

**PENGARUH FLUKTUASI GRADASI TERHADAP DAYA DUKUNG
AGREGAT KELAS A**

(Skripsi)

Oleh:

MUHAMMAD ADE RAMADHAN

NPM 1715011004



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

PENGARUH FLUKTUASI GRADASI TERHADAP DAYA DUKUNG AGREGAT KELAS A

Oleh

MUHAMMAD ADE RAMADHAN

Penelitian ini mendeskripsikan Lapis Pondasi Agregat mempunyai peranan yang sangat penting pada perkerasan jalan. Material agregat yang akan digunakan dipilih sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang pekerjaan gradasi agregat kelas A. Lapis Pondasi Agregat Kelas A yang mempunyai persyaratan spesifikasi yang harus dipenuhi sebelum pemadatan di lapangan, sebelum dilakukan pemadatan di lapangan material harus diuji Laboratorium untuk memenuhi persyaratan Lapis Pondasi Agregat Kelas A tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk melihat perbandingan nilai daya dukung lapis pondasi agregat kelas A terbesar dari variasi gradasi agregat batas bawah dan batas atas terhadap gradasi agregat batas tengah dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR design untuk gradasi Batas Bawah sebesar 94,6%, kadar air optimum sebesar 3,5%, nilai CBR design gradasi Batas Tengah 114,5%, kadar air optimum 4,0%, nilai CBR design Batas Atas 104,8%, kadar air optimum 4,5% Lapis Pondasi Agregat Kelas A dengan gradasi Batas Tengah didapat nilai CBR lebih besar dibandingkan gradasi Batas Bawah dan Batas Atas.

Kata kunci : *Gradasi, California Bearing Ratio (CBR), Agregat Kelas A*

ABSTRACT

THE EFFECT OF GRADATION FLUCTUATION ON THE CARRYING CAPACITY OF CLASS A AGGREGATES

By

MUHAMMAD ADE RAMADHAN

This study describes the Aggregate Base Layer as having a very important role in road pavement. The aggregate material to be used is selected in accordance with the requirements of the 2018 General Highways Specifications regarding class A aggregate grading work. Aggregate Base Layers Class A which has specification requirements that must be met before compaction in the field, prior to compaction in the field the material must be laboratory tested to meet the requirements of the Class A Aggregate Base layers. This study aims to look at the comparison of the bearing capacity of the largest class A aggregate foundation layer from the variation of the lower limit and upper limit aggregate gradations to the middle limit aggregate gradation using the California Bearing Ratio (CBR) method. The results showed that the CBR design value for the Lower Limit gradation was 94.6%, the optimum water content was 3.5%, the CBR design gradation Middle Limit value was 114.5%, the optimum water content was 4.0%, the CBR design value was the Upper Limit 104.8%, optimum moisture content of 4.5% Aggregate Base Layer Class A with the Middle Limit gradation obtained CBR value is greater than the Lower Limit and Upper Limit gradations.

Keywords: *Gradation, California Bearing Ratio (CBR), Class A Aggregate*

**PENGARUH FLUKTUASI GRADASI TERHADAP DAYA DUKUNG
AGREGAT KELAS A**

Oleh
MUHAMMAD ADE RAMADHAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : **PENGARUH FLUKTUASI GRADASI
TERHADAP DAYA DUKUNG AGREGAT
KELAS A**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Ade Ramadhan**

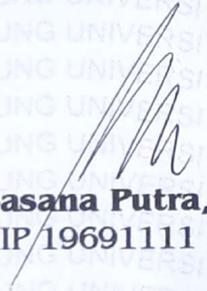
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715011004

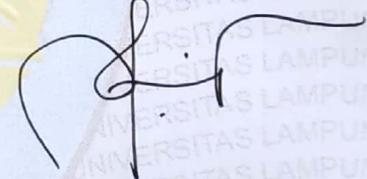
Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

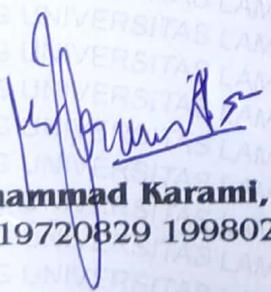
1. Komisi Pembimbing

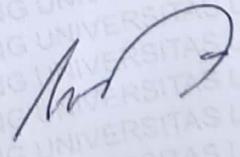

Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002


Ir. Dwi Herianto, S.T., M.T.
NIP 19610102 198803 1 000

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil


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


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Sasana Putra, S.T., M.T.

Sekretaris : Ir. Dwi Herianto, S.T., M.T.

**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIR 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Maret 2023

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ade Ramadhan

NPM : 1715011004

Prodi/Jurusan : SI/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : Pengaruh Fluktuasi Gradasi Terhadap Daya Dukung Agregat

Kelas A

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah ditetapkan. Ide penelitian didapat dari pembimbing I, oleh karena itu baik atas data penelitian berada pada saya dan pembimbing I, Bapak Sasana Putra, S.T., M.T.

Apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Maret 2023



Muhammad Ade Ramadhan
NPM 1715011004

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Muhammad Ade Ramadhan. Penulis dilahirkan di Kota Bengkulu pada tanggal 14 Januari 1999, sebagai anak pertama dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Arip Rahman Paksi dan Ibu Devina Emilia dan memiliki tiga orang adik yaitu Annisa Aprilia Rahman Paksi, Muhammad Surya Rahman Paksi, dan Sabrina Hutari Rahman Paksi.

Penulis memulai jenjang pendidikan dari Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK ISLAM HABIBILLAH, Sekolah Dasar di SD Negeri 19 Kota Bengkulu yang diselesaikan pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Kota Bengkulu yang diselesaikan pada tahun 2014, dan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu yang diselesaikan pada tahun 2017. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dan pernah menjadi anggota Departemen Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung periode 2018/2019. Kemudian pada periode 2019/2020 penulis menjadi anggota Departemen Kerohanian dan Keolahragaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung. Penulis juga pernah berpartisipasi dalam acara *Civil Brings Revolution* pada tahun 2019 sebagai anggota kegiatan lomba kuat beton dan tahun 2020 sebagai anggota keamanan.

Dalam pengaplikasian ilmu di bidang teknik sipil penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di gedung parker Kejaksaan Tinggi Negeri Lampung 12 Mei 2021.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Rawa Makmur, Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu selama 40 hari dalam periode II pada tahun 2021.

Selanjutnya, penulis mengambil tugas akhir untuk skripsi pada tahun 2021, dengan judul "Pengaruh Fluktuasi Gradasi Terhadap Daya Dukung Agregat Kelas A".

