitian. Oven yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah ini.



Gambar 3.8 Oven pengering

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

7. Alat Casagrande

Dalam mencari nilai batas cair diperlukan alat *Casagrande* yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3.9 Alat Casagrande

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

8. Piknometer

Piknometer memiliki ukuran yang kecil berbentuk bulat terbuat dari kaca yang memiliki volume 50 mililiter yang tahan terhadap suhu tinggi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 di bawah ini.



Gambar 3.10 Picnometer

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

9. Jangka sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur skala centimeter maupun millimeter seperti jarak, tinggi, dan diameter sampel uji serta peralatan lainnya untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk mengujian. Jangka sorong yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11 Jangka sorong

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

10. Centongan dan baskom pencampuran

Alat ini tidak hanya digunakan dalam memindahkan benda uji pada wadah yang berbeda, tapi juga dimanfaatkan sebagai wadah pencampuran benda uji dengan air untuk menghasilkan campuran yang ideal.



Gambar 3.12 Centongan dan baskom pencampuran

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

11. Dial guage

Saat pengujian CBR rendaman selama empat hari, dial guage digunakan untuk mengukur besarnya pengembangan tanah. Dial guage yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13 Dial guage

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

12. Alat penguji penetrasi CBR laboratorium

Alat penguji penetrasi ini digunakan untuk pengujian nilai CBR tanah. Peralatannya dapat dilihat seperti pada Gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14 Alat penguji Penetrasi CBR laboratorium

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

3.3 Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang di perlukan sebagai sampel dalam penelitian ini adalah sampel tanah dan limbah abu terbang (*fly ash*) untuk dilakukan pengujian sesuai dengan prosedur yang sesuai dan baik.

1. Tanah.

Tanah ini adalah tanah lempung *subgrade* jalan di desa tanak Awu Kecamatan pujut. Sampel tanah ini digunakan untuk pengujian stabilisasi yang akan di teliti pada Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. Bahannya dapat dilihat pada Gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15 Tanah lempung

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

2. Limbah abu terbang (*fly ash*).

Fly ash sebagai bahan tambah stabilisasi diambil dari PLTU Jeranjang, Lombok Barat untuk di uji bagaimana pengaruh dari tambahan *fly ash* dapatkah memperbaiki karakteristik tanah dan membuat daya dukungnya meningkat. Bahan dapat dilihat pada Gambar 3.16 dibawah ini.



Gambar 3.16 Abu terbang (*fly ash*)

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

3. Semen

Semen sebagai bahan tambah campuran untuk stabilisasi bisa di dapatkan di toko material yang ada di sekitar lokasi kota mataram untuk di uji serta mengetahui pengaruh adanya campuran ketiga bahan apakah dapat memperbaiki karakteristik tanah dan membuat daya dukungnya meningkat. Bahan dapat dilihat pada Gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.17 Semen

Sumber: Laboratorium mekanika tanah.

3.4 Tahapan penelitian

3.4.1 Studi pustaka

Studi pustaka adalah Salah satu metode pengumpulan data yang pertama kali digunakan oleh para peneliti untuk menemukan referensi untuk penelitian mereka adalah studi pustaka. Studi pustaka sendiri adalah tempat di mana para peneliti dapat mencari dan mengumpulkan data, termasuk dokumen-dokumen dan gambar, sebagai pendukung penelitian mereka. Untuk memudahkan analisis data berikutnya.

3.4.2 Pengujian CBR

CBR adalah perbandingan persentase beban eksperimen dengan beban standar. Cara CBR adalah metode perencanaan perkerasan jalan yang paling umum digunakan dan dapat dikenal. Ini menggunakan grafik yang dibuat untuk berbagai macam muatan roda kendaraan berdasarkan intensitas lalu lintas untuk menentukan tebal lapis perkerasan untuk nilai CBR. Tanah uji yang baru diperoleh dari tanah asli, tanah timbun, dan tanah galian yang dipadatkan

mencapai kepadatan maksimum 95% pada uji lab. Jadi, daya dukung tanah dasar adalah kemampuan lapisan tanah untuk menahan beban setelah tanah dipadatkan.

Pengujian CBR tanpa rendaman dilakukan dengan 7 variasi campuran tanah lempung dan fly ash yang disesuaikan dengan persentase campuran yang ditunjukkan pada Tabel 3.1. Pengujian ini menggunakan kadar air ideal tanah asli untuk menentukan variasi campuran ideal pada tanah lempung dan *fly ash*.

