

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND TERHADAP NILAI**

**CBR PADA AGREGAT BASE KELAS B**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada Program Studi Teknik Sipil Strata I

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram



Disusun Oleh:

**HERI USMARIANTO**

**2019D1B135**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM**

**TAHUN 2023**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND TERHADAP NILAI  
CBR PADA AGREGAT BASE KELAS B

Disusun Oleh:

HERI USMARIANTO

2019D1B135

MATARAM, OKTOBER 2023

Pembimbing I

Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT

NIDN. 0828087201

Pembimbing II

Ari Ramadhan Hidavat, ST., M.Eng.

NIDN. 0823029401

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

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

NIDN. 0806027101

**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI  
SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND TERHADAP NILAI  
CBR PADA AGREGAT BASE KELAS B**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

**HERI USMARIANTO**

**2019D1B135**

Telah di Presentasikan di Depan Tim Penguji  
Pada Hari Rabu, 18 Oktober, 2023  
dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat

**Susunan Tim Penguji**

1. Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.

2. Penguji II : Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng.

3. Penguji III : Titik Wahyuningsih, ST., MT.

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM  
FAKULTAS TEKNIK**

**Dekan,**

**Dr. H. Aji Svailendra Ubaidillah, ST., M.Sc.**

**NIDN. 0806027101**

## LEMBAR KEASLIAN KARYA TULIS

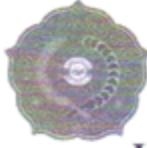
Dengan ini menyatakan:

1. Skripsi yang berjudul:  
“Pengaruh Penambahan Semen Portland Terhadap Nilai CBR Pada Agregat *Base* Kelas B” ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Sumber yang saya gunakan dalam penelitian skripsi ini telah saya cantumkan sesuai ketentuan yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Jika di kemudian hari terbukti bahwa karya tersebut bukan hasil karya tulis asli atau plagiasi dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, 11 Oktober 2023  
Yang membuat Pernyataan



**HERI USMARIANTO**  
**NIM. 2019D1B135**



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](mailto:perpustakaan@ummat.ac.id)

SURAT PERNYATAAN BEBAS  
PLAGIARISME

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

Nama : HERI USMARIATO  
NIM : 201901B135  
Tempat/Tgl Lahir : LUKOK, 12-12-1981  
Program Studi : TEKNIK S.I.C  
Fakultas : TEKNIK  
No. Hp : 082339335218  
Email : heriusmariauto@gmail.com

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

PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND  
terhadap nilai CBX pada agregat Base Kelas B

*Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 48%*

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis\* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih 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, 21 November 2023  
Penulis



Heri usmariauto  
NIM. 201901B135

Mengetahui,  
Kepala UPT/Perpustakaan UMMAT



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

\*pilih salah satu yang sesuai



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

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

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

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

Nama : Heri Usmanianto  
NIM : 2019D1B135  
Tempat/Tgl Lahir : Kulon, 12-12-1981  
Program Studi : Teknik Sipil  
Fakultas : Teknik  
No. Hp/Email : 082339335218  
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:

Pengaruh Penambahan Semen Portland Terhadap Nilai CBR Pada Agregat Basah UCLAS B

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, 2-10-2023  
Penulis

Mengetahui,  
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Heri Usmanianto  
NIM. 2019D1B135



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

## **MOTTO**

**“Akal adalah timbangan yang cermat dan hasilnya pasti dapat dipercaya”**

**(Ibnu Khaldun)**

**“Proses sama pentingnya dibandingkan hasil. Hasilnya nihil tidak apa, yang penting sebuah proses telah dicanangkan dan dilaksanakan.”**

**(Sujiwo Tejo)**

**“Kebutuhan adalah yang terkuat dari segala hal, karena ia mengatur segalanya”**

**(Aristoteles)**



## HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Untuk mama dan ayah tercinta yang telah banyak berkorban untuk membantu perjuangan menyelesaikan pendidikan ini, saya ucapkan terimakasih yang tak terhingga. Terimakasih banyak kepada seorang pahlawan sejati dan seorang wanita terkuat didunia ini atas do'a dan dukungan selama ini sehingga saya mampu bertahan dan menyelesaikan hal yang tak pernah dibayangkan akan benar-benar selesai. Juga ucapan terimakasih pula untuk adik kesayanganku yang selalu membuatku rindu. Permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila masih banyak hal yang belum bisa saya wujudkan demi kebahagiaan kalian. Tetap sehat selalu para manusia terkasih, do'aku selalu menyertai setiap langkah kalian.
2. Untuk keluarga kecilku dilombok utara yang selama ini telah senantiasa menemani, mendukung dan motivasi.
3. Untuk seluruh civitas akademik Fakultas Teknik dan pihak-pihak yang telah membantu yang tidak bisa disebutkan semuanya saya ucapkan terima kasih atas bantuannya sehingga saya bisa menyelesaikan ini semua.

## KATA PENGANTAR

ﷻ

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat diselesaikan tepat pada waktunya dengan diberi judul **“Pengaruh Penambahan Semen Portland Terhadap Nilai CBR pada Agregat Base Kelas B”**, walaupun yang sebenarnya tugas akhir ini masih jauh dari sempurna.

Skripsi ini tidak akan mampu diselesaikan tanpa adanya dukungan moral dari pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Maka dari itu penulis ingin menghanturkan ucapan dan rasa terima kasih yang besar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Abdul Wahab, M.A. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Bapak Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak Adryan Fitrayudha, ST.,MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Ibu Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT., selaku dosen pembimbing I dan Bapak Ari Ramadhan Hidayat, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan arahan, meluangkan banyak waktu dan memberikan bimbingan sampai tugas akhir ini selesai.
5. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku dosen poenguji III dalam sidang skripsi

Demikian ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya dari penyusun semoga kebaikan dari semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini dan di berikan balasan oleh Allah SWT.

Mataram, 11 Oktober 2023

Heri Usmariato  
Nim. 2019D1B135

## ABSTRAK

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk sangat pesat. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka akan meningkatkan mobilitas penduduk. Salah satu prasarana transportasi untuk mendukung hal tersebut adalah jalan yang kebutuhannya sangat tinggi. Lapisan dasar (*Sub Base Course*) merupakan salah satu bagian dari struktur perkerasan jalan raya. Konstruksi lapisan dasar umumnya terdiri dari material agregat batu pecah atau lebih dikenal dengan *Agregat Base Kelas B*. material terbesar yang digunakan sebagai pondasi bawah (*Sub Base Course*) adalah *Agregat Base Kelas B*. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperbaiki daya dukung *Agregat Base Kelas B* dengan cara stabilisasi.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram, sebagai bahan penelitian *Agregat Base Kelas B* yang berasal dari CV Gulem Putra Kayangan, Bahan stabilisasi yang digunakan yaitu semen portland, dengan variasi 2%, 4%, 6%. Lalu dilakukan pengujian kadar air agregat, berat jenis agregat, abrasi dan pengujian mekanis yaitu pengujian pemadatan dan uji *California Bearing Ratio*.

Dari pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) *Agregat Base Kelas B* terdapat persentase nilai CBR 58,76%, sedangkan nilai CBR yang di rendam (*soaked*) dan di peram selama 4 hari nilai CBR sebesar 56,76%. Nilai CBR *Agregat Base Kelas B* yang dicampurkan dengan *sement portland* mengalami peningkatan nilai CBR, berbanding lurus dengan setiap penambahan persentase *sement Portland* dengan *Agregat Base Kelas B*. Peningkatan ini diakibatkan oleh *sement Portland* sebagai stabilizer pendorong dari *Agregat Base Kelas B* yang membuat kerja *Agregat Base Kelas B* menguat signifikan seiring kadar penambahan yang dilakukan. Lamanya pemeraman yang dilakukan juga mempengaruhi besarnya peningkatan nilai CBR, dimana semakin lama pemeraman yang dilakukan maka nilai kuat daya dukung *Agregat Base Kelas B* semakin meningkat. Nilai CBR terbaik (optimum) terjadi pada variasi campuran Semen Portland 6%. Dari pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) *Agregat Base Kelas B* variasi 2% nilai CBR 65,78%, variasi 4% sebesar 69,96%, dan variasi 6% sebesar 71,94%, sedangkan pada *Agregat Base Kelas B* yang di rendam (*soaked*) selama 4 hari nilai CBR variasi 2% sebesar 71,28%, variasi 4% sebesar 71,94% dan variasi 6% sebesar 74,36%.

**Kata kunci :** *Agregat Base Kelas B*, Semen Potrland, CBR.

## ABSTRACT

The population is growing and developing extremely quickly. Population mobility will rise as the population grows. An example of a transportation infrastructure that can support this is the highly sought-after road. One component of the pavement construction of a road is the sub-base course. Aggregate Base Class B, or crushed stone aggregate material, is typically used to form the base layer. Aggregate Base Class B is the most important material utilized as a sub-base course. Enhancing the sub-base course's bearing capability is the aim of this study. This study aimed to stabilize the bearing capacity of the Class B Aggregate Base. This research was conducted in the soil mechanics laboratory of the Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Muhammadiyah Mataram University, as research material for Class B Base Aggregate from CV Gulem Putra Kayangan. The stabilization material used was Portland cement, with variations of 2%, 4%, 6%. Then, testing the aggregate moisture content, aggregate specific gravity, abrasion, and mechanical testing, namely compaction and California Bearing Ratio testing. From the CBR test without soaking (unsoaked) Class B Base Aggregate, there is a percentage of CBR value of 58.76%, while the CBR value that is soaked and matured for four days the CBR value is 56.76%. The CBR value of Class B Base Aggregate mixed with Portland cement increased the CBR value, directly proportional to each additional percentage of Portland cement with Class B Base Aggregate. This increase is due to the Portland cement as the driving stabilizer of the Class B Base Aggregate, which makes the Class B Base Aggregate work significantly stronger as the addition level is completed. The length of curing carried out also affects the magnitude of the increase in CBR value, where the longer the curing is carried out, the value of the bearing capacity of Class B Base Aggregate increases. The best (optimum) CBR value occurs at 6% Portland cement mix variation. From CBR testing without soaking (unsoaked), Class B Base Aggregate had a 2% variation CBR value of 65.78%, 4% variation of 69.96%, and 6% variation of 71.94%, while on Class B Base Aggregate soaked for four days the CBR value of 2% variation is 71.28%, 4% variation is 71.94% and 6% variation is 74.36%.