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)”

(QS. Al Insyirah 6-7)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi akdirku, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak pernah melewatkanmu”

(Umar bin Khattab)

“Jika kamu ingin hidup yang sulit kamu harus membuat pilihan yang mudah, dan jika kamu ingin hidup yang mudah kamu harus membuat pilihan yang sulit”

(Muhammad Ade Ramadhan)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahil'alamin, Puji sukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan berkahnya kesetiap langkah perjalanan hidupku. Shalawat sertasalam

tak lupa saya haturkan kepada nabi tercinta

Nabi Muhammad SAW

Dan

Saya persembahkan karya tulis ini kepada:

Ayah dan Ibu Tercinta

Terima kasih atas dukungan, kasih sayang serta doa yang tidak pernah putus untuk Ade, sehingga Ade dapat menyelesaikan skripsi ini.

Adik-adikku Tersayang

Terima Kasih kepada Annisa, Surya dan Sabrina yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.

Bapak dan ibu Dosen

Terima kasih atas ilmu yang telah bapak dan ibu berikan, semoga jasa Bapak dan Ibu dapat membawa keberkahan

Teknik Sipil Angkatan 2017 Universitas Lampung

Terima kasih atas dukungan teman-teman himapir 2017, semoga kita semua menjadi orang yang sukses aamiinn.

SANWACANA

Puji syukur Penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Fluktuasi Gradasi Terhadap Daya Dukung Agregat Kelas A” dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW beserta para sahabat-sahabatnya.
2. Kedua orang tua, Alm. Ayah dan Alm. Ibu tercinta, Arip Rahman Paksi dan Devina Emilia. Terima kasih atas segala doa, cinta dan kasih sayang, dukungan dan semangat serta perhatian dan kepercayaan yang selalu diberikan yang tidak akan mampu penulis balas segala jasa dan kebaikannya sampai kapanpun. semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, pengampunan dosa, dilapangkan kuburnya dan keberkahan sebagai balasan atas segala jasa dan kebaikan ayah dan ibu tercinta.
3. Adik-adikku tersayang, Annisa, Surya dan Sabrina yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
4. Kepada NPM A1L017016 terima kasih telah menjadi sosok rumah yang selama ini saya cari. Telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan baik tenaga, pikiran, materi maupun moril dan senantiasa sabar menghadapi saya. Terima kasih sudah menjadi bagian perjalanan saya hingga sekarang ini. Semoga kedepannya dapat

memperbaiki apa-apa yang kemarin dirasa kurang dan ditambahkan apa-apa yang dirasa diperlukan.

5. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
6. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
7. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil.
8. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama penulis. Terima kasih atas ilmu, masukan, ide serta saran yang sangat membangun terutama dalam proses menyelesaikan skripsi ini, terima kasih juga atas kebaikan serta segala pengertian dan kesabaran selama proses penyusuntulisan ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan.
9. Bapak Ir. Dwi Herianto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua penulis. Terima kasih sudah bersedia membimbing, mengarahkan dan memberikan ide dalam penyusunan skripsi.
10. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang selalu mampu memberikan pengetahuan baru, masukan, serta kritik yang sangat bermanfaat baik dalam proses perkuliahan maupun dalam proses penyusunan skripsi ini. Semoga segala kebaikan bapak akan selalu membawa keberkahan.
11. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua ilmu pengetahuan dan didikannya selama masa perkuliahan. serta seluruh staff akademisi mbak suci, mbak ida, dan mbak putri yang telah banyak membantu penulis.
12. Rekan-rekan tersayang yang kerap memberi dukungan sampai penulis menyelesaikan skripsi ini: Santos, Acil, Noval, Ananda yang senantiasa mendengarkan keluh kesah dan teman bermain selama kuliah.
13. Kawan -kawan angkatan 2017 yang telah sama-sama berjuang, maaf jika penulis tidak bisa menyebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 17 Maret 2023

Penulis

Muhammad Ade Ramadhan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lapis Pondasi.....	5
2.2 Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	6
2.3 Agregat	8
2.4 Gradasi Agregat	9
2.5 Abrasi	11
2.5.1 Kadar Air Agregat	12
2.5.2 Berat Jenis Agregat.....	13
2.6 Pematatan Agregat.....	15
2.7 CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
3.2 Lokasi Penelitian	19
3.3 Penyiapan Bahan Material.....	19

3.3.1 Agregat Kasar	19
3.3.2 Agregat Halus	20
3.4 Pengujian Material Bahan	20
3.5 Peralatan Penelitian	22
3.6 Prosedur Penelitian	23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Bahan Material	27
4.1.1 Analisa Saringan.....	28
4.1.2 Abrasi.....	31
4.1.3 Kadar Air	32
4.1.4 Berat Jenis.....	33
4.1 Pembuatan Benda Uji	33
4.2.1 Uji Pemadatan (<i>Modified Proctor</i>)	34
4.2.2 Uji CBR (<i>California Bearing Ratio</i>)	35

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	39

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel

1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	7
2. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	8
3. Gradasi Batas Bawah, Batas Tengah, Batas Atas	10
4. Besarnya beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan	17
5. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	24
6. Persentase Lolos Saringan Agregat Kelas A.....	28
7. Gradasi Batas Bawah	29
8. Gradasi Nilai Tengah	29
9. Gradasi Batas Atas	29
10. Nilai Dominan Berat Tertahan	30
11. Komposisi Uji Abrasi.....	31
12. Hasil Uji Abrasi	31
13. Nilai Rata-Rata Kadar Air.....	32
14. Nilai Berat Jenis	33
15. Nilai Pemadatan Agregat Kelas A	35
16. Nilai <i>California Bearing Ratio</i>	35
17. Nilai Cu dan Cv.....	37

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar

1. Lapis Pondasi Agregat	6
2. Diagram alir penelitian.....	18
3. Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung	19
4. Agregat Kasar.....	20
5. Agregat Halus.....	20
6. Grafik Persentase Lolos Saringan Agregat Kelas A	30
7. Perbandingan Nilai CBR pada Setiap Variasi.....	35
8. Grafik Nilai D10, D30, dan D60	37

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Lapis Pondasi merupakan bagian dari perkerasan jalan yang letaknya tepat di bawah lapis permukaan yang menerima sebagian besar distribusi beban akibat kendaraan ke tanah dasar, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas lebih tinggi sebagaimana diatur dalam spesifikasi umum edisi tahun 2018. Bahan Lapis Pondasi Atas Agregat Kelas A menggunakan batu gunung yang dipecah dengan alat pemecah batu (*stone crusher*). Material Lapis Pondasi Agregat kelas A harus memiliki mutu tinggi yang bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung serta bahan lainnya yang tidak diinginkan. Pemeriksaan nilai abrasi dari agregat kasar maksimal 40%. Indeks Plastisitas (PI) maksimal 6%. Serta pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) minimal 90%.