3.4.3. Rancangan penelitian

Metode eksperimental akan digunakan dalam penelitian untuk mengetahui bagaimana suatu 41rganic41 berdampak pada 41rganic41 lainnya. Percobaan akan dilakukan dengan beberapa sampel bahan uji (Ludfian dan Wibowo, 2017). Dalam penelitian ini, kami akan menguji komposisi bahan tambah *fly ash* dengan berbagai presentase untuk menentukan campuran terbaik untuk kondisi stabilisasi tanah ini. Komposisi campuran pengujian tanah dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.1 variasi campuran tanah + *fly ash*

No	Variasi campuran
1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i>
3	Tanah asli + 30% <i>fly ash</i>
4	Tanah asli + 40% <i>fly ash</i>

Sumber: Rancangan penelitian.

Tabel 3.2 Variasi campuran tanah dengan *fly ash* + semen

No	Variasi campuran
1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	Tanah asli + 20 % <i>fly ash</i> + 15 % <i>semen</i>
3	Tanah asli + 30 % <i>fly ash</i> + 15 % <i>semen</i>
4	Tanah asli + 40 % <i>fly ash</i> + 15 % <i>semen</i>

Sumber: Rancangan penelitian

3.4.4. Jenis pengujian

Pada penelitian ini ada beberapa pengujian yang harus dilakukan untuk mendapatkan data yang berguna dalam proses stabilisasi tanah lempung dengan bahan tambah *fly ash* dan *fly ash* + semen pada *subgrade* jalan sebagai berikut :

1. Uji kadar air tanah

Tujuan dari pengujian awal ini adalah untuk mengetahui kondisi air atau kadar air tanah dalam tanah pada setiap benda uji.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Timbang cawan kosong lalu catat hasil timbangan tersebut sebagai berat cawan kosong (W1).
- b. Masukkan sampel tanah basah ke dalam cawan kosong untuk ditimbang sebagai berat cawan + tanah basah (W2).
- c. Selanjutnya, cawan yang berisi tanah basah dimasukkan ke dalam oven dengan keadaan cawan terbuka selama 16 hingga 24 jam. Setiap cawan memiliki kertas penanda kode pembeda yang dipasang pada bagian bawahnya.

- d. Setelah itu cawan yang berisi tanah kering diambil dari oven, biarkan beberapa saat hingga dingin. Kemudian, berat cawan ditambah tanah kering (W3) ditimbang.

2. Uji berat jenis

Pengujian berat jenis hanya dilakukan pada tanah asli untuk menentukan berat jenis contoh tanah yang diuji. Pengujian berat jenis adalah perbandingan berat butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada 43rganic43er43 tertentu, biasanya pada 27,5%.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Bagian luar dan dalam piknometer dibersihkan dan keringkan. Kemudian ditimbang sebagai (W1).
- b. Tanah dihancurkan dahulu dengan pestel, kemudian tanah dimasukkan dalam cawan untuk dikeringkan dalam oven. Setelah tanah kering, lalu masukkan tanah ke dalam piknometer. Kemudian Timbang piknometer plus tanah sebagai berat (W2).
- c. Isikan air 10cc kedalam piknometer lalu biarkan tanah terendam sepenuhnya dan biarkan selama 2 – 10 jam.
- d. Tambahkan air sampai setengah atau dua pertiga penuh. Biarkan selama dua hingga sepuluh jam. Untuk menghilangkan udara yang terperangkap di antara komponen, salah satu cara mengeluarkannya sebagai berikut:
 - 1) Piknometer dimasukkan ke dalam wadah tertutup yang di 43rgani (tidak lebih dari 100 mmHg), untuk membuat gelembung udara keluar menjadi air bersih.
 - 2) Rebus Piknometer dengan waktu sepuluh menit, dengan sesekali dimiringkan untuk mengeluarkan udara yang ada didalam. Kemudian, piknometer didinginkan.
- e. Tuang air suling ke dalam piknometer sampai penuh dan tutup. Bagian luar piknometer di bersihkan dengan kain. Setelah tanah dan air diisi, piknometer ditimbang sebagai (W3).

- f. Setelah dilepas dan dibersihkan, piknometer diisi dengan air tanpa udara di tutup dan diluarnya dilap dengan kain. Setelah penuh dengan air, piknometer ditimbang sebagai beratnya plus air (W4). Setelah proses poin e selesai, proses ini dilakukan sesegera mungkin.

3. Uji batas cair tanah

Uji batas cair dilakukan sebanyak tujuh kali untuk mengetahui batas cair tanah. Yang akan diperiksa menggunakan alat *Casagrande*. Contoh campuran pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.3 Pengujian batas cair tanah + *fly ash*

No	Kode	Keterangan
1	LL1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	LL2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i>
3	LL3	Tanah asli + 30 % <i>fly ash</i>
4	LL4	Tanah asli + 40 % <i>fly ash</i>

Sumber: Rancangan penelitian.