**Keywords:** Class B Base Aggregate, Portland Cement, CBR.

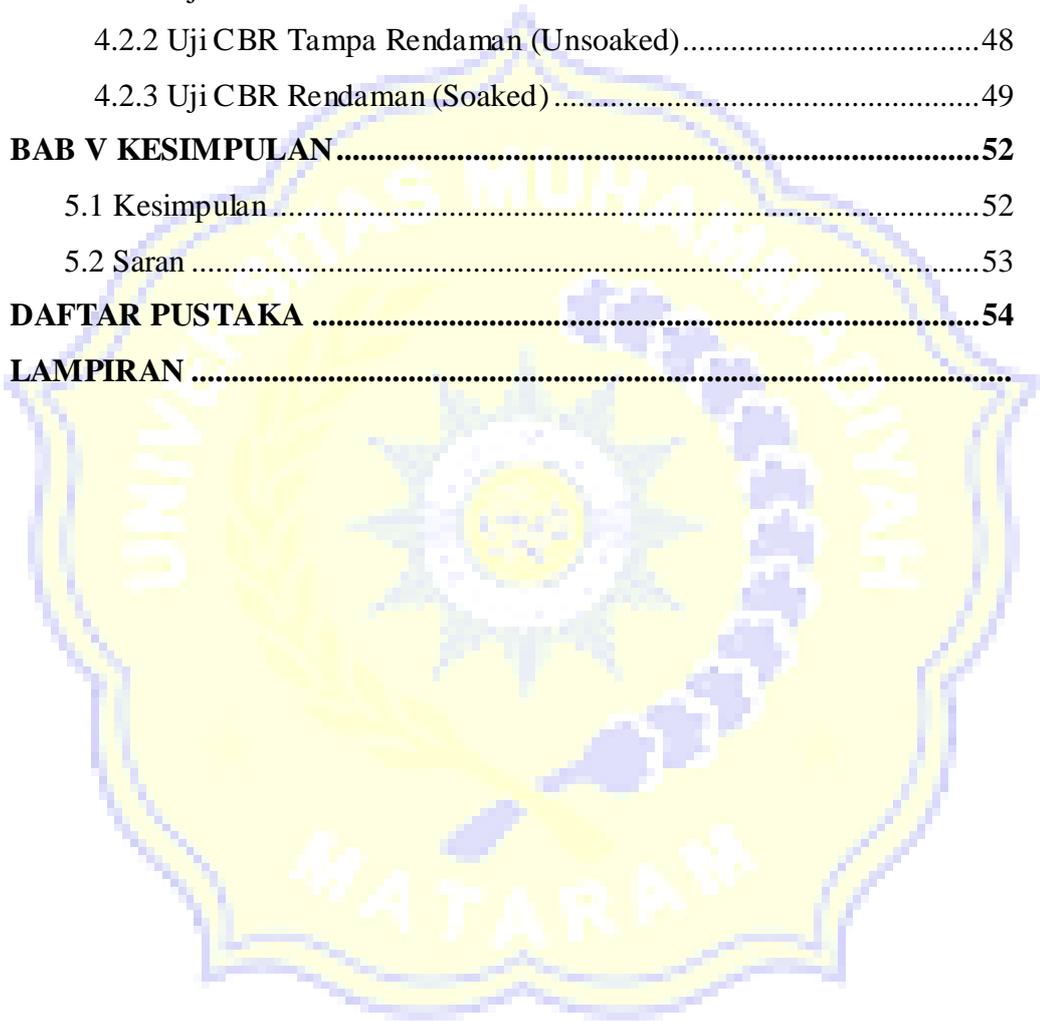


## =DAFTAR ISI

	Hal.
<b>HALAMAN SAMPUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHANPEMBIMBING SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS .....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PLAGIARISME.....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI ILMIAH.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Pengertian Tanah .....	7
2.2.2 Jenis Tanah .....	7
2.2.3 Pengertian Agregat .....	8

2.2.4 Jenis Agregat .....	9
2.2.5 Agregat Kasar .....	10
2.2.6 Bahan Perekat Agregat Kasar .....	12
2.2.7 Bahan Jadi Agregat Kasar .....	13
2.2.8 Ciri – Ciri Penting Agregat Dan Pengujiannya .....	13
2.2.9 Agregat Halus .....	14
2.2.10 Semen Portland .....	14
2.3 Klasifikasi Tanah .....	15
2.3.1 Klasifikasi USCS .....	15
2.3.2 Klasifikasi AASHTO .....	17
2.4 Sifat Fisik Tanah .....	18
2.5 Properteis Tanah .....	19
2.6 Stabilitasi Tanah .....	23
2.7 Pemadatan Standar Proktor .....	23
2.8 CBR (California Bearing Ration) .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	28
3.2 Bahan Dan Alat Penelitian .....	28
3.2.1 Agregat Base Kelas B .....	28
3.2.2 Semen <i>Portland</i> .....	29
3.2.3 Alat Alat Penelitian .....	29
3.3 Metodologi Penelitian .....	35
3.4 Pengujian Agregat Base Kelas B .....	35
3.5 Perencanaan Campuran Uji CBR Laboratorium .....	35
3.6 Analisa Data .....	37
3.7 Bagan Alir Penelitian .....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah .....	40
4.1.1 Analisa Saringan .....	40
4.1.2 Kadar Air .....	42
4.1.3 Batas cair .....	42

4.1.4 Berat Jenis .....	43
4.1.5 Abrasi .....	44
4.1.6 Klasifikasi Tanah .....	44
4.1.7 Kesesuaian Sifat Fisik Agregat Dengan Spesifikasi Bina Marga .....	44
4.2 Pengujian Sifat Mekanik .....	45
4.2.1 Uji Pemadatan Proktor Standar .....	45
4.2.2 Uji CBR Tanpa Rendaman (Unsoaked) .....	48
4.2.3 Uji CBR Rendaman (Soaked) .....	49
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	52
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gradasi Lapis Pondasi Agregat .....	12
Tabel 2.2 Sifat – Sifat Lapis Pondasi Agregat .....	12
Tabel 2.3 Komposisi Sement Portland .....	16
Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO.....	18
Tabel 2.5 Tabel Nilai Berat Jenis.....	21
Tabel 2.6 Pengelompokkan tanah berdasarkan nilai CBR .....	27
Tabel 4.1 Hasil Analisa Saringan Agregat Base Kelas B.....	40
Tabel 4.2 Sifat – Sifat Lapis Pondasi Hasil Pengujian .....	41
Tabel 4.3 Batas Cair Variasi Campuran.....	42
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus.....	43
Tabel 4.5 Hasil pengujian pemadatan Agregat Base Kelas B asli.....	45
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Proctor Standar Variasi.....	46
Tabel 4.7 Nilai CBR <i>Unsoaked</i> Variasi Semen .....	47
Tabel 4.8 Nilai CBR <i>Soaked</i> Variasi Semen.....	49
Tabel 4.9 Hasil pengembangan Agregat <i>Base</i> Kelas B Tanpa Penambahan semen .....	50
Tabel 4.10 Hasil pengembangan Agregat <i>Base</i> Kelas B + Semen 2% .....	50
Tabel 4.11 Hasil pengembangan Agregat <i>Base</i> Kelas B + semen 4%.....	51
Tabel 4.12 Hasil pengembangan Agregat <i>Base</i> Kelas B + Semen 6% .....	51

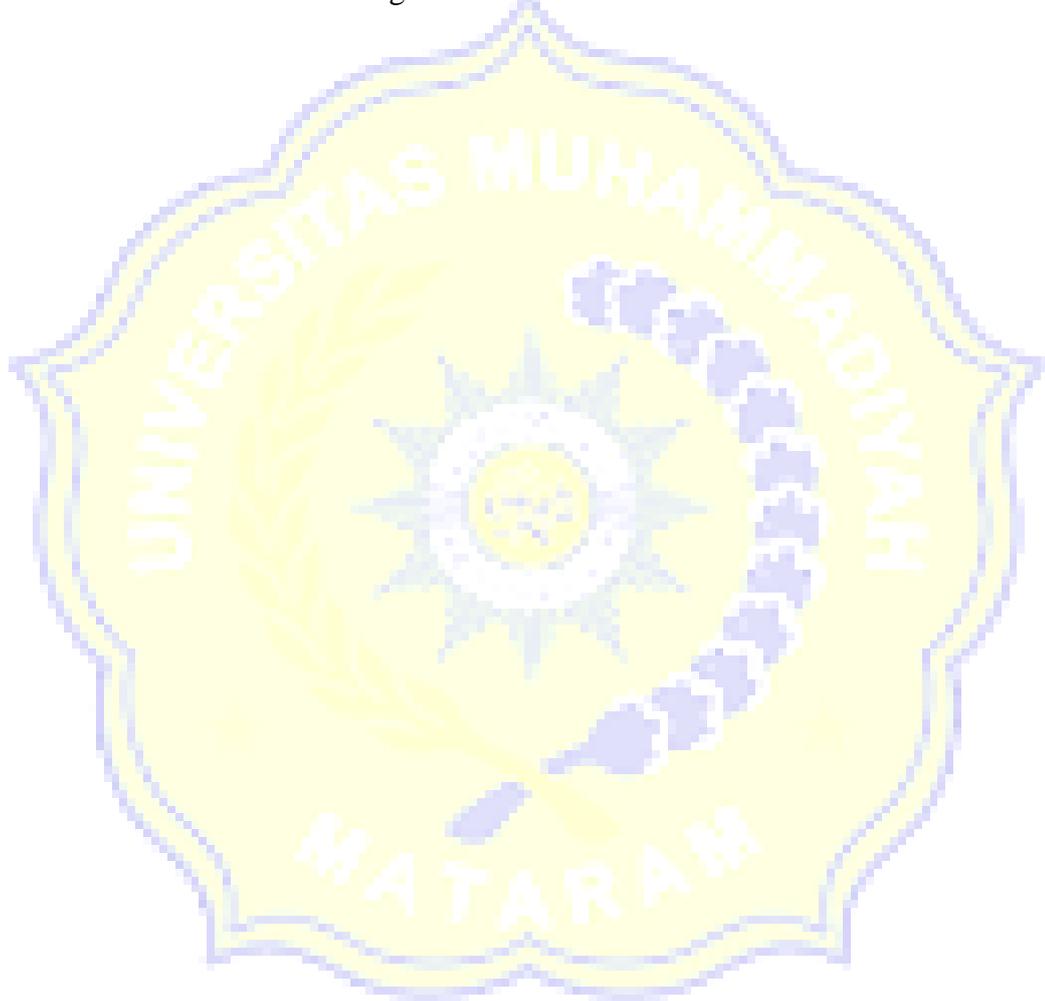
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi USCS .....	17
Gambar 2.2 Diagram Fase Tanah .....	19
Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume .....	25
Gambar 3.1 lokasi penenelitian .....	28
Gambar 3.2 Pengambilan Sampel Agregat Base Kelas B .....	29
Gambar 3.3 Pengambilan Sampel semen Portland .....	29
Gambar 3.4 Timbangan Dengan Ketelitian 0,01 .....	30
Gambar 3.5 Timbangan Dengan Ketelitian 0,1 .....	30
Gambar 3.6 Penumbuk .....	31
Gambar 3.7 Cawan .....	31
Gambar 3.8 Alat Saringan .....	31
Gambar 3.9 Alat Cetakan Uji Pematatan Standar Proctor .....	32
Gambar 3.10 Alat Cetakan CBR .....	32
Gambar 3.11 Alat Penguji Penetrasi CBR Laboratorium .....	32
Gambar 3.12 Plastik .....	33
Gambar 3.13 Dial Guage .....	33
Gambar 3.14 Pengaduk Tanah .....	33
Gambar 3.15 Jangka Sorong .....	34
Gambar 3.16 Pikonometer .....	34
Gambar 3.17 Alat Csa grande .....	34
Gambar 3.18 Oven Pengering .....	35
Gambar 3.19 Mesin Abrasi Los Angeles .....	35
Gambar 4.1 Grafik Hasil Analisa Saringan .....	41
Gambar 4.2 Grafik Batas Cair Variasi Campuran .....	42
Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara volume kering dan kadar air agregat asli .....	46

Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kadar air optimum  
dengan variasi semen .....47

Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Nilai  
CBR *Unsoaked* dengan Variasi semen.....48

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Nilai  
CBR *Soaked* dengan Variasi semen.....49



## DAFTAR NOTASI

$w$	: Kadar air tanah (%)
$G$	: Berat jenis tanah
$LL$	: Batas cair tanah (%)
$PL$	: Batas plastis tanah (%)
$PI$	: Indeks plastisitas (%)
$m^1$	: Berat tanah basah dalam cawan (gram)
$m^2$	: berat tanah kering, oven (gram)
$v^1$	: volume tanah basah dalam cawan (cm <sup>3</sup> )
$v_2$	: volume tanah kering oven (cm <sup>3</sup> )
$v$	: volume silinder (cm <sup>3</sup> )
$\gamma_w$	: berat volume air (gm/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_m$	: berat volume basah tanah (gram/cm <sup>3</sup> )
$\gamma_d$	: berat volume kering tanah (gram/cm <sup>3</sup> )

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk Indonesia sangat pesat. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka akan meningkatkan mobilitas penduduk. Salah satu prasarana transportasi untuk mendukung hal tersebut adalah jalan yang kebutuhannya sangat tinggi. Sehingga diperlukan peningkatan kualitas dan kuantitas jalan untuk memenuhi dan melayani kebutuhan masyarakat. Saat ini jalan adalah salah satu sarana transportasi yang memegang peranan penting dalam pembangunan sosial ekonomi, budaya, dan ketahanan bangsa (pertahanan). Bagaimana keamanan dan kenyamanan yang menjadi faktor utama demi keselamatan berlalu lintas. Secara umum lapisan konstruksi perkerasan terdiri atas lapisan permukaan (Surface Course), lapisan dasar atas (Base Course), lapisan dasar bawah (Sub Base Course) dan lapisan dasar (Sub Grade). Daya dukung tanah dasar dapat diperkirakan berdasarkan hasil klasifikasi atau hasil pengujian CBR, beban pelat uji, dan lain-lain.

Sub Base Course merupakan bagian dari struktur permukaan jalan. Struktur dasar biasanya terdiri dari agregat belah atau lebih dikenal dengan Agregat Base Kelas A, Agregat Base Kelas B atau Agregat Base Kelas C. Agregat kelas A merupakan yang terkecil dibandingkan Agregat kelas B dan C. Ukuran batu ini bervariasi dari 0 hingga 50 mm. Agregat dasar kelas A mempunyai ciri warna yang lebih murni dan merupakan campuran 3-5 ukuran batu belah, ayakan dan screening. Batu ini termasuk dalam kelompok batu andesit yang biasanya memiliki kandungan organik lebih rendah yaitu kurang dari 10%. Ukuran material subgrade Kelas B biasanya lebih besar dibandingkan dengan ukuran material subgrade Kelas A yaitu mencapai 70 mm. Agregat inti kelas B dicirikan oleh warna umumnya kecoklatan dan campuran batuan pecah, saringan, dan abu terbang berukuran acak. Batu ini termasuk dalam kelompok batu andesit yang kandungan organiknya biasanya sedang yaitu sekitar 20%, dan batu pondasi golongan B paling banyak dibutuhkan dalam pembangunan struktur jalan, dan ketersediaannya cukup melimpah di alam. Sedangkan Agregat *Base* Kelas C

memiliki ukuran paling besar di antara ketiga Agregat *Base*, yakni bisa mencapai ukuran 100 mm. Batu ini termasuk golongan batu andesit, dimana kandungan organik tanahnya biasanya sedang sampai tinggi, yaitu bisa lebih dari 20%. Batu ini sering digunakan untuk mengisi pondasi tidak memiliki beban, seperti perkerasan pinggir jalan raya.

Agregat merupakan bahan utama struktur permukaan jalan yang terdiri dari batu pecah, kerikil, pasir atau bahan galian lainnya baik berupa bahan alam maupun buatan. Sistem pengerasan jalan biasanya mengandung 90-95% agregat berdasarkan beratnya atau 70-75% berdasarkan volume. Dalam pelapisan digunakan bahan agregat sebagai bahan pembentuk lapisan permukaan, lapisan dasar atas, dan lapisan dasar. Bahan tersebut harus mempunyai skala tertentu untuk memenuhi persyaratan ketahanan, stabilitas dan kekuatan (Sukirman, 1999).

Peningkatan ruas jalan yang dilakukan di Kabupaten Lombok Utara material terbesar yang digunakan sebagai pondasi dasar (*Sub Base Course*) adalah Agregat *Base* Kelas B yang berasal dari CV Gulem Putra Kayangan. Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti merumuskan masalah bagaimana pengaruh penambahan *sement portland* terhadap nilai CBR pada Agregat *Base* Kelas B, dengan mengatur tingkat konsentrasi yang berbeda pada setiap bahan uji. Variasi yang digunakan untuk *sement portland* 0%, 2%, 4%, dan 6%.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalahnya adalah:

1. Bagaimanakah nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada Agregat *Base* Kelas B?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi kadar campuran semen *Portland* terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada Agregat *Base* Kelas B?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada agregat *Base* Kelas B
2. Mengetahui pengaruh variasi kadar campuran semen *Portland* terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada Agregat *Base* Kelas B

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan pada tugas akhir ini yaitu :

1. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh penambahan dan variasi campuran semen *portland* terhadap nilai CBR (*California Bearing Ratio*) pada Agregat *Base* Kelas B
2. Mengaplikasikan ilmu yang didapat selama masa perkuliahan dengan kondisi langsung di lapangan

#### 1.5 Batasan Penelitian

Dalam melakukan penelitian harus sesuai dengan tujuan dan permasalahannya, sehingga diperlukan batasan-batasan penelitian. Skripsi tugas akhir ini dilaksanakan di laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram.

Batasan Batasan penelitian

1. Agregat *Base* Kelas B yang dijadikan sampel berasal dari “Cv Gulem Putra Kayangan” Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara
2. Pengujian yang dilakukan yaitu properties tanah, uji Pemadatan *Proctor Standar*, uji CBR
3. Penambahan semen *Portland* yang digunakan sebagai bahan tambahan sebesar 2%, 4% dan 6%
4. Untuk pengujian CBR menggunakan kadar air optimum yang didapatkan dari uji Pemadatan *Proctor Standar* pada Agregat *Base* Kelas B
5. Pemeraman sampel dilakukan selama 4 hari.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Arianto (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui manfaat pemanfaatan limbah fly ash di jalan raya dan durabilitasnya akibat variasi musim. Perbedaan musiman ini dapat dimodelkan dengan 12 uji ketahanan siklus basah-kering. Berdasarkan uji sub base yang mengandung permukaan USCS A-2 -7 dengan nilai CBR sebesar 51% dan kepadatan maksimum melebihi yang disyaratkan yaitu sebagai subbase yaitu CBR sebesar 35%, dan nilai uji UCS  $q_u$  sebesar 22,702 kg./cm<sup>2</sup> melebihi persyaratan minimum 22 kg/cm<sup>2</sup>. Uji ketahanan menunjukkan sample memberikan hasil persentase kehilangan akibat siklus sebesar 6,43 % kurang dari 10% untuk A-2-7 soil type.

Menurut Andra dkk. (2020), tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh semen sebagai agregat base kelas B di laboratorium yang dikelola oleh Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sijunjung. Semen tipe I digunakan, dan penambahan semen sebanyak 2%, 4%, dan 6% dari berat kering campuran Base. Sampel Base kelas B diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sijunjung. Ini memerlukan pemeraman selama tiga hari. Temuan penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya proporsi semen pada bahan Base, maka nilai kadar air optimum juga meningkat. Selain itu, kepadatan maksimum ( $\eta_{dmax}$ ) dan CBR (perendaman dan tanpa perendaman) pada awalnya meningkat (bahkan untuk kombinasi semen Base + 2%).

Miftahul dkk (2015), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap kuat geser tanah lempung sebelum dan sesudah jenuh. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menambahkan persentase semen sebesar 5% dari berat total ke dalam tanah lempung, sehingga menghasilkan kekeringan tertinggi dan kadar air optimum terendah. Penambahan persentase sement yang lebih tinggi yaitu 5% kembali menyebabkan kadar air optimum meningkat dan kekeringan kembali menurun. Nilai CBR tanah meningkat setelah penambahan sement, dan nilai CBR yang tertanam pada tanah bercampur semen memberikan nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan dengan

nilai CBR tanpa konsolidasi. Di tanah bercampur semen yang tidak direndam, mis. segera direndam maka nilai CBR tanah yang dihasilkan tidak berkurang, melainkan meningkat. Berdasarkan uji UCS, penambahan semen dan waktu pemeraman juga meningkatkan nilai  $q_u$  tanah. Nilai  $Q_u$  campuran semen 2% pada curing 0 hari sebesar 510 kPa meningkat menjadi 613 kPa setelah curing 1 hari.