Lapisan pondasi juga harus direncanakan kuat untuk mendukung beban lalu lintas agar didapatkan lapisan pondasi yang cukup kuat, stabil serta memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan maka harus diperhatikan persyaratan bahan dan teknik pengerjaannya, yaitu: gradasi agregat dan kepadatannya. Pemadatan yang kurang dan gradasi material yang tidak memenuhi persyaratan dapat berakibat pada daya ikat (kohesi antar butiran) yang tidak memadai. Agregat dengan gradasi yang seragam akan mempunyai rongga yang banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi, sehingga kepadatannya akan kurang. Syarat untuk memenuhi spesifikasi gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A harus memiliki komposisi yang tepat antara agregat kasar dan agregat halus.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga didapatkan gradasi lapis pondasi agregat kelas A dan kemudian ditetapkan bahwa komposisi persen berat lolos yang tertinggi adalah gradasi batas atas dan yang terendah adalah gradasi batas bawah, sedangkan komposisi persen berat lolos diantara gradasi batas atas dan batas bawah adalah gradasi batas tengah. Komposisi agregat yang sering

direncanakan dalam pengujian di laboratorium masih menggunakan komposisi berdasarkan syarat Spesifikasi Umum Bina Marga, tetapi komposisi tersebut belum menggambarkan komposisi yang ideal pada masing – masing batas gradasi.

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul “Penentuan Nilai CBR dengan Variasi Gradasi Batas Bawah Terhadap Batas Tengah pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A” didapatkan hasil penelitian bahwa Lapis Pondasi Agregat Kelas A dengan gradasi Batas Tengah didapat nilai CBR lebih besar dibandingkan gradasi Batas Bawah dengan nilai CBR Gradasi Batas Bawah desain 100%, Gradasi Batas Tengah nilai CBR desain 110%. (Ahmad, 2015).

Berdasarkan penjelasan di atas maka akan diteliti nilai daya dukung lapis pondasi agregat kelas A terbesar dari variasi gradasi agregat batas bawah dan batas atas terhadap gradasi agregat batas tengah dengan metode *California Bearing Ratio* (CBR).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari gradasi batas bawah, batas tengah, dan batas atas.
2. Berapakah nilai CBR terbesar dari gradasi batas bawah, batas tengah, dan batas atas.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Penelitian ini dilakukan di laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung.
2. Penelitian ini hanya berdasarkan kajian laboratorium.

3. Material agregat yang akan digunakan dipilih sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang pekerjaan gradasi agregat kelas A.
4. Benda uji terdiri dari variasi gradasi agregat:
 - a. Sampel 1 gradasi batas bawah dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang pekerjaan gradasi agregat kelas A.
 - b. Sampel 2 gradasi batas atas dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang pekerjaan gradasi agregat kelas A.
 - c. Sampel 3 gradasi batas tengah dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang pekerjaan gradasi agregat kelas A.
5. Analisa saringan.
6. Pemadatan (*Compaction*).
7. Metode yang digunakan adalah metode *California Bearing Ratio* (CBR).
8. Perbandingan nilai CBR dari gradasi batas bawah, batas tengah, batas atas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbandingan nilai C_u (*coefisien uniformitas*) agregat kelas A yang disebabkan dari fluktuasi gradasi agregat.
2. Mengetahui pengaruh yang disebabkan dari fluktuasi gradasi terhadap tingkat kerapatan gradasi agregat terhadap nilai daya dukung agregat kelas A.
3. Mengetahui gradasi terbaik terhadap daya dukung agregat kelas A.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat menambah wawasan tentang fluktuasi agregat pada lapis pondasi agregat kelas A.
2. Untuk memberikan pemahaman pengaruh fluktuasi agregat pada daya dukung lapis pondasi agregat kelas A.

3. Untuk memberikan pemahaman tentang nilai daya dukung tanah di setiap variasi agregat pada lapis pondasi agregat kelas A.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini menggunakan sistematika penulisan yaitu sebagai berikut:

I. Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus-rumus berdasarkan jurnal penelitian sebelumnya yang digunakan untuk menunjang penelitian dan diperoleh dari berbagai sumber.

III. Metodologi Penelitian

Bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

IV. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

V. Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan berisi kesimpulan dan saran yang diambil dari penelitian ini.

Pada akhir penulisan skripsi ini akan dilampirkan daftar pustaka sebagai referensi penunjang yang digunakan dan lampiran yang berisikan data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lapis Pondasi

Lapis pondasi merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan. Maka pengetahuan tentang sifat. Pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia, 2003). Berikut adalah jenis-jenis kelas lapisan pondasi:

1. Pondasi Agregat Kelas A

Lapis pondasi adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung di bawah lapis permukaan. Lapis pondasi dibangun di atas lapis pondasi bawah atau, jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah, langsung diatas tanah dasar.

2. Pondasi Agregat Kelas B

Lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Biasanya terdiri atas lapisan dari material berbutir (granular material) yang dipadatkan, distabilisasi ataupun tidak, atau lapisan tanah yang distabilisasi.

3. Pondasi Agregat Kelas C

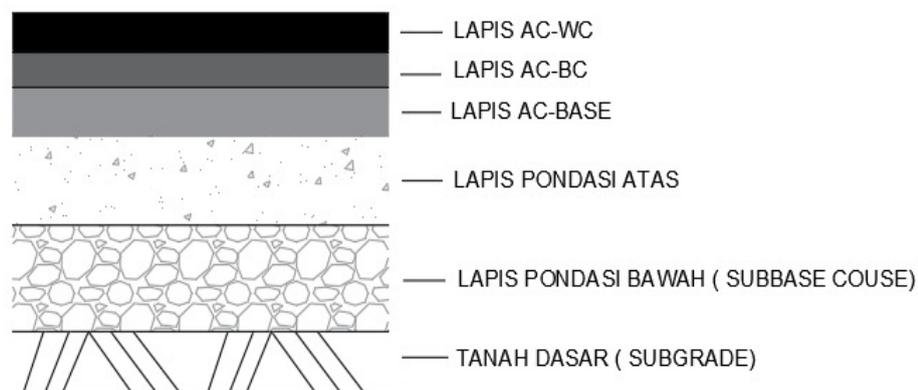
Pondasi Agregat Kelas C adalah Lapis Pondasi Jalan Tanpa Penutup Aspal Kelas yang terdiri atas kerikil pecah, batu pecah atau kerikil alam bulat yang memenuhi Spesifikasi Gradasi.