Tabel 3.4 Pengujian batas cair tanah + *fly ash* + semen

No	Kode	Keterangan
1	LL1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	LL2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i> + 15 % semen
3	LL3	Tanah asli + 30 % <i>fly ash</i> + 15 % semen
4	LL4	Tanah asli + 40 % <i>fly ash</i> + 15 % semen

Sumber: Rancangan penelitian.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Masukkan sampel tanah (sebanyak ± 200 gram) ke dalam mangkok porselen dan campurkan dengan air sebanyak 15 mililiter hingga 20 mililiter. Aduk-aduk, tekan-tekan, dan tusuk-tusuk dengan spatel jika perlu. Tambahkan air secara bertahap, mulai dari 1 mililiter hingga 3 mililiter, lalu lanjutkan aduk-aduk, tekan-tekan, dan tusuk-tusuk, dan seterusnya. Untuk memastikan adukan bercampur dengan rata.
- b. Masukkan sebagian tanah ke dalam mangkok *Casagrande* setelah adukan merata dan menghasilkan sekitar 30 hingga 40 ketukan selama percobaan. Agar tanah tidak berongga atau gelembung udara terperangkap, gunakan spatel dengan baik. Dengan ujung depan mangkok, ratakan permukaan tanah. Tuang tanah yang lebih banyak ke dalam mangkok porselen.
- c. Buat garis lurus pada tengah mangkok *Casagrande* yang searah dengan alat sumbu dengan alat pembarut. Ini akan memisahkan mangkok menjadi dua secara simetris. Garis alur harus lurus serta tajam, dan ukurannya harus sesuai dengan ukuran alat pembarut. Untuk menghindari alur yang buruk atau tanah bergerak di mangkok *Casagrande*, barutnya sedikit lebih dalam.
- d. Segera nyalakan pemutar, mangkok *Casagrande* hingga terangkat dan jatuh ke atasnya dengan kecepatan dua putaran per detik. Ini dilakukan sampai kedua bagian tanah bertemu. Catat jumlah ketukan yang didapat.
- e. Dalam percobaan pertama, jumlah ketukan yang dibutuhkan berkisar antara tiga puluh hingga empat puluh kali. Jika lebih dari empat puluh kali ketukan di mangkok *Casagrande* maka tanah harus dicampur kembali ke mangkok porselen dan air harus ditambah lagi sedikit 45rgani diaduk sampai merata, seperti yang dilakukan pada percobaan sebelumnya.
- f. Tuang air ke dalam mangkok *Casagrande* untuk membersihkan dengan kain. Kemudian ulangi langkah b sampai d.
- g. Ambil sebagian tanah dari mangkok *Casagrande* dengan spatel, buat alur melintang tegak yang mencakup bagian tanah yang saling bertemu.

- h. Ambil sisa tanah pada mangkok porselen, tambahkan air sedikit, dan aduk sampai merata untuk memeriksa kadar air tanah. Cuci mangkok Casagrande dan keringkan.
- i. Ulangi langkah-langkah di poin b, c, d, g, dan h untuk mendapatkan 3 atau 4 data hubungan kadar air dan jumlah ketukan yang berkisar antara 15 dan 35 ketukan dengan perbedaan ketukan yang 46rgani sama. Percobaan ini dimulai dengan tanah yang kurang cair sebelum menjadi lebih cair.

4. Uji batas plastis tanah dan indeks plastisitas tanah

Pengujian batas plastis dilakukan untuk mengetahui batas plastis tanah dengan kadar air minimal yang membuat tanah tetap plastis. Setelah digulung menjadi batang berdiameter 3 milimeter, tanah plastis mulai retak. Indeks plastisitas dihitung sebagai perbedaan antara batas plastis dan cair tanah. Batasan plastis diuji tujuh kali sesuai variasi campuran dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.5 dan 3.6 dibawah ini.

Tabel 3.5 Pengujian batas plastis tanah + *fly ash*

No.	Kode	Keterangan
1	PL 1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	PL 2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i>
3	PL 3	Tanah asli + 30% <i>fly ash</i>
4	PL 4	Tanah asli + 40% <i>fly ash</i>

Sumber: Rancangan penelitian.