Tanjung (2016), Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana penambahan semen portland mempengaruhi nilai UCS dan CBR agregat Kelas Dasar B. Tiga sampel uji diperoleh untuk setiap penambahan semen dalam penelitian ini, kandungan semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2%, 4%, dan 6%. CBR SNI1744:2012 dan SNI 3638:2012 untuk USCS prosedur persiapan sampel uji. Kekuatan cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi semen, menurut temuan uji laboratorium CBR. Dari hasil pengujian diketahui bahwa dengan penambahan semen 2%, nilai CBR yang dicapai sebesar 84,44%, semen 6,0% hasilnya 80,02%. Begitu pula dengan penambahan semen 4% maka nilai CBR-nya sebesar 84,44%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk penelitian ini, ditetapkan nilai CBR Agregat Base Kelas B sebesar 76,98%. Begitu pula untuk CBR, nilai kuat tekan bebas pada pengujian bebas meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi semen. Rata-rata nilai kuat tekan bebas sampel umur 7 hari dengan konsentrasi semen 2% adalah 25,65 kg/cm<sup>2</sup>. Baik nilai kuat tekan bebas maupun kadar semen 6% masing-masing meningkat menjadi 31,553 kg/cm<sup>2</sup> dan 36,21 kg/cm<sup>2</sup>.

Kalawa dkk (2012), Penelitian ini bertujuan untuk menstabilkan tanah alami dengan bahan tambahan seperti semen, abu cangkang dan abu terbang. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pengujian sifat fisik tanah asli, kadar air ( $w$ ) = 41,37%; berat jenis curah kering ( $\gamma_d$ ) = 1,45 g/cm<sup>3</sup>, berat jenis ( $G_s$ ) = 2,70, LL = 46,49%, PL = 30,33%, PI = 16,16%, SL = 22,97%. Menurut AAHSTO, tanah tersebut tergolong tanah liat pada golongan A-7-5. Sedangkan hasil uji sifat mekanik tanah asli menunjukkan kadar air optimum (OMC) = 26,30%, berat isi kering ( $\gamma_{dmax}$ ) = 1,420 g/cm<sup>3</sup>, dan nilai CBR tanah asli sebesar 3,97%. . Campuran semen, abu cangkang dan abu terbang memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai CBR. Peningkatan variasi campuran sebesar 5%, 7% dan 10%

meningkatkan nilai CBR desain sebesar 6,80%, 8,00% dan 8,80%. Nilai CBR tertinggi diperoleh pada penambahan fly ash sebesar 10% yaitu 8,80%, yaitu 121,66% lebih tinggi dari nilai CBR tanah aslinya.

Ardi (2014), untuk mengetahui kesesuaian tanah galian jalan Balai Sepuak Pakan Parkit Sungai Antu sebagai bahan stabilisasi tanah semen lapisan dasar jalan dengan cara membandingkan (1) hasil pengujian tanah galian dengan persyaratan yang disebutkan pada spesifikasi, (2) biaya yang diperlukan untuk perkerasan lentur dengan menggunakan lapisan dasar stabilisasi tanah semen dengan lapisan kaku, dan (3) waktu yang diperlukan untuk melakukan perkerasan lentur dengan menggunakan lapisan dasar stabilisasi tanah semen dengan lapisan kaku. Berdasarkan hasil penelitian ini diharapkan diperoleh jenis perkerasan yang sesuai dengan kondisi lokasi ruas jalan Balai Sepuak Paka Pakit Sungai Antu atau jalan daerah lainnya, sehingga pembangunan jalan tersebut lebih efektif dan efisien. Metodologi penelitian menggunakan metodologi eksperimen komparatif, yaitu melakukan perbandingan dengan membandingkan metode pengobatan dan membandingkan efek dari metode pengobatan tersebut. Dalam hal ini dilakukan variasi kadar semen pada saat stabilisasi tanah semen untuk memperoleh kadar semen terpilih yang memenuhi persyaratan umum tahun 2010. Anggaran biaya dan waktu pelaksanaan yang diterima berdasarkan kadar semen terpilih. pekerjaan tersebut dihitung sehubungan dengan perkerasan yang biasa digunakan di Kabupaten Sekadau yaitu perkerasan kaku. Hasil pengujian menunjukkan komposisinya merupakan campuran 70% tanah dan 30% pasir, yang kemudian dicampur dengan semen 8,5% dengan kadar air 13,6% untuk menstabilkan semen tanah (soil semen stabilisasi) di tanah dasar. (Dasar). Perkerasan dengan HRS-WC (Lataston Lapis Aus) pada ruas jalan Balai Sepuak – Pakan – Pakit Sungai Antu dapat memenuhi persyaratan umum tahun 2010 ( $UCS > 20\text{kg/cm}^2$  dan  $CBR > 100\%$ ), lebih hemat biaya 50,08% . dan waktu pengerjaannya lebih cepat 78,26% dibandingkan dengan permukaan kaku, sehingga lebih efektif dan efisien serta cocok digunakan sebagai perkerasan jalan pada ruas jalan Balai Sepuak – Pakan – Pakit – sungai antu.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pengertian Tanah**

Tanah adalah agregat yang relatif lepas dari bahan mineral organik dan sedimen yang tertanam di batuan dasar. ikatan yang relatif kecil antar butir mungkin disebabkan oleh karbonat atau oksida yang mengendap di antara partikel, yang mungkin mengandung air, udara, atau keduanya. Pelapukan batuan atau proses geologi lainnya di dekat tanah membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan dasar batuan dasar terjadi melalui proses fisik maupun kimiawi (Hardiyatmo, 2002)

### **2.2.2 Jenis Tanah**

Sebagian besar jenis tanah terdiri dari campuran lebih dari satu jenis ukuran partikel. Menurut bowles (1989) dalam Fauizek dkk (2018) tanah adalah campuran partikel yang terdiri dari satu atau semua jenis. Berikut adalah jenis – jenis tanah :

a. Gambut

Agregat berserat sedang yang dikenal sebagai gambut terdiri dari bekas – bekas tanaman mikroskopis dan makroskopis. Karena warnya coklat muda dan hitam dimanfaatkan, tidak bagus untuk menopang pondasi.

b. Lempung

Tanah lempung terdiri dari partikel – partake kecil dan submikroskopik yang terbentuk sebagai hasil dari pemecahan kimia komponen batuan. Tanah lempung memiliki struktur yang fleksibel dan kandungan airnya bervariasi dari sedang hingga tinggi. Jika benar – benar kering, sulir untuk ditarik keluar dengan ujung jari karena sangat kaku dan permeabilitas tanah lempung sangat rendah.

c. Lempung organik

Tanah lempung organik adalah bentuk tanah lempung dengan daya dukung terbatas dan potensi pengembangan tinggi. Jika konsentrasi bahan organik melebihi batas maksimum yang diizinkan, proses stabilisasi kehilangan kekuatan dan stabilitasnya

d. Pasir dan kerikil

Agregat yang tidak berkohesi dan subangular disebut kerikil dan pasir. Partikel yang berdiameter kurang dari 1/8 inchi disebut pasir, sedangkan partikel berdiameter 1/98 inchi disebut kerikil.

e. Lanau organik

Tanah lanau organik berbutir halus memiliki kombinasi partikel organik berbutir lembut. Warna tanah dapat bervariasi dari abu – abu terang hingga abu – abu sangat gelap, dan juga mengandung H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> dan gas lain yang dihasilkan oleh pembusukan tanaman, yang memberikan bau khas pada tanah. Lanau organik memiliki permeabilitas yang sangat rendah dan kompresibilitas yang sangat tinggi.

f. Lanau anorganik

Lanau anorganik mengacu pada tanah dengan plastisitas minimal atau tanpa plastisitas. Sebagian besar jenis plastis hanya mengandung butiran kuarsa sedimen, kadang – kadang disebut tepung batu, sedangkan jenis yang sangat plastis mengandung partikel serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis.

g. Hardpan

Hardpan adalah jenis tanah yang tahan uji penetrasi tekanan tinggi. Karakteristiknya sebagian besar adalah partikel pengisi yang bergradasi baik, padat dan kohesif.

### 2.2.3 Pengertian Agregat

Menurut Sukirman (2007) dalam Irdas Nur Andra Dkk (2020) Nilai agregat menentukan ukuran rongga atau pori-pori yang ada pada agregat campuran. Agregat yang tersusun dari agregat yang berukuran sama bersifat berongga atau sangat berpori karena tidak mengandung agregat kecil yang dapat mengisi rongga antar butiran. Sebaliknya, jika gabungan agregat didistribusikan secara merata dari agregat kecil ke agregat besar, maka rongga yang tercipta akibat susunan agregat menjadi kecil.

Agregat merupakan suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai campuran dalam bentuk berbagai jenis butiran atau serpihan, antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat.

Agregat, atau material batuan atau butiran, adalah material butiran yang keras dan padat. Istilah agregat mencakup, namun tidak terbatas pada, batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat/batuan secara umum didefinisikan sebagai bentukan-bentukan yang keras dan padat (padat) pada kerak bumi. ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai material yang terdiri dari mineral padat yang berbentuk berat atau pecahan besar. Agregat/batu merupakan komponen utama perkerasan yang mengandung 90-95% massa total atau 75-85% volume total. Dengan cara ini dapat ditentukan daya dukung, keawetan dan kualitas permukaan jalan, serta karakteristik material agregat dan hasil pencampuran material agregat dengan material lain. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi khususnya dalam hal ini permukaan jalan. Daya dukung suatu perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat agregat yang digunakan. Pemilihan material agregat yang tepat dan sesuai sangat penting untuk keberhasilan konstruksi atau pemeliharaan jalan.

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan perkerasan jalan, seperti mutu, kebersihan, kekerasan dan daya tahan agregat, granularitas, struktur permukaan, porositas, penyerapan air, berat jenis dan daya rekat aspal.

#### **2.2.4 Jenis Agregat**

Di tinjau dari asal kejadiannya agregat/batuan dapat di bedakan atas batuan beku (*Igneous Rock*), batuan sedimen dan batuan metamorf (batuan malihan).

##### **1 Batuan Beku**

Batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan memadat. dibedakan antara batuan beku ekstrusif dan batuan beku intrusif.

##### **2 Batuan Sedimen**

Sedimen dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya merupakan lapisan – lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya.

##### **3 Batuan Metamorf**

Berasal dari batuan sedimen atau beku yang berubah bentuk akibat perubahan tekanan dan suhu pada kerak bumi.

Daya dukung suatu perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh sifat agregat yang digunakan. Memilih agregat yang tepat untuk kebutuhan Anda sangat penting untuk keberhasilan pembangunan jalan atau pemeliharaan jalan. Pada campuran aspal, agregat menyusun 90-95% massa campuran, sehingga karakteristik agregat menjadi salah satu faktor penentu kinerja campuran.

### **2.2.5 Agregat Kasar**

Agregat kasar merupakan komponen utama dalam konstruksi struktur beton. Memainkan peran penting dalam proses membantu beton. Agregat kasar terdiri dari batu pecah yang lebih besar dari 5 mm, sehingga ukuran maksimum yang diizinkan untuk konstruksi beton tertentu biasanya tidak melebihi 50 mm. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan di saringan No 4 (AASHTO, *spesifikasi American Association of Highway Transport Officials*, juga digunakan oleh Bina Marga) atau tertahan saringan 2.36 mm (BSI, *British Standards Institute*, atau lebih umum disebut BS, *British Standard*).

