

**PEMANFAATAN MATERIAL PASIR SEBAGAI BAHAN PENGANTI
FRAKSI AGREGAT HALUS UNTUK LAPIS PONDASI AGREGAT
KELAS A**

(Skripsi)

Oleh:

**MUHAMMAD BAGUS SANTOSO
1755011014**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMANFAATAN MATERIAL PASIR SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FRAKSI AGREGAT HALUS UNTUK LAPIS PONDASI AGREGAT KELAS A

OLEH

MUHAMMAD BAGUS SANTOSO

Bahan lapis pondasi atas agregat kelas A menggunakan batu gunung yang dipecah dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) sehingga memiliki mutu yang tinggi yang membuat harganya mahal. Dalam penelitian ini diperlukan suatu material alternatif pengganti agregat halus yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Salah satu sumber daya yang lebih terjangkau harganya yaitu agregat pasir. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kepadatan dan perbandingan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan pasir sebagai material pengganti agregat halus. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian skala laboratorium untuk mendapatkan data karakteristik agregat, kadar air optimum, dan nilai CBR. Campuran agregat kelas A yang digunakan adalah 55% agregat kasar dan 45% agregat halus yang terdiri dari campuran batu pecah halus dan substitusi pasir 0%, 10%, dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan, nilai KAO semakin menurun seiring dengan penambahan agregat pasir. Nilai CBR laboratorium meningkat dengan substitusi pasir 0% memiliki nilai CBR 99,2%, substitusi pasir 10% memiliki nilai CBR 90,6%, dan substitusi pasir 20% memiliki nilai CBR 84,1%. Hanya nilai CBR laboratorium dengan substitusi pasir sebesar 20% yang belum memenuhi spesifikasi untuk agregat kelas A yaitu nilai minimal 90%.

Kata kunci: lapis pondasi agregat kelas A, pasir, *california bearing ratio*, kadar air optimum.

ABSTRACT

UTILIZATION OF SAND MATERIAL AS A SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE FRACTIONS FOR THE BASE COURSE

BY

MUHAMMAD BAGUS SANTOSO

The base course material uses mountain stone which is broken up with a stone crusher so that it has a high quality which makes it expensive. In this research we need an alternative material to replace fine aggregate that meets the specification requirements. One of the more affordable resources is sand aggregate. The purpose of this study was to determine the density and comparison of the California Bearing Ratio (CBR) value of the base course using sand as a substitute for fine aggregate. The method used in this research is laboratory scale testing to obtain data on aggregate characteristics, optimum moisture content, and CBR values. The base course aggregate mixture used was 55% coarse aggregate and 45% fine aggregate consisting of a mixture of fine crushed stone and 0%, 10%, and 20% sand substitution. The results showed that the KAO value decreased with the addition of sand aggregate. Laboratory CBR values increased with 0% sand substitution having a CBR value of 99.2%, 10% sand substitution having a CBR value of 90.6%, and 20% sand substitution having a CBR value of 84.1%. Only the laboratory CBR value with sand substitution of 20% does not meet the specifications for base A aggregate, namely a minimum value of 90%.

Keywords: *The base course, sand, california bearing ratio, optimum moisture content.*

**PEMANFAATAN MATERIAL PASIR SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
FRAKSI AGREGAT HALUS UNTUK LAPIS PONDASI AGREGAT
KELAS A**

**Oleh
MUHAMMAD BAGUS SANTOSO**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

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



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PEMANFAATAN MATERIAL PASIR SEBAGAI BAHAN PENGGANTI FRAKSI AGREGAT HALUS UNTUK LAPIS PONDASI AGREGAT KELAS A**

Nama Mahasiswa : **Muhammad Bagus Santoso**

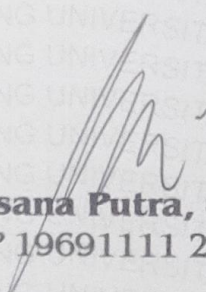
Nomor Pokok Mahasiswa : 1755011014

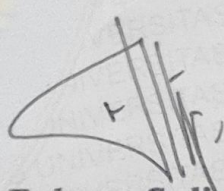
Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