4. Pondasi Agregat Kelas S

Lapis Pondasi Agregat Kelas-S adalah lapis perkerasan yang berfungsi untuk bahu jalan dan disyaratkan harus memiliki nilai plastisitas yang berkisar antara 4% sampai 15% dan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) minimal 50%. Dalam penelitian ini akan diteliti pengaruh dari variasi kandungan material plastis terhadap nilai CBR Lapis Pondasi Agregat Kelas-S.

2.2 Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Lapis pondasi agregat merupakan bagian perkerasan lentur jalan raya yang terletak antara lapis permukaan dan tanah dasar. Lapis Pondasi Agregat kelas A umumnya disebut juga Lapis Pondasi Atas (*Base Course*). Lapisan perkerasan ini berada diantara lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) dan lapis permukaan (*Surface Course*). (Koagouw, 2016).



Gambar 1. Lapis Pondasi Agregat

Fungsi lapisan pondasi atas ini adalah:

1. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyalurkan beban ke lapisan dibawahnya.
2. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
3. Bantalan terhadap lapis permukaan.

Sebagai lapisan perantara, maka syarat-syarat untuk bahan perkerasan ini adalah:

1. Kualitas bahan harus baik.
2. Mengenai bentuk butir, gradasi butiran-butiran harus merupakan susunan yang rapat.
3. Kandungan filler harus cukup tetapi tidak melampaui batas maksimum/minimum.
4. Homogenitas atau sesempurna mungkin

Material yang akan digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat, umumnya menggunakan material dengan $\text{CBR} \geq 90\%$ dan Plastis Indeks ($\text{PI} \leq 6\%$) (sesuai spesifikasi Bina Marga tahun 2018). Bahan-bahan alam seperti batu pecah, kerikil pecah, stabilisasi tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas.

Pelaksanaan pekerjaan Lapis Pondasi Agregat harus dikerjakan menurut persyaratan yang dibuat oleh Direktorat Bina Marga Kementerian Umum. Adapun Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2018 sebagai berikut:

Tabel 1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos
ASTM	(mm)	Kelas A
2"	50	
1 ½"	37,5	100
1"	25,0	79 – 85
3/8"	9,50	44 – 58
No. 4	4,75	29 – 44
No. 10	2,0	17 – 30
No. 40	0,425	7 – 17
No. 200	0,075	2 – 8

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Tabel 2. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Sifat – sifat	Kelas A
Abrasi dan Agregat Kasar (SNI 2417 : 2008)	0 - 40%
Butiran pecah, tertahan ayakan 3/8” (SNI 7619 : 2012)	95/90
Batas Cair (SNI 1967 : 2008)	0 – 25
Indek Plastisitas (SNI 1966 : 2008)	0 – 6
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No. 200	Maks. 25%
Gumpalan Lempung dan Butiran – Butiran Mudah Pecah (SNI 03-4141-1996)	0 – 5%
CBR Rendaman (SNI 1744 : 2012)	Min. 90%
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No. 200 dan No. 40	Maks. 2/3

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

2.3 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak, tangki besi, yang dipakai bersama sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu semen hidrolis atau adonan (Dewantoro, 2019). Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah melalui proses pelapukan dan abrasi yang berlangsung lama (Lestari, 2018). Agregat dapat juga diperoleh dengan memecah batuan induk yang lebih besar (Lestari, 2015).

Agregat memberikan kontribusi sampai 99% terhadap lapis pondasi agregat, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja lapis pondasi agregat. Sifat sifat fisik/mekanik dalam lapis pondasi agregat diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan pembentuknya. Fraksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat yang saling mengunci (*interlocking*) dan kekuatannya tergantung pada ukuran butir maupun sifat fisik agregat

lainnya. Adapun sifat sifat agregat yang mempengaruhi kinerja lapis pondasi agregat adalah:

- a. Ukuran butir
- b. Gradasi
- c. Kebersihan
- d. Kekerasan
- e. Bentuk partikel
- f. Tekstur permukaan
- g. Penyerapan

Bahan lapis pondasi agregat terdiri dari fraksi agregat kasar dan agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Fraksi Agregat Kasar

Agregat kasar yang tertahan pada ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel atau pecahan batu atau kerikil yang keras dan awet. Bahan yang pecah bila berulang-ulang dibasahi dan dikeringkan tidak boleh digunakan.

2. Fraksi Agregat Halus

Agregat halus yang lolos ayakan 4,75 mm harus terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah halus dan partikel halus lainnya. Fraksi bahan yang lolos ayakan No.200 tidak boleh melampaui dua per tiga fraksi bahan yang lolos ayakan No.40.

2.4 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu (I Gusti, 2015).

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan kemudahan pengerjaan dan stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set

saringan. Gradasi agregat memiliki satuan dalam persentase tertahan ataupun persentase lolos yang dihitung dari berat agregat (Juharni, 2015). Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan.

Dalam penelitian nilai gradasi agregat ditentukan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 yang terdapat pada tabel 1.

Berdasarkan tabel 1, ditentukan bahwa komposisi persen berat lolos yang tertinggi adalah gradasi batas atas dan komposisi persen berat lolos yang terendah adalah gradasi batas bawah. Komposisi persen berat lolos yang berada di tengah-tengah gradasi batas atas dan batas bawah adalah gradasi batas tengah.

Pada penelitian dipilih tiga batas gradasi yaitu gradasi batas bawah, batas tengah, dan batas atas dari gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A.

Tabel 3. Gradasi Batas Bawah, Batas Tengah, Batas Atas

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos		
ASTM	(mm)	Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas
2"	50			
1 ½"	37,5	100	100	100
1"	25,0	79	82	85
3/8"	9,50	44	51	58
No. 4	4,75	29	37	44
No. 10	2,0	17	23	30
No. 40	0,425	7	12	17
No. 200	0,075	2	5	8

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Dalam sebuah campuran agregat dapat ditentukan koefisien keseragaman agregat berdasarkan kurva sebaran gradasi yang dilambangkan dengan C_u . C_u (*coefisien uniformitady*) adalah Koefisien keseragaman dimana menunjukkan kemiringan kurva

dan menunjukkan sifat seragam (*uniform*) agregat. Nilai C_u semakin kecil menunjukkan kurva makin curam dan butir agregat semakin seragam. Sebaliknya C_u makin besar menunjukkan kurva yang semakin landai dan semakin banyak ukuran butir-butir agregat yang artinya gradasinya semakin tidak seragam. Ukuran C_u minimal 1, yang berarti semua butiran berukuran sama. Selain koefisien keseragaman dalam sebuah campuran dapat ditentukan C_c (*curvature coefficient*) atau koefisien gradasi. Dimana ini menunjukkan baik atau tidaknya sebuah gradasi dalam suatu campuran.