Agregat kasar dapat diperoleh dari sumber alam atau buatan manusia. Sumber daya alam biasanya dari kelompok granit atau batu kapur (BS812: Part 1: 1975). Batu dari kelompok ini digunakan untuk konstruksi biasa. Kepadatan relatif agregat umum ini berkisar antara 2.500 hingga 2.700 kg/m<sup>3</sup>. Barit (barium sulfat) yang diperoleh dari alam dapat digunakan dalam konstruksi beton berat. Kepadatan relatif adalah 200 - 300 kg/m<sup>3</sup>. Agregat berat digunakan untuk beton yang terpapar sinar-X, sinar gamma, atau vektor nuklir. Agregat buatan dapat diperoleh dari limbah industri. Bola besi untuk beton berat, klinker atau terak bakar untuk beton ringan. Secara umum, agregat yang lebih ringan memiliki kekuatan yang lebih rendah dan agregat yang lebih berat memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Ukuran nominal yang umum digunakan adalah 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Ukuran maksimum tergantung pada desain, seperti pengaku tugas berat, konstruksi tebal atau tipis. Untuk agregat kasar, persyaratan umum yang disyaratkan oleh AASHTO, BSI. Berikut adalah bahan pondasi olahan yang umum digunakan untuk Agregat *Base* Kelas B dengan persyaratan yang di

keluarkan oleh Bina Marga spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) adalah sebagai berikut:

**Tabel. 2.1** Gradasi Lapis Pondasi Agregat

Ukuran Ayakan		Persen Berat yang Lolos		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	Kelas S
2"	50		100	
1 <sup>1/2</sup> "	37,5	100	88 – 95	100
1"	25,0	79 - 85	70 – 85	77 – 89
3/8"	9,50	44 - 58	30 – 65	41 – 66
No. 4	4,75	29 - 44	25 – 65	26 – 54
No. 10	2,0	17 – 30	15 - 40	15 – 42
No. 20	0,425	7 – 17	8 - 20	7 – 26
N0. 200	0,075	2 - 8	2 - 8	4 - 16

Sumber: Bina Marga (2010.)

**Tabel. 2.2** Sifat – Sifat Lapis Pondasi Agregat

Sifat - Sifat	Kelas A	Kelas B	Kelas C
abrasi dari agregat kasar (sni 2417: 2008)	0 – 40%	0 – 40%	0 – 40%
butiran pecah, tertahan ayakan 3/8" (sni 7619:2012)	95/90 <sup>1)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>	55/50 <sup>2)</sup>
batas cair (sni 1967:2008)	0 – 25	0 – 35	0 - 35
indek plastisitas (sni 1966:2008)	0 – 6	0 – 10	4 - 15
hasil kali indek plastisitas dengan, % lolos ayakan no. 200	Maks. 25	-	-
gumpalan lempung dan butiran – butiran mudah pecah (sni 03 – 4141 – 1996)	0 – 5%	0 – 5%	0 – 5%
cbr rendaman (sni 1744:2012)	Min. 90%	Min. 60%	Min. 50%
perbandingan lolos ayakan no. 200 dan no. 40	Maks 2/3	Maks 2/3	-

### 2.2.6 Bahan Perekat Agregat Kasar

Sement merupakan salah satu bahan pengikat agregat kasar (batu bata). Sement (dari bahasa latin *caementum*) merupakan bahan utama yang penting dalam industri konstruksi. Ini adalah sejenis bubuk lembut yang mengeras saat dicampur dengan air. Hal ini disebabkan oleh reaksi kimia yang mengubah debu semen menjadi kristal yang saling mengunci hingga semen mengeras. Semen adalah bahan sintetis yang dibuat dengan mencampurkan tanah liat dan kerikil. Campuran dipanaskan hingga suhu 100°C untuk membentuk klinker atau batu kalsinasi dan ditumbuk halus menjadi tepung. *Portland Grade 20* digunakan di sebagian besar proyek konstruksi. sejarah semen di jelaskan sebagai berikut:

- a. Sudah dikenal sejak bangsa Mesir membangun piramidnya (menggunakan adukan batu kapur dan tanah liat yang mengeras bila dicampur air, dan bersifat hidrolis)
- b. Bangsa Yunani, bangsa Etruria dan Romawi menggunakan semen pada bangunannya, seperti Colosseum (Roma), Pont du Gard (Nimes), Pantheon (Roma). Campuran batu kapur yang terbakar dan abu vulkanik (tuff) dari wilayah Pozzuoli (sekitar Vesuvius dan Napoli) digunakan sebagai semen.
- c. Smeaton (1756) saat membangun Mercusuar Eddystone menemukan bahwa mortar terbaik adalah campuran kapur Lias Biru dan tanah liat yang dihaluskan.
- d. *Aspdin* (1824) mematenkan *sement Portland* yang didapat dengan memanaskan campuran tanah liat halus dengan batu kapur di tungku sampai seluruh karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) lenyap.
- e. *Johnson* (1845) menemukan semen yang merupakan prototipe *sement portland* saat ini, yaitu dengan cara membakar batu kapur dan tanah liat hingga menjadi lava yang mengeras (menjadi klinker), sehingga menghasilkan bahan semen yang berkualitas baik.
- f. Semen adalah bahan hidrolik yang dapat bereaksi secara kimiawi dengan air, yang disebut hidrasi. Terdiri dari kapur silikat (kapur tanah liat yang

dihancurkan) => dicampur => dibakar => dihaluskan (*sement portland*),  
kekuatan cukup dalam 14 hari dan Kekuatan maksimum 28 hari (*concrete*).

### 2.2.7 Bahan Jadi Agregat Kasar

Contoh bahan jadi agregat kasar adalah :

- a. Beton
- b. Campuran beraspal
- c. Beton aspal

### 2.2.8 Ciri – Ciri Penting Agregat Dan Pengujiannya

#### 1) Kekuatan agregat

Kekuatan agregat memiliki banyak efek pada sifat beton seperti kekuatan, perubahan volume, berat jenis, transparansi, dan reaksi kimia. Agregat biasanya lebih kuat dari beton tempat mereka dirancang. Kekuatan beton seringkali sekitar 30-50 MPa, sedangkan kekuatan agregat berkisar antara 80-350 MPa. Secara umum, batuan beku lebih kuat dari batuan sedimen dan metamorf. Tes kekuatan biasanya dilakukan pada sampel silinder.

#### 2) Transparansi (*porosity*)

Transparansi agregat mempengaruhi jumlah air yang terkandung dalam agregat. Kadar air tidak hanya mempengaruhi kekuatan beton yang paling keras, tetapi juga desain campuran. Agregat dengan transparansi tinggi biasanya memiliki kekuatan yang rendah. Kejernihan diukur dengan tingkat serapan air (*absorption*) oleh agregat. Nilai resapan adalah persentase air yang terserap oleh agregat kering sehingga agregat menjadi jenuh. Kadar air agregat bisa kering, udara kering, jenuh, dan basah. Desain campuran didasarkan pada agregat dengan kadar air jenuh. Kadar air yang dihitung dalam rencana pencampuran harus dikoreksi dengan kadar air agregat, karena agregat biasanya ada dalam keadaan kering atau basah.

#### 3) Perubahan volume

Perubahan volume akibat perubahan kadar air agregat mempengaruhi sifat penyusutan. Nilai penyusutan agregat yang lebih besar dari beton akan

menyebabkan keretakan internal pada beton. Perubahan volume berkaitan erat dengan transparansi secara keseluruhan.

4) Berat isi kering maksimum

Massa kering maksimum bahan ( $\gamma_d$ ) adalah perbandingan antara massa benda uji dengan kadar air. Mengingat agregat dapat menyerap air, maka kadar air secara alami bergantung pada daya serap agregat. Kepadatan isi kering agregat adalah antara 2,5 dan 2,8.

5) Resistensi terhadap erosi

Bagian ini penting untuk bangunan yang mengalami erosi, misalnya lantai beton pabrik atau jalan/jembatan beton. Tes Los Angeles digunakan untuk menghitung tingkat gesekan secara keseluruhan.

6) Bentuk partikel dan keadaan permukaan

Bagian ini didapat hanya dengan pemeriksaan, sangat dipengaruhi oleh basah atau mengerasnya beton. Agregat bulat dan halus memiliki kemampuan kerja yang baik, namun kekuatannya lemah dibandingkan dengan agregat bersegi dan kasar. Bentuknya biasanya mempengaruhi kepadatan dan ikatan beton.

### **2.2.9 Agregat Halus**

Agregat halus yang lolos saringan 4,75 mm sebaiknya terdiri dari partikel pasir alam atau batu pecah halus dan partikel halus lainnya. Proporsi bahan yang lolos saringan No. 200 tidak boleh melebihi dua pertiga bahan yang lolos saringan No. 40.

### **2.2.10 Semen Portland**

Semen portland tipe I adalah jenis semen yang secara umum digunakan dan tidak memerlukan persyaratan khusus seperti panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, dan kekuatan awal. Dalam pembuatan sement Portland penggilingan batu kapur dan mineral lainnya yang dicampur dan dibakar dalam alat pembakaran. Hasilnya berupa bubuk yang akan membentuk ikatan yang kuat melalui reaksi kimia ketika dicampur dengan air (Putrowijoyo, 2006).

Menurut standar SNI 15-2049-2004, sement Portland adalah jenis semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling terak sement Portland, terutama

yang mengandung kalsium silikat ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ) yang dapat mengalami hidrolisis. Bahan tersebut digiling bersamaan dengan tambahan kristal senyawa kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) dan mungkin juga adanya penambahan lainnya. Reaksi antara semen dan air terjadi secara ireversibel, yang berarti hanya dapat terjadi sekali dan tidak dapat dikembalikan ke kondisi semula. Komposisi senyawa kimia dari *sement Portland* tipe I dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini:

**Tabel 2.3** Komposisi Semen Portland

No	Oksidasi	Lambang	Kode	Persentase
1	calcium oxide	CaO	C	60-65
2	magnesium oxide	MgO	M	0-5
3	aluminium oxide	$\text{Al}_2\text{O}_3$	A	4-8
4	ferrie oxide	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	F	2-5
5	silicon oxide	$\text{SiO}_2$	S	20-24
6	sulfur oxide	$\text{SO}_3$	S	1-3

Sumber: Putrowijoyo, 2006

## 2.3 Klasifikasi Tanah

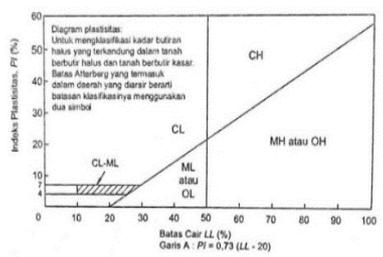
Sistem klasifikasi tanah adalah metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok dan sub kelompok sesuai dengan tujuan penggunaannya. System klasifikasi menyediakan Bahasa yang sederhana untuk menggambarkan dengan cepat karakteristik dasar tanah, yang sangat berbeda, tanpa penjelasan terlalu dalam (Das, 1995)

Dua metode yang sering digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, yaitu system klasifikasi *American Association Of State Highway and Transportation Offices* (AASHTO) dan *USCS Unified Ground Classification System* (USCS).