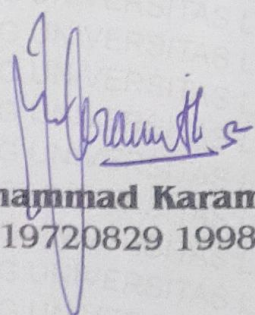
1. Komisi Pembimbing

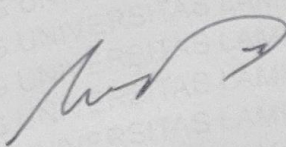

Sasana Putra, S.T., M.T.
NIP 19691111 200003 1 002


Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.
NIP 19741004 200003 2 002

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

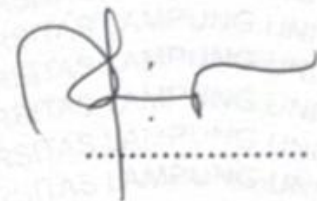
Ketua

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



Sekretaris

: **Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Ir. Dwi Herianto, M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik



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

NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **30 Maret 2023**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Bagus Santoso

NPM : 1755011014

Prodi/Jurusan : S1/Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul : Pemanfaatan Material Pasir Sebaai Bahan Pengganti Fraksi Agregat Halus Untuk Lapis Pondasi 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 Bagus Santoso
NPM 1755011014

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 11 Juli 1999, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Uji Santoso dan Ibu Yusmiati. Penulis memiliki dua orang saudara, yaitu yang bernama Zahra Yuzintia Santoso dan Muhammad Dzaki Santoso.

Penulis menempuh pendidikan tingkat dasar di SD Al-Azhar 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2011, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMPN 19 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2014, dan dilanjutkan ke pendidikan tingkat atas di SMAN 5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2017.

Penulis diterima di jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SMMPTN (Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif dalam organisasi HIMATEKS UNILA (Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung) sebagai anggota penelitian dan pengembangan pada tahun 2018 – 2019 dan anggota usaha dan karya pada tahun 2019 – 2020. Pada tahun 2020 penulis menjadi panitia (Keamanan) pada acara The Biggest Event of Civil Engineering Lampung University The 6th Civil Brings Revolution yang bertema “Build Your Nation For Your Generation”. Pada tahun 2021 penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Perumnas Way Halim, Bandar Lampung selama 40 hari pada

periode I, Januari-Februari 2021. Dalam penerapan bidang Teknik Sipil, penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di Proyek Gedung Parkir Kejaksaan Tinggi Lampung yang berlokasi di Jl. Jaksa Agung R. Soeprapto No.226, Talang, Kec. Telukbetung Selatan, Kota Bandar Lampung selama 3 bulan terhitung sejak April – Juni 2021.

Penulis mengambil tugas akhir dengan judul pemanfaatan material pasir sebagai bahan pengganti fraksi agregat halus untuk lapis pondasi agregat kelas a.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin dengan ridho-Mu ya Allah Akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga dengan terselesainya skripsi ini dapat menjadikanku insan yang berguna dan bermanfaat. Ku persembahkan skripsi ini untuk:

Kedua orangtuaku, Bapak Uji Santoso dan Ibu Yusmiati yang selalu mendoakan, mendukung, memberi kasih sayang, dan menjadi penyemangat suka maupun duka hingga sekarang.

Untuk seluruh keluargaku dan saudaraku yang telah mendukung dan mendoakan selalu.

Untuk dosen-dosen pembimbing dan dosen penguji yang telah membimbingku, dan telah banyak memberika ilmu pengetahuan, sehingga merubah diriku menjadi lebih baik dari sebelumnya.

Kawan-kawanku dan Rekan seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2017, yang telah menempuh masa perkuliahan dalam suka maupun duka, memberikan dukungan dan bantuan.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah : 286)

“Susah, tapi Bismillah”

(Fiersa Besari)

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

(Umar bin Khatab)

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

(Sujiwo Tejo)

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa.”