Untuk mencari nilai C_u dan C_c , terlebih dahulu harus mencari nilai D_{10} , D_{30} , dan D_{60} . Definisi dari nilai tersebut adalah sebagai berikut:

- D_{10} = Diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan.
- D_{30} = Diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan.
- D_{60} = Diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan.

Setelah menentukan nilai D_{10} , D_{30} , dan D_{60} berdasarkan kurva campuran agregat maka dapat ditentukan C_u dan C_c berdasarkan rumus dibawah ini:

$$\bullet \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\bullet \quad C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} + D_{10}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Suatu agregat dianggap bergradasi baik (*well graded*) jika nilai C_c terletak pada rentang 1 (satu) sampai 3 (tiga) dan nilai C_u lebih dari 6 (enam).

2.5 Abrasi

Abrasi atau keausan agregat adalah proses pecahnya agregat dalam hal ini agregat kasar akibat proses mekanis seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan pembuatan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan, dan perubahan suhu sepanjang hari. Nilai abrasi adalah nilai yang menunjukkan daya tahan agregat kasar terhadap penghancuran

(degradasi) akibat dari beban mekanis. Nilai abrasi ditentukan dengan melakukan percobaan abrasi (*Abration Los Angeles Test*) di laboratorium dengan menggunakan alat abrasi Los Angeles. Pemeriksaan nilai abrasi dilakukan sesuai dengan SNI-03-2417-2008 atau AASHTO T 96-02. Pengujian abrasi merupakan salah satu pengujian sifat mekanis dari agregat kasar yang digunakan untuk menentukan kelayakan mutu agregat yang digunakan sebagai bahan campuran aspal beton untuk bahan perkerasan yang mendapat tekanan dan gesekan setara kontinu akibat adanya beban kendaraan yang melalui perkerasan tersebut. Oleh karena itu agregat harus memiliki daya tahan yang cukup terhadap:

1. Pemecahan (*crushing*) artinya kemampuan agregat tidak mengalami proses pemecahan ketika pencampuran atau akibat gaya pada waktu penghamparan dan pemadatan.
2. Penghancuran (*disintegration*) artinya ketahanan agregat terhadap pengikisan akibat roda roda baja saat dibuatnya jalan, cuaca dan pengausan oleh roda – roda kendaraan (lalu lintas) setelah jalan dioperasikan.

Untuk menghitung hasil pengujian, menggunakan rumus:

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

a = Benda uji semula (gram)

b = Benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70 mm) (gram)

2.5.1 Kadar Air Agregat

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian ini untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

Untuk menghitung hasil pengujian, menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

W_w = Berat air yang terkandung dalam agregat (gram)

W_s = Berat agregat dalam keadaan kering (gram)

2.5.2 Berat Jenis Agregat

Berat jenis (*specific gravity*) adalah perbandingan berat dari suatu volume bahan pada suatu temperatur terhadap berat air dengan volume yang sama pada temperatur tersebut. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat karena umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyaknya pori. Semakin besar nilai porositas agregat maka berat jenis dari agregat itu semakin kecil sehingga berat jenis maksimum campuran menjadi semakin kecil sedangkan semakin kecil nilai Porositas agregat maka berat jenis dari agregat itu semakin besar sehingga Berat jenis maksimum campuran menjadi semakin besar (Armin, 2013).

Berikut macam-macam dari berat jenis yang digunakan:

a. Berat Jenis Kering Oven (*Bulk Specific Gravity*)

Berat jenis kering oven (*Bulk specific gravity*), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat kering dan seluruh volume agregat. perhitungan berat jenis kering oven (Sd), pada temperatur air 23°C dengan rumus berikut ini:

$$(S_d) = \frac{A}{(B-C)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

Sd = Berat jenis kering oven (gram)

A = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji kondisi SSD (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*)

Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan dan seluruh volume agregat. Perhitungan berat jenis kering permukaan (SSD), pada temperatur air 23°C dengan rumus berikut ini:

$$(S_s) = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

Ss = Berat jenis kering permukaan jenuh

B = Berat benda uji kondisi SSD (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

c. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*) adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat yang tidak dapat diresapi oleh air. Perhitungan berat jenis semu (Sa) pada temperatur 23°C dengan rumus berikut:

$$(S_a) = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

Sa = Berat jenis semu

A = Berat benda uji kering oven (gram)

C = Berat benda uji dalam air (gram)

2.6 Pemadatan Agregat

Pemadatan berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah. Dengan meningkatnya daya dukung tanah deformasi dapat dihindari. Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Dengan adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Uji pemadatan atau proctor standar adalah metode laboratorium untuk menentukan kadar air optimal dimana suatu jenis agregat tertentu akan menjadi lebih padat dan mencapai kepadatan kering maksimum. Variabel pemadatan agregat yaitu energi pemadatan, jenis tanah, kadar air dan berat jenis (R.R. Proktor).

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul Penentuan Nilai CBR Dengan Variasi Gradasi Batas Bawah Terhadap Batas Tengah Pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A, didapatkan hasil penelitian bahwa Lapis Pondasi Agregat Kelas A dengan Gradasi Batas Bawah nilai kadar air optimum (ω opt) 6,5% dan nilai berat volume kering maksimum atau kepadatan kering maksimum (γ_d maks) 2,135 gr/cm³. Sedangkan untuk nilai Gradasi Batas Tengah nilai kadar air optimum (ω opt) 7,0% dan nilai berat volume kering maksimum atau kepadatan kering maksimum (γ_d maks) 2,160 gr/cm³ (Ahmad, 2015).

Selain kadar air maka faktor lain yang mempengaruhi pemadatan adalah jenis tanah dan energi pemadatan. Ada dua jenis pemadatan di Laboratorium yang bisa dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat kering maksimum.

Percobaan ini disebut “*Standard Compaction Test*” dan “*Modified Compaction Test*”.