### 2.3.1 Klasifikasi *American Association Of State Highway And Transportation Offices* (USCS)

Menurut sistem *Unified Ground Classification System*, tanah diklasifikasikan sebagai tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika melewati kurang dari 50% saringan nomor 200, sebagai tanah berbutir halus (lempung/lanau) jika lolos lebih dari 50% saringan nomor 200. Symbol berikut digunakan dalam system klasifikasi USCS untuk kategori tanah.

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $Cu = \frac{(D_{200})^2}{D_{10} \times D_{60}} > \text{antara } 1 \text{ dan } 3$ Tidak memenuhi kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $Cu = \frac{(D_{200})^2}{D_{10} \times D_{60}} > \text{antara } 1 \text{ dan } 3$ Tidak memenuhi kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran		
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
		Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	ML		Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
			CL		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomac, lanau elastis			
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")			
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	PT	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		
		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di <i>ASTM Designation D 2488</i>			



**Gambar 2.1** Sisten Klasifikasi USCS

Sumber: Hardiyatmo, 2002

### 2.3.2 Klasifikasi American Association Of State Highway Transportation Official (AASHTO)

Sistem klasifikasi yang dikembangkan oleh *American association of highway and transportation official* (AASHTO) sangat berguna mengidentifikasi kualitas subgrade dan subgrade yang digunakan dalam konstruksi perkerasan. Tanah dibagi menjadi 8 kelas menurut system klasifikasi AASTO, antara lain A - 1 sampai A-8. Tanah masing – masing kelas dibandingkan dengan indeks kelompok yang sesuai. Tanah butiran termasuk kelas A-1 hingga A-3. Tanah granular skala A-1 tergolong baik, sedangkan A-3 atau skala pasir buruk. Meskipun saringan nomor 200 melewati kurang dari 35% tanah A-2, namun masih berlumpur dan kaya akan tanah lempung. A-4 sampai A-7 atau pasir lempung adalah beberapa klasifikasi tanah berbutir halus. Untuk group A-4 hingga A-7 dan subgroup A-2, batas antara batas cair dan indeks plastisitas dapat ditentukan dengan menggunakan perbedaan antara keduanya berdasarkan batas atterbeg.

**Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO**

Klasifikasi umum	Material granuler ( < 35% lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lanau-lempung ( < 35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6
klasifikasi kelompok	A-1.a	A-1.b		A-2.4	A-2.4	A-2.4	A-2.4			
analisis saringan (% lolos)										
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	30 maks	50	51 min	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25	10 maks	35 maks	35	35 maks	35	36 min	36 min	36 min
sifat fraksi lolos saringan no. 40										

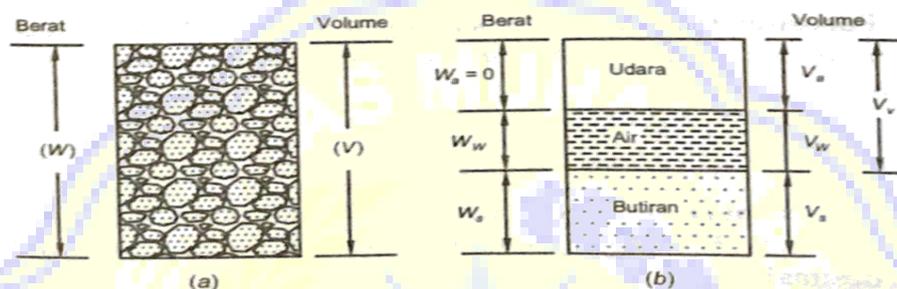
**Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO**

batas cair (ll)	-	-	40 maks	41	40 maks	41	40 maks	41	40 maks	41 maks
indeks plastis (pl)	6 maks	np	10 maks	10	11 maks	11	10 maks	10	11 maks	11 maks
indeks kelompok (g)	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks		
tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu, pasir kerikil dan pasir halus		kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				tanah berlanau		tanah berlempung	
penilaian umum sebagai tanah	sangat baik sampai baik						sedang sampai buruk			

Suber: Hardiyatmo, 2002

## 2.4 Sifat Fisik Tanah

sifat fisik tanah ada dua atau tiga bagian, tanah kering mempunyai dua bagian yaitu butiran tanah dan pori-pori udara. Selain itu, tanah jenuh mempunyai dua komponen yaitu bagian butiran padat dan air pori, sedangkan tanah tidak jenuh mempunyai tiga komponen yaitu bagian butiran padat, pori-pori udara dan air pori. Berdasarkan dua atau tiga bagian diagram fasa tersebut, volume total dan berat tanah berada pada (a), sedangkan perbandingan berat terhadap volume berada pada (b), dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



**Gambar 2.2** Diagram Fase Tanah

*sumber: Hardiyatmo, 2017*

Pada Gambar 2.8 hubungan suatu elemen tanah yang terdiri dari tiga bagian dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3 berikut ini.

$$W = W_s + W_w \quad (2.1)$$

Dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (2.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (2.3)$$

dengan :

$W_s$  = Berat butiran padat

$W_w$  = Berat air

$V_s$  = Volume butiran

$V_w$  = Volume air yang terdapat di dalam pori tanah

$V_a$  = Volume udara yang terdapat di dalam pori tanah

## 2.5 Properties Tanah

Dalam Properties tanah memiliki hubungan volume yang sering digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Kadar air (W)

Suatu perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat yang didapatkan pada volume tanah yang sedang diteliti. Dapat dinyatakan dalam persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$\text{kadar air } (w) = \frac{ww}{ws} = \frac{w2-w1}{w3-w1} \times 100\%$$

dengan :

$w$  : kadar air (%)

$W1$ : berat cawan kosong (gram)

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

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

2. Berat volume basah ( $\gamma$ )

Suatu perbandingan antara berat butiran tanah yang memiliki kandungan air dan udara dengan volume total tanah. Dapat dinyatakan dalam persamaan 2.2 sebagai berikut.

$$\gamma_{wet} = \frac{w2-w1}{v} \quad (2.2)$$

dengan :

$w$  : Kadar air (%)

$W1$ : Berat cincin (gram)

$W2$ : Berat cincin + tanah (gram)

$V$ : Volume tanah = volume dalam cincin ( $\text{cm}^3$ )

3. Berat volume kering ( $\gamma_d$ )

Suatu perbandingan antara berat butiran dengan volume total tanah. Dapat dinyatakan dalam persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{wet}}{1+w} \quad (2.3)$$

dengan :

$w$  : Kadar air (%)

$W1$ : Berat cincin (gram)

$W2$ : Berat cincin + tanah (gram)

$V$  : Volume tanah = volume dalam cincin ( $\text{cm}^3$ )

#### 4. Berat jenis (Gs)

Suatu berat jenis antara berat volume butiran padat dengan berat volume air dengan kondisi temperature 4<sup>0</sup> C. dapat dinyatakan dalam persamaan 2.4 sebagai berikut.

$$G = \frac{w_2 - w_1}{(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2)} \quad (2.4)$$

dengan:

G : Berat Jenis Tanah

W1 : Berat Piknometer Kosong (Gram)

W2 : Berat Piknometer + Tanah Kering (Gram)

W3 : Berat Piknometer + Tanah + Air (Gram)

W4 : Berat Piknometer + Air (Gram)

Gs tidak mempunyai dimensi. Berat jenis seluruh tanah adalah antara 2,65 dan 2,75. Nilai Gs = 2,67 sering digunakan untuk tanah kohesif atau granular, sedangkan tanah dengan kandungan organik memiliki nilai Gs antara 2,68 dan 2,72. Setiap jenis tanah mempunyai nilai kepadatan yang tetap yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 sebagai berikut.

**Tabel 2.5 Nilai Berat Jenis Tanah**

Macam Tanah	Berat Jenis Tanah
kerikil	2,65 – 2,68
pasir	2,65 – 2,68
lanau organik	2,62 – 2,68
lempung organik	2,58 – 2,65
lempung anorganik	2,68 – 2,75
humus	1,37
gambut	1,25 – 1,80

Sumber: Hardiyatmoko (2017)

#### 5. Batas Cair

Pengujian ini adalah proses untuk menentukan kadar air di mana berada tanah pada transisi yang diperiksa menggunakan alat Casagrande. Berikut ini adalah pelaksanaan pengujian batas cair tanah yang dapat diikuti :

- a. Ambil sampel tanah sekitar  $\pm 200$  gram dan letakkan di dalam mangkuk porselen. Campurkan tanah menggunakan air destilasi sebanyak 15cc - 20cc. tekan, aduk, dan tusuk tanah dengan spatel. Jika perlu, tambahkan sedikit air sekitar 1cc - 3cc dan terus aduk hingga campuran tanah dengan air merata.
- b. Setelah campuran tanah dan air merata, ambil sebagian tanah tersebut dan letakkan ke dalam mangkuk Casagrande. Gunakan spatel untuk meratakan dan menekan tanah dengan baik, sehingga tidak ada rongga atau gelembung udara di dalam tanah. Ratakan permukaan tanah dan buatlah datar dengan ujung depan mangkuk. Kembalikan tanah yang berlebih ke dalam mangkuk porselen.
- c. Gunakan alat pembarut untuk membuat alur lurus di garis tengah mangkuk Casagrande sejajar dengan sumbu alat. Alur harus baik dan tajam, dengan ukuran yang sesuai dengan alat pembarut. Agar terhindar dari alur yang buruk atau pergeseran tanah dalam mangkuk Casagrande, gerakkan pembarut maju dan mundur beberapa kali dengan sedikit lebih dalam setiap gerakan.
- d. Putar pemutar sehingga mangkuk Casagrande terangkat dan jatuh ke alasnya dengan kecepatan 2 putaran per detik, hingga kedua bagian tanah bertemu sepanjang sekitar 12,7mm (1/2") Catat jumlah pukulan yang diperlukan untuk mencapai titik ini.
- e. Jumlah pukulan yang diperlukan seharusnya berkisar antara 30-40 pukulan. Jika lebih dari 40 pukulan, berarti tanah terlalu kering. Dalam hal ini, tanah dari mangkuk Casagrande harus diretur ke dalam mangkuk porselen. Tambahkan air sedikit demi sedikit dan aduk hingga merata seperti pada proses sebelumnya.
- f. Cuci mangkuk Casagrande dengan air dan keringkan dengan kain. Kemudian ulangi langkah-langkah dari b hingga d.
- g. Ambil sebagian tanah dari mangkuk Casagrande dengan spatel secara melintang tegak lurus terhadap alur, termasuk bagian tanah yang bertemu. Periksa kadar air tanah tersebut.
- h. Ambil sisa tanah yang masih ada di dalam mangkuk porselen dan

tambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk secara merata. Cuci dan keringkan mangkuk Casagrande.