(Ridwan Kamil)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunianya sehingga penulis diberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “*pemanfaatan material pasir sebagai bahan pengganti fraksi agregat halus untuk lapis pondasi agregat kelas a*” adalah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

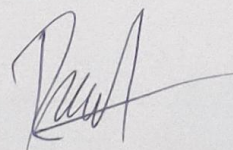
1. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas segala arahan, masukan, bimbingan dan dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas segala arahan masukan, bimbingan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberi saran, arahan, dan dukungan dalam pengerjaan skripsi.
7. Seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Sipil atas semua bekal ilmu pengetahuan yang telah diberikan.

8. Seluruh teknisi dan karyawan di Laboratorium Bahan dan Kontruksi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penulis melakukan penelitian.
9. Kedua orangtuaku tercinta, Bapak Uji Santoso dan Ibu Yusmiati, yang selalu memberi kasih sayang, nasehat, dukungan, mendoakan keberhasilan anaknya dan selalu menjadi orang yang paling berjasa dalam hidupku.
10. Orang terdekatku yang selalu menemani, mendukung, dan membantu selama proses pembuatan skripsi ini.
11. Rekan-rekan penelitianku, yang selalu mengingatkan, membantu dan mendukung selama proses pengerjaan skripsi.
12. Rekan-rekan satu laboratorium yang telah membantu proses penelitian dalam suka maupun duka dilewati bersama.
13. Kawan-kawanku, Isfan, Arif, Noval, Nanda, Ade, Krisna, Yusuf, Ichbal, Farhan, dan Dzaki yang telah bersama melewati masa masa perkuliahan yang sulit dan banyak membantu dalam proses skripsi.
14. Keluarga Besar Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2017, yang selalu berjuang bersama serta berbagi kenangan, pengalaman, dan membuat kesan yang tak terlupakan, terimakasih atas kebersamaan kalian.
15. Semua pihak yang telah membantu tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan satu per satu, semoga kita semua berhasil menggapai impian.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, besar harapan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat dalam bidang teknik sipil.

Bandar Lampung, Maret 2023

Penulis,



Muhammad Bagus Santoso
NPM 1755011014

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	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.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Lapis Pondasi.....	5
2.2 Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	6
2.3 Gradasi.....	8
2.4 Agregat	10
2.5 Abrasi	11
2.6 Kadar Air Agregat	12
2.7 Berat Jenis Agregat.....	13
2.8 Pasir	14
2.9 Pemadatan Agregat.....	15
2.10 CBR (California Bearing Ratio).....	16
III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	18
3.2 Lokasi Penelitian	19
3.3 Penyiapan Bahan Material.....	19
3.4 Pengujian Material Bahan	20
3.5 Peralatan Penelitian	22
3.6 Prosedur Penelitian.....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Bahan Material	29
4.2 Pembuatan Benda Uji.....	36