1. Pematatan Standar (*Standard Compaction Test*).

Dalam percobaan ini tanah dipadatkan dalam suatu mold yang isinya 1/30 ft³, diameter mold 4 inch, tinggi 4,58 inch dengan menggunakan alat penumbuk seberat 5,5 pound yang dijatuhkan dengan ketinggian 12 inch. Cetakan isi dengan lapisan, dipadatkan dengan 25 pukulan dari alat penumbuk. Percobaan ini dilakukan sebanyak 3 lapisan.

2. Pematatan Modifikasi (*Modified Compaction Test*).

Cara melakukan percobaan ini tidak banyak berbeda dengan cara sebelumnya. Bedanya hanya pada penumbuk yang digunakan, berat penumbuknya 10 pound dan tinggi jatuh 18 inch. Juga disini tanah dipadatkan dalam 5 lapisan, bukan 3 lapisan seperti pada percobaan Pematatan Standar.

2.7 CBR (*California Bearing Ratio*)

Daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR pertama kali diperkenalkan oleh California Division of Highways pada tahun 1928. Orang yang banyak mempopulerkan ini adalah O. J. Porter. CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1 inch dan 0,2 inch.

Harga CBR dinyatakan dalam persen. Harga CBR merupakan ukuran daya dukung tanah yang dipadatkan dengan daya pematatan tertentu dan kadar air tertentu dibandingkan dengan beban standar pada batu pecah. Dengan demikian besaran CBR adalah prosentase atau perbandingan antara daya dukung tanah yang teliti dibandingkan dengan daya dukung batu pecah standar pada nilai penetrasi yang sama (0,1 inch dan 0,2 inch).

Alat percobaan untuk menentukan besarnya nilai CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch². Piston digerakkan dengan kecepatan 0,05 inch/menit, dan mengarah vertikal ke bawah. *Proving ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*). Beban yang diperlukan untuk melakukan penetrasi bahan standar adalah sebagai berikut:

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch} = \frac{A}{3000} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch} = \frac{B}{4500} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

A = Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1 inch

B = Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2 inch

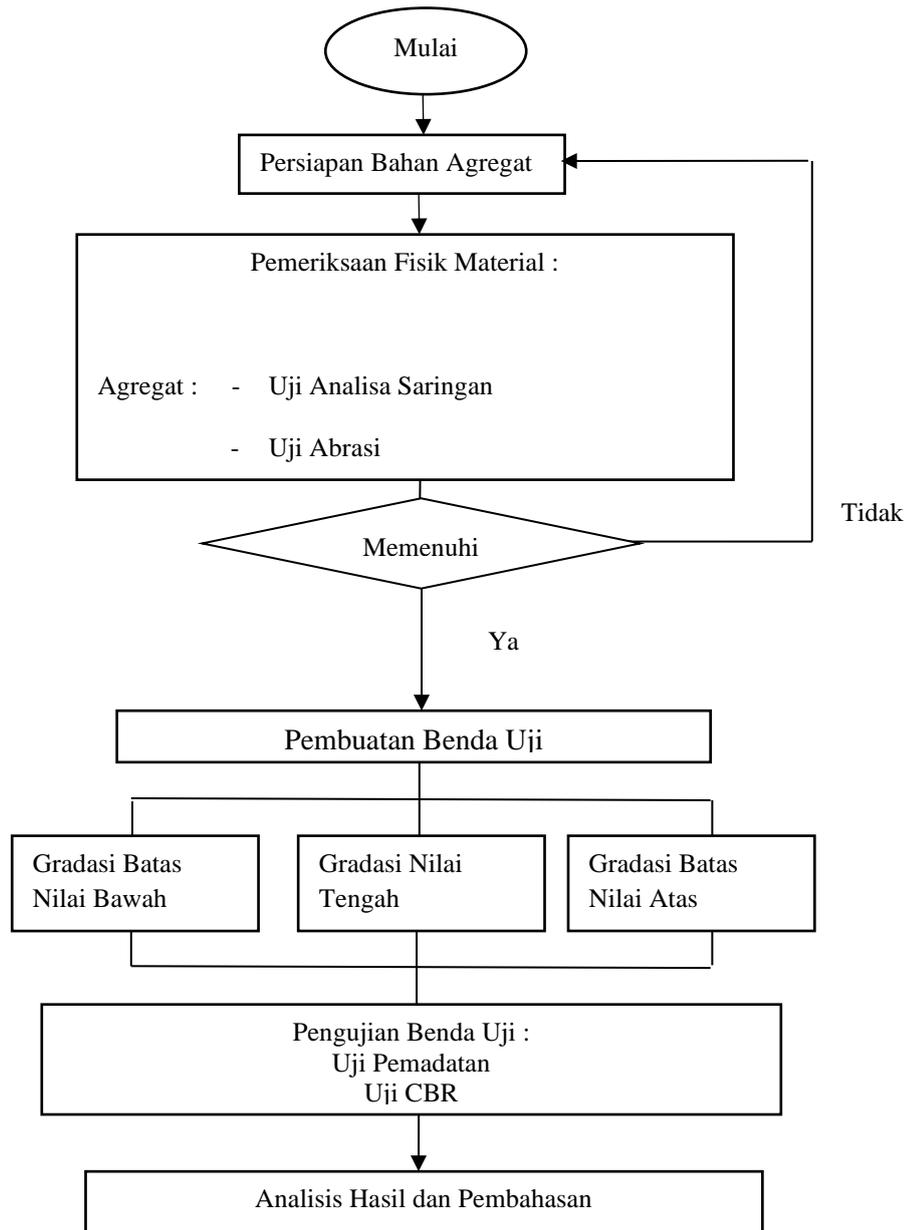
Tabel 4. Besarnya beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch²)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	2600

(Sumber : Sukirman S.Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.



Gambar 3. Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung

3.3 Penyiapan Bahan Material

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Agregat Kasar

Jenis agregat kasar yang digunakan yaitu tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) berasal dari Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.



Gambar 4. Agregat Kasar

3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).



Gambar 5. Agregat Halus

3.4 Pengujian Material Bahan

Pemeriksaan bahan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan sifat material yang akan digunakan sebagai bahan lapis pondasi agregat agar sesuai dengan standar/spesifikasi yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun

2018 tentang Lapis Pondasi Agregat.

Pengujian agregat kasar dan agregat halus diperlukan sebagai komposisi gradasi agregat untuk bahan lapis pondasi agregat yang memenuhi spesifikasi yang ada dengan melakukan pengujian analisa saringan, abrasi, kadar air, berat jenis dan penyerapan air.