- i. Ulangi langkah-langkah dari b, c, d, g, dan h hingga Anda memperoleh 3 atau 4 data hubungan antara kadar udara dan jumlah pukulan antara dari 15 hingga 35 pukulan, dengan selisih yang hampir sama. Percobaan ini harus dilakukan mulai dari keadaan tanah yang kurang cair hingga semakin cair.

#### 6. Batas Plastis

Pengujian ini digunakan agar mengetahui kadar air minimum yang diperlukan agar suatu kondisinya mencapai tahap plastis. Jika tanah dapat digulung menjadi bola, tidak menempel di bawah tekanan manual, dan retak saat dipelintir menjadi batang berdiameter 3 mm, dikatakan plastis. Perbedaan antara batas cair dan batas plastis tanah dikenal sebagai indeks plastisitas. Langkah-langkah penentuan indeks plastisitas dan batas plastis tanah adalah sebagai berikut:

- a. Masukkan sedikit air ke dalam cangkir porselen dengan sampel tanah. Aduk rata. Pastikan tanah memiliki kelembapan yang cukup untuk menjadi plastis, artinya dapat dengan mudah dibentuk menjadi bola dan tidak hancur.
- b. Ambil sampel tanah seberat 8 gram dengan diameter 13 mm, peras, dan bentuk menjadi bola atau ellipsoid. Agar batang dengan diameter yang konsisten terbentuk, gulung spesimen di atas pelat kaca datar dengan kekuatan yang cukup. Dengan kecepatan sekitar setengah detik per gerakan bolak-balik, operasi penggilingan dilakukan
- c. Jika setelah penggilingan batang memiliki diameter sekitar 3 mm (bandingkan dengan batang kawat pembanding) dan masih terasa licin, ambil dan potong menjadi 6 hingga 8 bagian, lalu peras hingga bulat. Jalankan penggilingan sama dengan sebelumnya. Jika hasil penggilingan menghasilkan batang dengan diameter 3 mm dan masih terasa licin, ulangi proses remas dan bentuk menjadi bola, lalu giling kembali. Ulangi proses ini hingga batang tanah tampak retak-retak dan tidak dapat digiling lagi menjadi batang yang lebih kecil, meski belum mencapai diameter 3 mm.

- d. Kumpulkan tanah yang telah retak - retak atau terputus - terputus tersebut, dan segera lakukan pemeriksaan kadar air.

## 2.6 Stabilitas Tanah

Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan karakteristik fisik tanah untuk memenuhi kebutuhan tertentu, termasuk menurunkan nilai muai, menurunkan permeabilitas, meningkatkan daya dukung tanah, dan membalikkan penurunan permukaan tanah. rencana perbaikan tanah perlu dilaksanakan dengan perencanaan dan teknik pelaksanaan yang cermat. teknik stabilisasi tanah yang melibatkan penggabungan tanah dengan bahan atau tanah lain sampai tercapai skala yang memenuhi spesifikasi teknis. Memprioritaskan keekonomian material tambahan diperlukan saat melakukan perbaikan tanah.

## 2.7 Pemadatan Standar Proktor

Tujuan dari uji pemadatan adalah untuk mengetahui hubungan antara kadar air dengan berat volumet pada saat tanah ditumbuk sampai padat. Tingkat pemadatan ditentukan berdasarkan massa kering tanah yang dipadatkan. Proctor (1933) dalam Hardiyatmoko (2017) menyatakan bahwa terdapat kadar air optimum pada berbagai jenis tanah untuk mencapai berat kering maksimum. Ketika air ditambahkan selama pemadatan, air tersebut digunakan sebagai pelumas partikel tanah. Jadi butiran-butiran tanah mudah bergerak, sehingga butiran-butiran lainnya mengeras, sehingga mendekatkan keduanya. Ketika tanah menjadi padat, terjadi beberapa perubahan, yaitu:

1. Volume udara yang terkandung pada pori – pori tanah akan menurun sehingga tanah lebih padat.
2. Daya dukung dan kekuatan geser tanah meningkat
3. Kompresibilitas tanah menurun
4. Permeabilitas tanah menurun
5. Tanah mampu menahan akan terjadinya erosi.

Hubungan berat volume kering dengan berat volume basah dan kadar air dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut.

$$\text{Berat Volume Basah } (\gamma_b) = \frac{w^2-w_1}{v} \text{ gram/cm}^3 \quad (2.5)$$

$$\text{Berat Volume Kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma_b}{1+w} \text{ gram/cm}^3 \quad (2.6)$$

dengan:

$\gamma_d$  : berat volume tanah kering

$\gamma_b$  : berat volume tanah basah

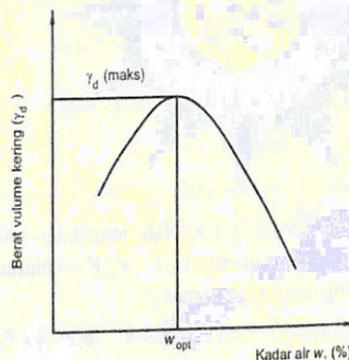
w : kadar air

W1 : Berat silinder kosong (gram)

W2 : Berat silinder isi tanah basah (gram)

V : Volume silinder (cm<sup>3</sup>)

Uji pemadatan diulangi minimal 5 kali dengan konsentrasi air berbeda. Selanjutnya, kurva dapat ditarik berdasarkan hubungan antara kadar air dan kepadatan. Pada grafik tersebut, hasilnya menunjukkan nilai kadar air ( $W_{opt}$ ) optimum untuk mencapai berat kering atau kepadatan maksimum. Kurva grafis hubungan antara kadar air dan berat jenis ditunjukkan pada Gambar 2.3 sebagai berikut.



**Gambar 2.3** Hubungan Kadar Air dan Berat Volume  
*sumber: Hardiyatmo, 2017*

## 2.8 CBR (California Bearing Ration)

California bearing ration (CBR) adalah uji daya dukung tanah yang dikembangkan oleh Departemen Jalan Raya Negara Bagian California dan kemudian digunakan dan dikembangkan oleh Korps Insinyur Angkatan Darat AS. Pengujian ini memungkinkan untuk menentukan kuat tidaknya lapisan bawah tanah di mana bangunan akan dibangun. Menurut standar SNI 03-1744-1989, beban penetrasi material CBR dibandingkan dengan material standar dengan

kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dari CBR adalah untuk memperoleh kekuatan tanah yang dipadatkan di laboratorium. Pada pengujian CBR, nilai dapat dihitung dengan penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci dengan beban masing-masing 3.000 dan 4.500 pound.

Pengujian CBR terbagi menjadi dua yaitu soaked dan unsoaked. Dalam pengujiannya, CBR dibuat dalam cetakan yang dipadatkan dengan alat pemukul. Pengujian CBR memerlukan kadar air optimum yang diperoleh dari pengujian pemadatan standar. CBR rendaman (soaked) digunakan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap kekuatan tanah, dimana sampel direndam selama satu siklus dan juga ditentukan pengaruh pengujian ketahanan terhadap nilai CBR. CBR yang tidak direndam dilakukan segera setelah pemadatan tanah.

Untuk menentukan nilai CBR menggunakan nilai angka tertinggi dari kedua rumus persamaan CBR sehingga agar mendapatkan nilai tersebut dapat menggunakan persamaan 2.7 dan 2.8 sebagai berikut.

$$CBR_{0,1"} = P1/(3000 \text{ pound}) \times 100\% \quad (2.7)$$

$$CBR_{0,2"} = P2/(4500 \text{ pound}) \times 100\% \quad (2.8)$$

Hasil pengujian ini ditampilkan pada grafik yang diperoleh dengan membaca dial dengan beban penetrasi dan tekan untuk mendapatkan nilainya. CBR membutuhkan P1 saat piston menembus hingga kedalaman 0,1 inci dan P2 saat piston menembus hingga kedalaman 0,2 inci. Hal ini harus dilakukan secara grafis, yang diperoleh dengan membaca pengukur beban penetrasi dan tekan.

**Tabel 2.6** Pengelompokkan Tanah Berdasarkan Nilai CBR

CBR (%)	Tingkatan umum	Kegunaan
0-3	Sangat rendah	<i>Subgrade</i>
3-7	Rendah sampai sedang	<i>Subgrade</i>
7-20	Sedang	<i>Subbase</i>
20-50	Baik	<i>Base or Subbase</i>
> 50	Sangat baik	<i>Base</i>

Sumber : Bowles, 1992

Keadaan dasar tanah menjadi lebih bagus jika nilai CBR (*California Bearing Ratio*) semakin naik. Jika nilai CBR asli tanah rendah, maka jalan akan lebih rentan terhadap kerusakan. Untuk meningkatkan nilai CBR, diperlukan pemadatan tanah dengan memperhatikan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.

Pengujian CBR dilakukan untuk menentukan nilai CBR pada berbagai jenis bahan seperti tanah dan agregat yang telah dipadatkan, dengan menggunakan kadar air yang sesuai yang telah ditentukan di laboratorium.