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Lapis Pondasi Agregat.....	6
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	18
Gambar 3.2. Laboratorium Inti Jalan Raya.....	19
Gambar 3.3. Agregat Kasar.....	19
Gambar 3.4. Agregat Halus.....	20
Gambar 3.5. Saringan.....	23
Gambar 3.6. Mesin <i>Loss Angeles</i>	23
Gambar 3.7. Alat Uji CBR.....	24
Gambar 4.1. Kurva Sebaran Gradasi Agregat Hasil Analisa Saringan.....	31
Gambar 4.2. Grafik Gradasi Rencana Agregat Kelas A.....	32
Gambar 4.3. Gradasi Rapat.....	33
Gambar 4.4. Grafik Gradasi Gabungan Agregat Kelas A.....	40
Gambar 4.5. Grafik Pemadatan Agregat Kelas A Variasi 1.....	41
Gambar 4.6. Grafik Pemadatan Agregat Kelas A Variasi 2.....	42
Gambar 4.7. Grafik Pemadatan Agregat Kelas A Variasi 3.....	42
Gambar 4.8. Nilai D10, D30, dan D60.....	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	7
Tabel 2.2. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....	8
Tabel 2.3. Perencanaan Proposi Sampel Campuran Agregat Kelas A.....	8
Tabel 2.4. Gradasi Batas Bawah, Batas Atas	9
Tabel 2.5. Besarnya beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan standar.....	17
Tabel 3.1. Sifat-Sifat Lapis Pondasi Agregat Kelas.....	26
Tabel 3.2. Perencanaan Proposi Sampel Campuran Agregat Kelas A.....	26
Tabel 4.1. Sebaran Gradasi Agregat Hasil Analisa Saringan.....	30
Tabel 4.2. Gradasi Rencana Agregat Kelas A.....	31
Tabel 4.3. Ukuran Saringan dan Berat Benda Uji Abrasi.....	33
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Abrasi Menggunakan Mesin <i>Loss Angless</i>	34
Tabel 4.5. Nilai Rata-Rata Kadar Air.....	34
Tabel 4.6. Nilai Berat Jenis.....	35
Tabel 4.7. Nilai Rata-Rata Berat Jenis.....	36
Tabel 4.8. Rencana Proposi Campuran Agregat Kelas A.....	37
Tabel 4.9. Gradasi Campuran Pasir 0%.....	38
Tabel 4.10. Gradasi Campuran Pasir 10%.....	39
Tabel 4.11. Gradasi Campuran Pasir 20%.....	39
Tabel 4.12. Nilai Pemadatan Agregat Kelas A.....	43
Tabel 4.13. Nilai <i>California Bearing Ratio</i>	44
Tabel 4.14. Nilai Cu dan Cv.....	44
Tabel 4.15. Kepadatan Campuran.....	44

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu lapisan dari struktur perkerasan jalan yang ikut mendukung beban adalah lapis pondasi atas (*base course*). Lapis pondasi atas yang berasal dari campuran agregat berbutir disebut lapis pondasi agregat, yang sangat umum digunakan di Indonesia terutama pada daerah-daerah yang mempunyai deposit material batu kali/batu sungai. Salah satu campuran lapis pondasi agregat yang banyak digunakan adalah Lapis Pondasi Agregat Kelas A.

Lapis Pondasi Agregat Kelas A 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 2010. Bahan Lapis Pondasi Atas Agregat Kelas A menggunakan batu gunung yang dipecah dengan alat pemecah batu (*stone crusher*). Sebelum pelaksanaan konstruksi Lapis Pondasi Agregat Kelas A, harus dilakukan pengujian material di laboratorium terlebih dahulu dan juga harus memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Material Lapis Pondasi Agregat kelas A harus memiliki mutu tinggi, bebas dari bahan organik dan gumpalan lempung. Karena material agregat halus yang digunakan harus memiliki mutu yang tinggi, membuat harga agregat halus menjadi mahal, maka diperlukan suatu material alternatif pengganti agregat halus yang memenuhi persyaratan spesifikasi. Salah satu sumber daya yang lebih terjangkau harganya yaitu agregat pasir. Untuk mencari alternatif agregat halus tersebut, pasir yang digunakan untuk lapis pondasi agregat kelas A harus memenuhi persyaratan gradasi dalam spesifikasi.

Pasir merupakan salah satu agregat alam yang diperlukan untuk masing-masing lapisan. Untuk lapisan pondasi atas penggunaan pasir akan memberikan kepadatan yang tinggi, sehingga lapisan mempunyai nilai daya dukung yang cukup baik. Oleh karena itu, pada penelitian ini berfokus pada pembahasan pengaruh pasir terhadap nilai *California Bearing Ratio* (CBR) pada lapis pondasi agregat kelas A, dan diharapkan pasir menjadi bahan alternatif sebagai pengganti abu batu dari lapis pondasi agregat kelas A.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan pasir sebagai material pengganti agregat halus terhadap kepadatan lapis pondasi agregat kelas A.
2. Bagaimana perbandingan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan pasir dan tanpa menggunakan pasir.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini :

1. Penelitian ini hanya berdasarkan kajian laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung.
2. Material agregat yang digunakan dipilih sesuai persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, untuk pekerjaan lapis pondasi agregat kelas A.
3. Pasir yang digunakan adalah pasir urug yang lolos saringan No. 10 (2,00 mm).
4. Metode yang digunakan adalah *California Bearing Ratio* (CBR).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kepadatan lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan pasir sebagai material pengganti agregat halus.
2. Untuk mengetahui perbandingan nilai California Bearing Ratio (CBR) lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan pasir sebagai pengganti agregat halus dan tanpa menggunakan pasir.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Diharapkan dapat menambah wawasan tentang penggunaan pasir sebagai bahan alternatif pengganti agregat halus pada lapis pondasi agregat kelas A.
2. Untuk memberi pemahaman tentang pengaruh pasir terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR) pada lapis pondasi agregat kelas A.
3. Untuk memberikan perbandingan nilai California Bearing Ratio (CBR) lapis pondasi agregat kelas A dengan menggunakan pasir dan tanpa menggunakan pasir.

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 (Sukirman 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

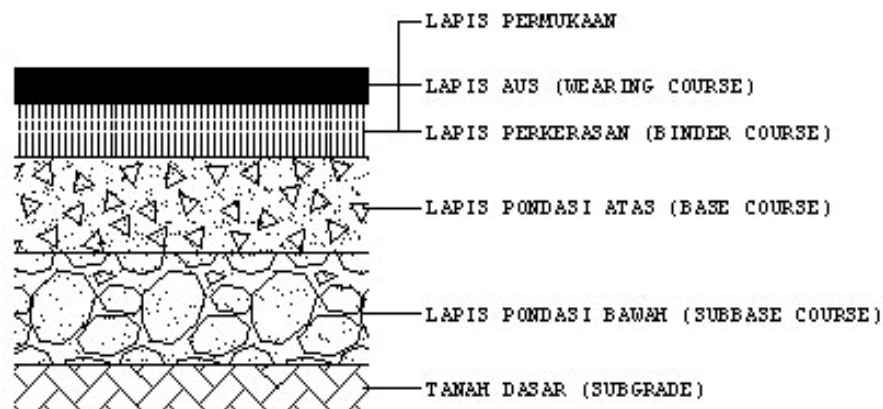
Pondasi Agregat Kelas C adalah Lapis Pondasi Jalan Tanpa Penutup Aspal Kelas yang terdiri atas kerikil pecah, batu pecah atau kerikil alam bulat yang memenuhi Spesifikasi Gradasi.

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 2. 1 Lapis Pondasi Agregat

(Sumber: Pareda, 2016)

Fungsi lapisan pondasi atas ini adalah:

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

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

- Kualitas bahan harus baik.
- Mengenai bentuk butir, gradasi butiran-butiran harus merupakan susunan yang rapat.
- Kandungan filler harus cukup tetapi tidak melampaui batas maksimum/minimum.
- Homoginitas 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 (PI) $\leq 6\%$ (sesuai spesifikasi Bina Marga tahun 2010). 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 2010 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Gradasi Lapis Pondasi Agregat Kelas A

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos
ASTM	(mm)	Kelas A
2"	50	
1 1/2"	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 2010

Tabel 2.2 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 2010

Perencanaan proporsi sampel campuran agregat kelas A merujuk pada *Job Mix* PT. Aditya Sinar Pratama pada Proyek Preservasi dan Rehabilitasi Jalan Batas Kota Amlapura Klungkung Ulundanu Sakah Ubud Istana Presiden Tahun Anggaran 2017. Masing masing sampel akan dibuatkan benda uji untuk mengetahui Berat Volume Kering, Kadar Air Optimum dan Nilai CBR-nya.

Tabel 2. 3 Perencanaan Proporsi Sampel Campuran Agregat Kelas A

Variasi Sampel	Agregat Kasar	Agregat Halus	
		FA	Pasir Uji
I	60%	40%	0%
II	60%	30%	10%
III	60%	20%	20%

2.3 Gradasi

Gradasi merupakan distribusi partikel agregat yang berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Sedangkan Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen (Sukirman, 2003).

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. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- a. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*) adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga dengan gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.
- b. Gradasi Rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.
- c. Gradasi Senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.