Berikut pengujian yang akan dilakukan:

a. Analisa Saringan (Pengujian Gradasi)

Pengujian analisa saringan dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Acuan yang digunakan untuk analisa saringan agregat kelas A adalah Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Pada penelitian dipilih tiga batas gradasi yaitu gradasi batas bawah, batas tengah, dan batas atas dari gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A seperti pada tabel 3.

b. Abrasi

Pengujian abrasi dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus tertahan saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen. Acuan yang digunakan untuk pemeriksaan ini adalah Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 dan AASHTO T-96-74. Untuk nilai abrasi (keausan agregat) yang digunakan untuk lapis pondasi agregat kelas A adalah sebesar 0 - 40% berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018.

c. Kadar Air

Pengujian kadar air dimaksudkan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung dalam agregat yang akan digunakan untuk lapis pondasi agregat kelas A. Acuan yang digunakan pada pengujian ini adalah SNI 03-1971-1990.

d. Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai berat jenis, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air dari agregat yang akan digunakan untuk lapis pondasi agregat kelas A. Acuan yang digunakan dalam pengujian ini adalah AASHTO T-85-74 untuk agregat kasar dan AASHTO T-84-74 untuk agregat halus.

3.5 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Satu Set Alat Saringan/Ayakan (*Sieve*)

Penggunaan alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat menurut ukurannya.

b. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), alat pengering yaitu oven, timbangan berat, dan alat uji untuk berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).

c. Alat Uji Karakteristik Lapis Pondasi Agregat

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode CBR (*California Bearing Ratio*), sebagai berikut:

1. Alat Pemadatan Modified yang menggunakan penumbuk dengan berat penumbuknya 10 pound dan tinggi jatuh 18 inch. Juga disini agregat dipadatkan dalam 5 lapisan.
2. Alat tekan CBR (*California Bearing Ratio*) yang terdiri dari Piston penetrasi - Sebuah piston dari logam, berpenampang bundar (lingkaran) dengan diameter $(49,63 \pm 0,13)$ mm, luas penampang 1935 mm² (3 inci²) dan panjang tidak kurang dari 102 mm.
3. Peralatan pembebanan merupakan peralatan tekan yang mampu

memberikan peningkatan beban yang seragam pada kecepatan penetrasi piston ke dalam benda uji sebesar 1,27 mm/menit. Kapasitas peralatan tekan ini harus melebihi kapasitas kekuatan material yang diuji.

4. CBR (*California Bearing Ratio*) yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 55 kali tumbukan untuk tiap lapisan.
5. Bak perendam yang digunakan adalah sesuai untuk mempertahankan tinggi air 25 mm diatas permukaan benda uji.
6. Alat-alat penunjang yang meliputi sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, ember untuk merendam benda uji, pan, dan *stampel* yang digunakan untuk menandai benda uji.
7. Peralatan yang digunakan merupakan peralatan standar pembuatan benda uji CBR (*California Bearing Ratio*) yang akan dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai referensi teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi ini didapatkan dari buku, jurnal, artikel, dan laporan penelitian.

b. Pengambilan Bahan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan proses penyiapan bahan dan pengecekan peralatan yang akan digunakan. Persiapan bahan meliputi agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan yaitu pasir serta semua bahan yang dibutuhkan, lalu didatangkan ke Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian dan penelitian.

c. Pengujian Bahan

Pengujian terhadap sifat material pembentuk bahan lapis pondasi, agar bahan material tersebut sesuai dengan standar/spesifikasi yang disyaratkan yaitu sebagai berikut: Pengujian analisis saringan (*sieve analysis*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui gradasi agregat per saringan agar dapat digunakan kembali menjadi bahan campuran perkerasan yang baru dan dikombinasikan dengan penambahan bahan agregat baru.

1. Agregat kasar, Agregat halus, dan *filler*

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran lapis pondasi dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Pada agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis. Standar pengujian agregat ini mengacu pada peraturan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. Seperti terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat-sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas

Sifat-sifat	Kelas A
Abrasi dan Agregat Kasar (SNI 2417 : 2008)	0 - 40%
Butiran pecah, tertahan ayakan 3/8" (SNI 7619 : 2012)	95/90
Batas Cair (SNI 1967 : 2008)	0 – 25
Indek Plastisitas (SNI 1966 : 2008)	0 – 6
Hasil kali Indek Plastisitas dengan % Lolos Ayakan No. 200	Maks. 25%
Gumpalan Lempung dan Butiran – Butiran Mudah Pecah (SNI 03-4141-1996)	0 – 5%
CBR Rendaman (SNI 1744 : 2012)	Min. 90%
Perbandingan Persen Lolos Ayakan No. 200 dan No. 40	Maks. 2/3

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

d. Pembuatan Benda Uji Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Tahap-tahap pembuatan benda uji lapis pondasi agregat:

- Melakukan pengujian fisik pada material yang akan digunakan
- Setelah material memenuhi persyaratan, maka dibuatlah benda uji dengan variasi :
 1. Benda uji campuran agregat kasar dan fraksi halus bergradasi batas bawah.
 2. Benda uji campuran agregat kasar dan fraksi halus bergradasi nilai tengah.
 3. Benda uji campuran agregat kasar dan fraksi halus bergradasi batas atas.

e. Pengujian Benda Uji Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Berikut pengujian yang dilakukan pada lapis pondasi agregat kelas A.

1. Pemadatan

Pemadatan merupakan proses densifikasi dengan mengurangi rongga udara menggunakan peralatan mekanis. Derajat pemadatan diketahui dalam parameter pengukuran unit berat kering. Acuan pada pengujian pemadatan ini adalah Standar SNI 03-1743-89 (AASHTO T 180 = kepadatan *modified*).

Tahap-tahap uji pemadatan:

- Menyiapkan benda uji pemadatan.
- Siapkan satu set alat uji pemadatan yang terdiri dari *mould* berdiameter 15 cm dan tinggi 12 cm, dan penumbuk dengan berat 10 pound dengan tinggi jatuh 18 inch.
- Kemudian hamparkan benda uji di atas alas yang lebar.
- Lalu bagi benda uji menjadi 5.
- Timbang *mould* dan alasnya.
- Masukkan benda uji yang sudah dibagi sebelumnya, lalu tumbuk sebanyak 55 kali untuk setiap lapisan.
- Setelah ditumbuk 5 lapisan ratakan benda uji.

- Timbang benda uji yang sudah diratakan serta *mould* dan alasnya.
- Ambil 2 sampel benda uji lalu timbang masing-masing sampel.
- Kemudian masukkan sampel ke oven selama 24 jam.
- Timbang kembali sampel yang sudah kering.