Tabel 3.6 Pengujian batas plastis tanah + *fly ash* + semen

No.	Kode	Keterangan
1	PL 1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)
2	PL 2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i> + 15 % semen
3	PL 3	Tanah asli + 30% <i>fly ash</i> + 15 % semen
4	PL 4	Tanah asli + 40% <i>fly ash</i> + 15 % semen

Sumber: Rancangan penelitian.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Masukkan sampel tanah ke dalam mangkok porselen, lalu tambahkan air sedikit. Aduk tanah dengan benar. Kadang air ditambahkan ke tanah sampai tanah cukup plastis sehingga jari mampu menekannya dengan mudah dan tidak terlalu lengket.
- b. Remas tanah seberat 8 gram (diameter ± 13 mm) dan bentuklah bola atau ellipsoida. Bentuk batang berdiameter rata dengan menggiling benda uji ini di atas plat kaca dengan tekanan secukupnya di bawah jari-jari tangan. Menggiling tanah dengan kecepatan lima puluh detik per gerakan maju dan mundur.
- c. Setelah batang tanah digilingkan hingga berdiameter sekitar 3 mm (dibandingkan dengan batang kawat) bila batangnya masih licin, potong-potong batang tanah menjadi beberapa bagian, kemudian diremas kembali hingga 47rganic47. Kemudian giling lagi seperti sebelumnya, sampai batang tanah tampak retak.
- d. Kumpulkan tanah yang sudah digiling hingga retak-retak atau terputus-terputus tersebut lalu segera lakukan pemeriksaan kadar air.

5. Analisa saringan dan hidrometer

Uji analisis saringan dilakukan untuk menentukan ukuran butiran agregat tanah yang sesuai dengan ukuran saringan yang dipergunakan dalam penelitian ini. Analisa hidrometer digunakan untuk mengidentifikasi butiran tanah yang halus, atau butiran tanah yang lolos saringan no. 200, sedangkan analisis saringan bertujuan untuk membantu dalam klasifikasi jenis tanah juga.

Langkah-langkah pengujian seperti dibawah ini :

- a. Persiapkan tanah seberat 50 gram
- b. Masukkan benda uji ke dalam gelas, lalu tambahkan air hingga tanah tenggelam dan tambahkan larutan air Bratachem sebanyak 2,5 gram ke dalam gelas. Setelah itu, diamkan gelas selama dua puluh empat jam.
- c. Setelah direndam dan dijenuhkan selama 24 jam, masukkan sampel uji yang ada dalam gelas kedalam ke dalam mixer dengan sedikit tambahan air untuk menghilangkan tanah. Selama dua menit, mesin mixer akan digunakan untuk mengaduk bahan uji hingga halus.
- d. Masukkan bahan uji ke dalam tabung ukur kaca, lalu tambahkan air dari hasil cuci mangkok mixer. Dengan hati-hati tambahkan air hingga mencapai 1000 mililiter.
- e. Lubang gelas ukur ditutup dengan 48rganic dan kocok beberapa kali selama satu menit secara hati-hati agar tidak tumpah.
- f. Setelah campuran selesai, masukkan pelampung ukur hidrometer ke dalam gelas ukur untuk memungkinkan hidrometer terapung bebas. Pembacaan dilakukan pada waktu yang telah ditentukan, dan pelampung ukur harus hanya dimasukkan ke dalam gelas ukur saat pembacaan dilakukan. Ini dilakukan agar sampel tidak terperangkap dalam larutan bahan kimia.
- g. Amati setiap angka pada alat ukur sebagai bacaan pada tabung atau pelampung dan lakukan pembacaan dalam waktu yang ditentukan dari 1, 5, 10, 30, 60, 250, dan 1440 menit.
- h. Setelah selesai, sampel tanah dituang ke dalam saringan nomor 200 untuk menyaring butiran tanah. Yang tersisa di saringan nomor 200 dimasukkan

ke dalam nampan dan dibiarkan kering di oven. Untuk dipakai kembali sebagai analisis saringan pada pengujian berikutnya.

Langkah-langkah analisa saringan seperti dibawah ini :

- a. Tanah sisa yang digunakan untuk pengujian saringan pada analisis hidrometer setelah saringan no. 200 dibersihkan.
 - b. Setelah membersihkan tanah dengan saringan no. 200 sebelumnya, keringkan kembali tanah menggunakan oven Pengering. Tempatkan saringan pada nampan..
 - c. Setelah sampel uji kering, sampel uji siap untuk dimasukkan ke dalam saringan yang ukuranya berbeda untuk analisis.
 - d. Siapkan saringan dari nomor 4 hingga nomor 200, lalu susun saringan sesuai urutan.
 - e. Masukkan sampel uji ke dalam saringan yang telah disusun sebelumnya dan pasang pada mesin pengguncang selama sepuluh hingga lima belas menit, lalu dimatikan.
 - f. Berat tanah di timbang sesuai tanah yang tertahan pada saringan no. 200 dan yang keluar dari saringan tersebut.
 - g. Setelah pengujian selesai bersihkan peralatan yang digunakan.
6. Pengujian pemadatan tanah

Untuk mengetahui hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah, pengujian pemadatan tanah dilakukan tujuh kali, sesuai Tabel 3.7. Untuk setiap variasi, enam sampel benda uji digunakan, dengan tiga sampel berada di bawah atau di atas kadar air optimum, dan tiga sampel berada di atas kadar air optimum.