Pengujian CBR pada rendaman melibatkan proses penetrasi air ke dalam pori-pori tanah, yang menyebabkan perubahan volume tanah. Besar perubahan volume ini dinyatakan dalam bentuk perbandingan proporsi perubahan sebelum dan sesudah direndam, yang diukur dengan persen dan dihitung menggunakan persamaan 2.9 berikut:

$$\text{Pengembangan (\%)} = \frac{S}{H} \times 100\% \quad (2.9)$$

Dengan :

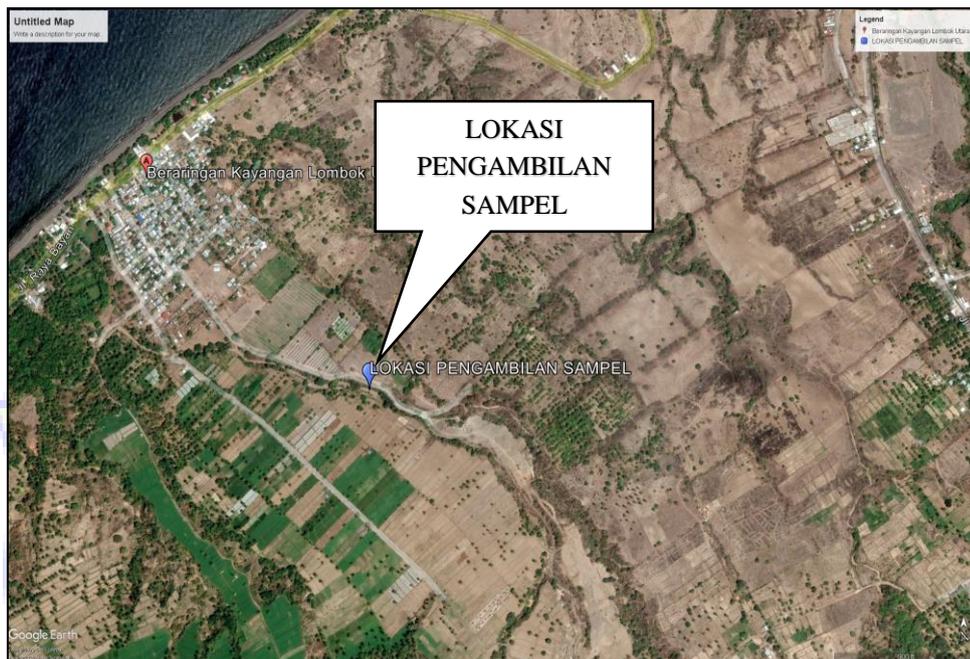
S = Pembacaan dial

H = Tinggi benda uji awal

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian di “CV Gulem Putra Kayangan”, Dusun Beraringan, Desa kayangan, Kecamatan kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1** sebagai berikut:



**Gambar: 3.1** lokasi penenelitian  
Sumber : Google Earth 2023

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.2.1 Agregat Base Kleas B

Pengambilan sampel dilakukan di CV Gulem Putra Kayangan terletak di Dusun Berarianan, Desa Kayangan, Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Alat – alat yang digunakan dalam pengambilan sampel Agregat Base Kelas B diantaranya adalah sekop dan karung.

Adapun bahan bahan penelitian yang di siapkan adalah sebagai berikut;

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang terdiri dari:

- a. 20 – 30 mm
- b. 10 – 20 mm

c. 5 – 10 mm

## 2. Agregat Halus

Agregat halus yang terdiri dari 0 – 5 mm

### 3.2.2 Semen Portland

Menurut standar SNI 15-7064-2004, semen portland komposit adalah semen hidrolis yang dibuat dengan cara menggiling terak semen portland dan gipsum dengan satu atau lebih bahan anorganik atau dengan mencampurkan bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lainnya. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur sembur, semir, senyawa silikat, batu kapur, dengan kandungan anorganik total 6-35% dari berat semen portland komposit.

Adapun dokumentasi pengambilan sampel Agregat Base Kelas B dilihat pada gambar: 3.2



**Gambar 3.2** Pengambilan Sampel Agregat Base Kelas B



**Gambar 3.3** Pengambilan Sampel semen Portland

### 3.2.3 Alat Alat Penelitian

Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram terdapat beberapa macam alat yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya:

## 1. Timbangan

Menimbang bahan dan peralatannya adalah tujuan dari timbangan, alat yang digunakan dalam eksperimen ilmiah. Di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram terdapat dua macam timbangan yaitu yang mempunyai ketelitian 0,1 dan yang mempunyai ketelitian 0,01. Meskipun timbangan dengan ketelitian 0,01 digunakan untuk menilai karakteristik fisik tanah, timbangan dengan ketelitian 0,1 sering digunakan untuk menimbang sampel dan instrumen dalam uji sifat mekanik seperti pemadatan proctor konvensional dan uji CBR laboratorium.



**Gambar 3.4** Timbangan Dengan Ketelitian 0,01



**Gambar 3.5** Timbangan Dengan Ketelitian 0,1

## 2. Penumbuk

Penumbuk digunakan sebagai alat pengujian sifat mekanis tanah diantaranya uji pemadatan standar proctor dan CBR (California bearing ration)



**Gambar 3.6** Alat Penumbuk

3. Cawan

Alat ini digunakan untuk uji kadar air serta digunakan untuk uji batas atterbarg dan sifat mekanis tanah.



**Gambar 3.7** Cawan

4. Saringan

Saringan digunakan sebagai alat untuk menyaring tanah atau material lainnya, saringan digunakan pada pengujian sifat fisik tanah dan uji mekanis



**Gambar 3.8** Alat Saringan

5. Cetakan

Uji pemadatan dan cetakan uji CBR yang digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik tanah digunakan dalam penelitian ini.



**Gambar 3.9** Alat Cetakan Uji Pematatan Standar Proctor



**Gambar 3.10** Alat Cetakan CBR

6. Alat Uji Penetrasi



**Gambar 3.11** Alat Uji Penetrasi CBR Laboratorium

7. Wadah Plastik



**Gambar 3.12** Plastik

8. Dial Gauge

Digunakan sebagai alat ukur pada pengujian sifat mekanis tanah seperti uji CBR dan perendaman tanah.



**Gambar 3.13** Dial Gauge

9. Pengaduk Tanah

Alat untuk mengambil tanah untuk uji batas Atterberg dan untuk menggabungkan unsur-unsur untuk menguji kualitas mekanik tanah.



**Gambar 3.14** Pengaduk Tanah

10. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan sebagai alat untuk mengukur silinder pada pengujian sifat mekanis tanah.



**Gambar 3.15** Jangka Sorong

11. Piknometer

Alat yang digunakan pada pengujian berat jenis tanah



**Gambar 3.16** Piknometer

12. Alat Cassagrande

Alat yang digunakan untuk pengujian batas cair tanah



**Gambar 3.17** Cassagrande

13. Oven Pengering

Digunakan untuk mengukur kadar air setelah batas atterbeg dan kualitas mekanik tanah telah diuji.



**Gambar 3.18** Oven Pengering

14. Mesin Abrasi Los Angeles

Dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, prosedur pengujian ini menjadi

acuan untuk memastikan ketahanan aus agregat kasar. Tujuannya adalah untuk menghitung tingkat keausan, yang dinyatakan sebagai persentase berdasarkan massa bahan yang aus dibandingkan dengan massa awalnya.



**Gambar 3.19** Mesin Abrasi Los Angeles

### **3.3 Metodologi Penelitian**

Metode penelitian dirancang untuk memudahkan penelitian secara lebih efisien dan efektif. Langkah pertama yang dilakukan adalah pemeriksaan agregat *Base* kelas B di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram. Semua pengujian mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) dan ASTM (American Society for Testing Materials). *Base* kelas B digunakan sebagai agregat dalam penelitian ini

### **3.4 Pengujian Agregat Base kelas B**

Pengujian yang dilakukan adalah uji sifat fisik dan uji sifat mekanik. Uji sifat fisis meliputi analisis berat jenis, uji kadar air, uji gesekan dan ayakan, sedangkan uji sifat mekanik meliputi uji pemadatan dan uji CBR baik perendaman maupun tanpa perendaman selama 4 hari.

### **3.5 Perencanaan Campuran Uji CBR Laboratorium**

Tahap selanjutnya adalah mengembangkan dan membuat sampel yang akan digunakan untuk penelitian dengan menggunakan teknik CBR laboratorium setelah semua pengujian memenuhi persyaratan. Pedoman pengujian CBR pada benda uji mengikuti pedoman yang diberikan pada SNI 1774:2012.

Benda uji harus dipersiapkan menurut cara : pengujian pemadatan ringan untuk tanah/material atau pengujian pemadatan berat untuk tanah/materil adalah sebagai berikut:

- a) Contoh tanah dengan berat minimal 30 kg untuk bahan *Base B* dan bahan tambahan semen portland, dengan variasi 2%, 4% dan 6%, sebanyak 3 bahan uji dengan masing-masing penambahan
- b) Kemudian campurkan bahan-bahan tersebut dengan air hingga kadar airnya optimum.
- c) Letakkan cetakan pada pelat dasar dan timbang. Tempatkan pelat pemisah (pelat tengah) pada pelat dasar dan kertas saring di atasnya.
- d) Pemadatan masing-masing bahan dalam cetakan dengan jumlah pukulan 56, 56 dan 56 dengan jumlah lapisan dan berat pukulan sesuai dengan cara uji pemadatan tanah ringan atau uji pemadatan tanah berat. Jika benda uji terendam, periksa kadar airnya sebelum dipadatkan. Jika benda tidak basah, periksa kadar air setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan.
- e) Buka bagian leher sambungan dan ratakan dengan alat penghalus, lubang-lubang dibentuk pada tempat tersebut dengan bahan yang lebih halus dari butiran kasar yang lepas. Lepaskan pelat perantara, balikkan dan letakkan cetakan berisi sampel pada pelat dasar dan timbang.
- f) Untuk memeriksa CBR langsung, benda uji ini telah siap untuk diperiksa. Bila dikehendaki CBR yang direndam (*soaked CBR*) harus dilakukan langkah – langkah sebagai berikut :
  - 1 Pasang pelat pengembangan pada permukaan benda uji, kemudian pasang pelat pemberat yang diperlukan dengan berat minimal 4,5 kg atau lb, atau sesuai dengan kondisi pembebanan permukaan jalan.
  - 2 Masukkan cetakan dan pemberat ke dalam air agar air dapat melewati bagian atas dan bawah. Pasang tripod dengan jam pengukur kemajuan. Catat pembacaan pertama dan diamkan benda uji selama 4 x 24 jam. Ketinggian air harus tetap konstan selama perendaman (kira-kira 2,5 cm di atas permukaan benda uji). Tanah yang berbutir halus atau kasar, yang dapat mengalirkan air lebih cepat, dapat direndam dalam waktu yang lebih

singkat hingga jamnya tidak berubah. Di akhir perendaman, tandai pembacaan jam perkembangan.

- 3 Keluarkan cetakan dari wadah air dan miringkan selama 15 menit agar air mengalir dengan lancar. Pastikan permukaan benda uji tidak terganggu saat air dikeluarkan.
- 4 Keluarkan benda dari cetakan kemudian timbang cetakan beserta isinya. Benda uji CBR yang direndam siap diuji.

### **3.6 Analisa Data**

Setelah menyelesaikan serangkaian penelitian dan memperoleh data, langkah selanjutnya adalah:

- a. Analisa hasil pengujian material Base B sebelum dan sesudah pencampuran dengan semen untuk mengetahui kesesuaian dengan ketentuan Departemen Pekerjaan Umum 2010.
- b. Analisis pengaruh nilai CBR sebelum dan sesudah penambahan semen portland.

### 3.7 Bagan Alir Penelitian