1. *California Bearing Ratio* (CBR)

Pengujian CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Acuan yang digunakan pada uji CBR adalah SNI 1744 tahun 2012. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 nilai minimum dari pengujian CBR rendaman lapis pondasi agregat kelas A adalah sebesar Minimal 90%. (Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

f. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Melakukan analisis perhitungan daya dukung lapis pondasi agregat kelas A menggunakan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pelaksanaan Analisis saringan batas atas, batas bawah, dan nilai tengah ialah dengan dilakukan secara mekanis menggunakan alat uji analisa saringan yang dilakukan secara kering (*Dry Method*) untuk agregat kasar dan halus. Dalam penelitian ini ukuran saringan yang dipakai mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Pengujian ini dilakukan dengan cara mekanis, yaitu sampel agregat diguncang dengan kecepatan tertentu di atas sebuah susunan ayakan, kemudian masing-masing agregat yang tertahan di atas saringan ditimbang beratnya dan digambar di dalam satu grafik logaritmik hubungan antara diameter butir (mm) dengan persentase lolos. Dari pengujian ini didapatkan komposisi yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji lapis pondasi agregat kelas A. Sehingga mendapat hasil, kesimpulan, dan saran.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang dilakukan terhadap data hasil pengujian laboratorium, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengujian nilai Cu menunjukkan bahwa batas tengah mempunyai nilai Cu tertinggi serta gradasi campurannya terbaik, sehingga mempunyai gradasi yang selaras dengan kerapatan campuran gradasi agregat kelas A semakin tinggi. Nilai Cu yang semakin tinggi menunjukkan semakin beragamnya gradasi agregat tersebut. Semakin beragamnya gradasi agregat ini artinya kepadatan gradasi tersebut semakin baik sehingga nilai CBR semakin meningkat. Dalam hal ini nilai Cu selaras dengan nilai CBR, dimana nilai Cu terendah menunjukkan nilai CBR rendah yaitu pada gradasi batas bawah. Dan nilai Cu tertinggi terdapat pada gradasi batas tengah yang menunjukkan nilai CBR terbaik.
2. Semakin beragam gradasi campuran agregat kelas A akan menghasilkan nilai CBR semakin tinggi. Pengujian untuk mencari pengaruh nilai CBR pada campuran agregat kelas A dilakukan setelah perendaman 4x24 jam dengan hasil batas bawah didapat nilai CBR sebesar 94,6%, batas tengah nilai CBR yang di dapat sebesar 114,5% dan batas atas nilai CBR sebesar 104,8%. Dari data tersebut menunjukkan ada penurunan nilai CBR ketika ada perlakuan fluktuasi gradasi. Data hasil pengujian CBR ini juga menunjukkan bahwa untuk agregat A dengan batas tengah mendapatkan nilai CBR diatas yang paling besar dengan batas minimum spesifikasi umum 2018 revisi 2 yaitu sebesar 90%. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa semua gradasi memenuhi spesifikasi umum 2018 revisi 2, namun ada penurunan nilai CBR di gradasi batas bawah dikarenakan batas bawah agregatnya paling mengikat namun kekuatan daya dukung setiap agregat batas bawah paling kecil dibandingkan batas atas dan batas tengah. Hal ini disebabkan karena batas bawah memiliki nilai Cu yang paling kecil.

3. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa pengujian nilai tengah dari gradasi campuran yang paling baik karena nilai C_u dan C_c gradasi nilai tengah memiliki kerapatan yang paling baik diantara gradasi batas bawah dan batas atas. Hal ini dapat dibuktikan pada penentuan nilai koefisien keragaman butir agregat (C_u) dan *Coefisien curvature* (C_c). Dalam hal ini nilai C_u selaras dengan nilai CBR, dimana nilai C_u terendah menunjukkan nilai CBR rendah yaitu pada gradasi batas bawah. Dan nilai C_u tertinggi terdapat pada gradasi batas tengah yang menunjukkan nilai CBR terbaik.

5.2. Saran

Dari kesimpulan diatas, maka peneliti selanjutnya dapat menjaga tingkat keberagaman agregat yang berpengaruh terhadap nilai CBR yang diuji pada penelitian ini hanya pada agregat A untuk lapis pondasi atas. Penelitian dapat dikembangkan untuk mengetahui pengaruh nilai CBR pada jenis perkerasan berbutir yang lain seperti agregat kelas B untuk Lapis Pondasi Bawah dan agregat kelas C untuk bahan perkerasan tanpa penutup aspal dan kelas S untuk lapis perkerasan bahu jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2018. Spesifikasi Umum revisi 1.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2006. Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan.
- Fauzi, M., Norhadi, A., Marzuki, A., & Haris, A. N. 2013. *Penentuan Nilai CBR Lapis Pondasi Agregat Kelas A Pada Gradasi Tepat Batas Atas Terhadap Gradasi Tepat Batas Tengah*. POROS TEKNIK, 5(2).
- Fletcher, C. S., & Humphries, W. K. (1991). California bearing ratio improvement of remolded soils by the addition of polypropylene fiber reinforcement. *Transportation Research Record*, (1295).
- Giri, D. P. 2012. *Analisis Pengaruh Kondisi Pondasi Material Berbutir Terhadap Umur Pelayanan Jalan dengan Metode Analitis (Studi Kasus: Jalan Pantura Ruas Rembang-Bulu)*. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Harianto, J. 2003. *Penggunaan Sistem Lapis Pondasi Jalan Tanpa Penutup Untuk Jalan di Pedesaan*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Harime, B. (2018). Analisis Daya Dukung Tanah pada Perencanaan Sarana dan Prasarana Umum. *Jurnal Geoelebes*, 2(1), 42-46.
- Ismiadji, O. G. 2010. *Investigasi Kualitas Material Pondasi Jalan Granular Kelas A Menggunakan Alat CBR dan UTM*. Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Koagouw, P. B., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. 2016. *Pengaruh Kepipihan Butiran Agregat Kasar Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A*. JURNAL SIPIL STATIK, 4(5).
- Norhadi, A., Surat, S., & Ilhami, I. (2015). *Penentuan Nilai CBR dengan Variasi Gradasi Batas Bawah Terhadap Batas Tengah pada Lapis Pondasi Agregat Kelas A*. POROS TEKNIK, 7(2), 68-81.

Runtuwene, Adelina AR, Oscar H. Kaseke, and Freaddy Jansen, 2015. *Pengaruh Variasi Nilai Index Plastisitas Dari Agregat Halus Terhadap Daya Dukung Lapis Pondasi Agregat Kelas-A*. TEKNO 13.62.

Universitas Lampung, 2018. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*, Bandar Lampung: Universitas Lampung.