Tabel 3.7 Pengujian pemadatan tanah

No.	Kode	Keterangan
1	P 1	Campuran air 200 MI
2	P 2	Campuran air 300 MI
3	P 3	Campuran air 400 MI
4	P 4	Campuran air 500 MI
5	P 5	Campuran air 600 MI

Sumber: Rancangan penelitian.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Jika tanah pengujian pemadatan ini masih basah, keringkan dahulu tanah tersebut di udara atau menggunakan pengering dengan suhu tidak lebih dari 600 derajat Celcius. Pengeringan dilakukan secukupnya saja sampai gumpalan tanah dapat dengan mudah pecah menjadi butiran kecil..
- b. Butiran yang diperoleh disaring menggunakan saringan nomor 4; semua butiran besar yang tertahan di atas saringan pembuangan kecuali gumpalan yang dapat dipecah lebih lanjut.
- c. Benda uji akan digunakan dari bagian yang lolos dari saringan; masing-masing benda uji harus mengumpulkan jumlah yang cukup, yaitu sekurang-kurangnya dua kilogram.
- d. Tanah dicampur dengan air secukupnya secara merata. Tingkat udara yang diperoleh untuk benda uji pertama harus kira-kira 6% di bawah kadar air optimum.
- e. Jika sampel tanah lempung, air harus diserap secara merata ke dalam gumpalan dalam waktu yang lama dan akan sulit. Dalam hal ini, langkah-langkah berikut harus dilakukan untuk tanah lempung: perlu dilaksanakan sebagai berikut :

- 1) Setelah mencampur tanah dengan air, simpanlah tanah di tempat tertutup selama setidaknya dua belas jam (dapat digunakan kantong 51rganic). Hal ini dilakukan karena pemadatan akan dilakukan sekitar lima kali dengan kadar air yang berbeda-beda. Jadi, lebih banyak benda uji diperlukan untuk tanah lempung untuk pengujian.
 - 2) Siapkan lima bagian benda uji, dengan berat masing-masing sekurang-kurangnya dua kilogram.
 - 3) Campurkan masing-masing sampel secara merata sehingga kadar air yang diperoleh berbeda-beda, sekitar 1% hingga 3%.
 - 4) Simpan masing-masing bagian dalam tempat tertutup atau kantong 51rganic.
- f. Timbang silinder pemadatan yang akan digunakan, lalu catat beratnya (W_1 , dengan ketelitian berat ± 5 gram).
 - g. Pasang dan kelem pelat alas dan silinder sambungan. Silinder harus diletakkan pada dasar yang kokoh saat melakukan penumbukan. Tidak boleh diletakkan di atas lantai yang bergetar karena tenaga yang diperoleh akan berkurang. Misalnya, balok beton dengan berat minimal 91 kilogram harus disediakan jika diperlukan.
 - h. Tanah yang telah di peram selama 24 jam dimasukkan ke dalam silinder untuk di uji. Masukkan tanah sedikit demi sedikit, kira-kira 0,50 cm di atas silinder utama. Setiap lapisan ditumbuk merata sesuai dengan jumlah tumbukan yang telah di tentukan.
 - i. Lepas bagian atas silinder, potong tanah dengan pisau (garis tegak) hingga permukaan tanah rata dengan silinder. Tambahkan lubang kecil di permukaan tanah untuk membuat permukaan lebih halus. Timbang silinder dengan tanah setelah membuang pelat dasar (W_2).
 - j. Keluarkan tanah padat tersebut, belah menjadi tiga bagian yaitu atas, tengah, dan bawah secukupnya untuk mengetahui kadar airnya. Kemudian, timbang dan catat beratnya (W_3).

- k. Kegiatan ini dilakukan sebanyak tujuh kali, menghasilkan tujuh data dua data kadar air di bawah kadar air optimum dan dua data kadar air di atas kadar udara optimal, yang menghasilkan kepadatan tanah maksimum.

7. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian nilai CBR ini dilakukan dalam 52rganic52. Pertama, variasi campuran dengan nilai CBR terbaik diuji tanpa rendaman langsung. Kemudian, pengujian dilakukan dengan rendaman yang sebelumnya direndam selama empat hari, dan variasi campuran dengan nilai CBR terbaik diuji lagi. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah membandingkan antara beban penetrasi lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Dalam penelitian ini, kadar udara ideal yang diperoleh selama pengujian pemadatan tanah digunakan untuk pencampuran benda uji CBR. Tabel 3.10 menunjukkan variasi uji nilai CBR tanah tanpa rendaman, dan Tabel 3.11 menunjukkan variasi uji nilai CBR tanah rendaman.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut :

- a. Jika sampel tanah pengujian ini masih basah, keringkan dahulu tanah tersebut dengan menjemur atau menggunakan pengering dengan suhu yang tidak boleh lebih dari 600 derajat Celcius. Pengeringan dilakukan secukupnya hingga tanah dapat dengan mudah dipecah menjadi butiran kecil.
- b. Butiran tanah yang didapat disaring dengan saringan no. 4 . Butiran tanah yang tertahan diatas saringan dibuang kecuali butiran tanah yang masih berupa gumpalan yang masih bisa dipecah lebih lanjut.
- c. Benda uji akan digunakan yaitu butiran yang lolos dari saringan; masing-masing sampel uji yang harus di kumpulkan yaitu, sekurang-kurangnya empat kilogram.
- d. Untuk benda uji pertama, campurkan air pada tanah secukupnya secara rata. Kadar air ideal didapat dari pengujian pemadatan tanah sebelumnya.

- e. Jika sampel berupa tanah lempung, akan sulit untuk menyebarkan air secara merata ke dalam gumpalan dan akan membutuhkan waktu cukup lama. Maka untuk tanah lempung perlu dilakukan sebagai berikut :
- 1) Setelah di campur rata dengan air sebelum dilakukannya pemadatan, letakkan tanah di tempat tertutup selama setidaknya dua belas jam (bisa menggunakan kantong 53rganic). Untuk menghindari kegagalan dalam pengujian, sebaiknya mempersiapkan lebih banyak sampel uji untuk tanah lempung karena proses pemadatan membutuhkan satu sampel uji dalam satu variasi campuran dengan kadar air yang ideal.
 - 2) Masing-masing bagian benda uji dicampur secara merata dalam satu variasi campuran, dengan masing-masing berat setidaknya empat kilogram. Masing-masing disimpan dalam kantong 53rganic atau tempat tertutup.
- f. Timbang silinder pemadatan yang dipakai, lalu catat beratnya (W1, dengan ketelitian berat ± 5 gram).
- g. Pasang dan pengunci pelat alas dan silinder sambungan. Silinder harus diletakkan pada dasar yang kokoh saat melakukan penumbukan. Tidak boleh diletakkan di atas lantai yang bergetar karena tenaga yang diperoleh akan berkurang. Misalnya, balok beton dengan berat minimal 91 kilogram harus disediakan jika diperlukan.
- h. Jumlah tanah lembab yang telah dipersiapkan dilapisi di dalam silinder dalam lapisan yang sama tebal tiga lapisan, kira-kira 0,50 cm di atas silinder utama. Setiap lapisan ditumbuk secara merata dengan jumlah tumbukan 56 kali per lapis.
- i. Setelah penumbukan selesai, bagian atas silinder sambungan dilepas agar permukaan tanah di atas silinder utama dapat diratakan dengan pisau. Setelah diratakan, silinder diangkat dengan pelat alasnya untuk ditimbang.
- j. Untuk uji CBR tanpa rendaman, benda uji dimasukkan ke alat pengujian CBR untuk diuji catat hasil bacaan arloji berapa beban yang dihasilkan dari pengujian CBR, dan untuk uji CBR rendaman dilakukan perndaman sampel selama empat hari. Setelah pengujian selesai Silinder dikeluarkan dari alat

uji kemudian silinder dibalik untuk mengeluarkan kertas saring yang menempel pada tanah dan besi tebal yang berfungsi sebagai alas di bagian bawah. Setelah itu, silinder dibalik dan dipasang alat pengatur di atasnya untuk meletakkan kepingan beban.

- k. Setelah itu, pasang *dial guage* pada silender sebagai alat untuk mengukur pengembangan tanah, dan hasil pergerakan jarum penunjuk *dial guage* dicatat.
- l. Setelah sampel uji dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air, diamkan hingga air meresap ke dalam benda uji. Pastikan *dial guage* 2,5 mm berada tepat di atas air dan tidak terendam. Tunggu satu jam dan catat perkembangan tanah yang terjadi dan pencatatan pengembangan ini dilakukan selama empat hari.
- m. Setelah empat hari di rendam, beban uji dikeluarkan dari wadah yang berisi air, *dial guage* yang di pasang pada silinder di lepas. Selanjutnya pengujian CBR sampel yang telah di rendam di letakan pada alat penetrasi untuk di uji. Catat nilai penetrasi yang ditunjuk pada arloji dalam rentan waktu selama 1/4 menit, 1/2 menit, 1 menit, 1 1/2 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit, 6 menit, 8 menit, dan 10 menit.
- n. Kemudian keluarkan benda uji, lalu benda uji dibelah menjadi 3 bagian untuk diambil sedikit tanah untuk menentukan kadar airnya.

Tabel 3.8 Pengujian CBR tanah tanpa rendaman campuran *fly ash*

No.	Kode	Keterangan	Jumlah tumbukan (perlapis)
1	CBR 1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)	56 kali
2	CBR 2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i>	56 kali
3	CBR 3	Tanah asli + 30% <i>fly ash</i>	56 kali
4	CBR 4	Tanah asli + 40% <i>fly ash</i>	56 kali

Sumber: Rancangan penelitian.

Tabel 3.9 Pengujian CBR tanah tanpa rendaman campuran *fly ash* + semen

No.	Kode	Keterangan	Jumlah tumbukan (perlapis)
1	CBR 1	Tanah asli + 0% (Bahan campuran)	56 kali
2	CBR 2	Tanah asli + 20% <i>fly ash</i> + 15% semen	56 kali
3	CBR 3	Tanah asli + 30% <i>fly ash</i> + 15% semen	56 kali
4	CBR 4	Tanah asli + 40% <i>fly ash</i> + 15% semen	56 kali

Sumber: Rancangan penelitian.

Tabel 3.10 Pengujian CBR tanah rendaman

No.	Kode	Keterangan	Jumlah tumbukan (perlapis)
1	CBR 1	Tanah asli	56 kali

Sumber: Rancangan penelitian.

3.5 Langkah- langkah Perhitungan RAB

Untuk menghitung anggaran biaya analisis atau perhitungan terperinci tentang jumlah bahan yang digunakan, penyewaan alat berat, dan upah tenaga kerja. Setiap pekerjaan harus dihitung volumenya agar lebih mudah. Menurut Zainal AZ (2005), ini menghasilkan jumlah total biaya bahan dan upah untuk setiap pekerjaan.

Pekerjaan ini akan menghitung biaya untuk tanah dasar jalan sepanjang lima puluh meter, dan volumenya akan dihitung dalam kubik, yaitu panjang, lebar, dan ketebalan. Total biaya yang dibutuhkan pada pekerjaan tersebut dapat dihitung dengan menggabungkan harga bahan sewa alat berat, upah, dan biaya tak terduga sebesar 10 hingga 15%. Sebagai contoh, dapat diketahui berapa banyak bahan yang digunakan berdasarkan kubikasi dan pekerjaan. Penggunaan *fly ash* dan semen adalah beberapa contoh bahan yang digunakan (Zainal AZ, 2005).

Adapun uraian pekerjaan persiapan penimbunan dan pemadatan tanah untuk jalan yaitu :

1. Pekerjaan persiapan
 - Mobilisasi dan demobilisasi
 - Pembersihan dan pematangan lahan
 - Air kerja
 - Pengukuran dan pemasangan titik tetap
 - Penerangan dan keselamatan kerja

2. Penyewaan alat berat seperti:
 - Dumptruck
 - Eksavator
 - Doser
 - Sheep foot roller
3. Untuk pekerjaan pengerukan tanahnya yaitu :
 - Pengerukan tanah dan pematatannya
 - Pencampuran *fly ash* pada tanah
 - Pencampuran *fly ash* + semen pada tanah
4. Pekerjaan administrasi yaitu:
 - Dokumentasi dan gambar
 - Pembersihan akhir

Secara umum untuk mengetahui jumlah harga uraian pekerjaan di atas dapat di hitung dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

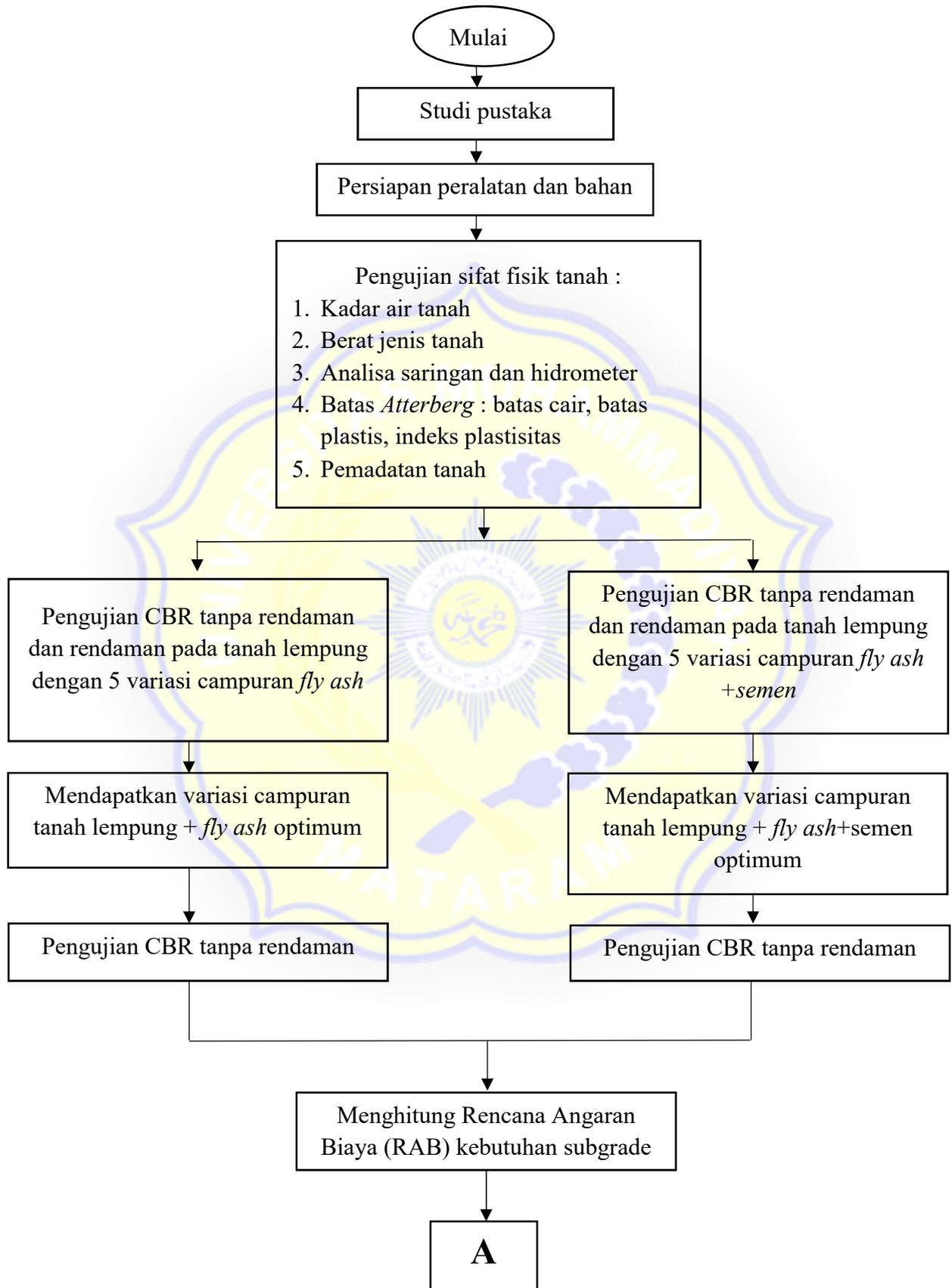
$$\text{RAB} = \sum (\text{Volume} \times \text{harga satuan})$$

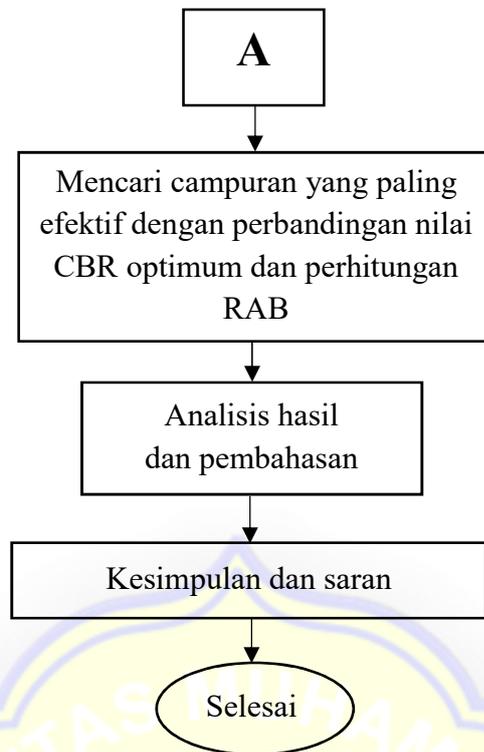
3.6 Langkah-langkah menentukan efektifitas

Dari pengujian di atas kita dapat perhatikan mana yang efektif dari beberapa pengujian diatas, dan adapun cara menentukannya dapat dilihat dari beberapa aspek yaitu:

1. Dari nilai hasil uji fisik tanah dengan variasi campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen
2. Melihat nilai dari uji CBR antara beberapa variasi penambahan *fly ash* dan *fly ash* + semen
3. Melihat dari perbandingan biaya RAB yang di hitung anatar variasi campuran *fly ash* dan *fly ash* + semen

3.7 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.18 Bagan alir penelitian

Sumber: Rancangan penelitian.