Dalam penelitian nilai gradasi agregat ditentukan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 yang terdapat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Gradasi Batas Bawah, Batas Atas

Ukuran Ayakan		Persen Berat Yang Lolos	
ASTM	(mm)	Batas Bawah	Batas Atas
2"	50		
1 ½"	37,5	100	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 2010)

Dalam sebuah campuran agregat dapat ditentukan koefisien keseragaman agregat berdasarkan kurva sebaran gradasi yang dilambangkan dengan C_u . C_u (*coefisien uniformitas*) adalah Koefisien keseragaman dimana menunjukkan kemiringan kurva dan menunjukkan sifat seragam (*uniform*) agregat. Nilai C_u makin kecil menunjukkan kurva makin curam dan butir agregat makin 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 coefisient*) 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:

- $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$
- $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} + D_{10}}$

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).

2.4 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak, tangku besi, yang dipakai bersama sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu semen hidrolik 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 (Setiawan, 2018). Agregat dapat juga diperoleh dengan memecah batuan induk yang lebih besar (Lestari, 2015). 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.

2.5 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:

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dimana:

a = Benda uji semula (gram)

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

2.6 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:

$$\text{Kadar Air Agregat} = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana:

W_w = Berat air yang terkandung dalam agregat (gram)

W_s = Berat agregat dalam keadaan kering (gram)

2.7 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 (Toruan, 2013).

Berikut macam-macam dari berat jenis yang digunakan:

- **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 temperature air 23°C dengan rumus berikut ini:

$$(Sd) = \frac{A}{(B-C)}$$

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)

- **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 (S_s), pada temperatur air 23°C dengan rumus berikut ini:

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

Dimana:

- S_s = Berat jenis kering permukaan jenuh
 B = Berat benda uji kondisi SSD (gram)
 C = Berat benda uji dalam air (gram)

- **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 (S_a) pada temperature 23°C dengan rumus berikut:

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

Dimana:

- S_a = Berat jenis semu
 A = Berat benda uji kering oven (gram)
 C = Berat benda uji dalam air (gram)

2.8 Pasir

Tanah pasir merupakan tanah muda (baru) yang dalam klasifikasi FAO termasuk dalam ordo Regosol. Lahan pasir didominasi oleh pasir dengan kandungan lebih dari 70%, porositas rendah atau kurang dari 40%, sebagian besar ruang pori berukuran besar sehingga aerasinya baik, daya hantar cepat, tetapi kemampuan menyimpan air dan zat hara rendah (Budiyanto, 2014).

Sifat-sifat tanah pasir (Sulastri, 2012) :

1. Struktur tanah pasir

Tanah pasir memiliki struktur butir tunggal, yaitu campuran butirbutir primer yang besar tanpa adanya bahan pengikat agregat.

2. Tekstur tanah pasir

Tekstur tanah pasir adalah kasar, karena tanah pasir mengandung lebih dari 60% pasir dan memiliki kandungan liat kurang dari 2%. Partikel partikel pasir mempunyai ukuran yang lebih besar dan luas permukaannya yang kecil dibandingkan fraksi debu dan liat.

3. Porositas tanah pasir

Porositas tanah pasir bisa mencapai lebih dari 50% dengan jumlah pori-pori mikro, maka bersifat mudah merembeskan air dan gerakan udara didalam tanah menjadi lebih lancar. Kohesi dan konsistensi (ketahanan terhadap proses pemisahan) pasir sangat kecil, sehingga mudah terkikis oleh air dan angin.

2.9 Pematatan Agregat

Pematatan berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah. Dengan meningkatnya daya dukung tanah deformasi dapat dihindari. Tingkat pematatan 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 pematatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Uji pematatan 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.

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*”.

- Pemadatan 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.

- Pemadatan 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 Pemadatan Standar.

2.10 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. Orang yang banyak mempopulerkan ini adalah O.J.Porter. CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1” dan 0,2”.

Harga CBR dinyatakan dalam persen. Harga CBR merupakan ukuran daya dukung tanah yang dipadatkan dengan daya pemadatan 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:

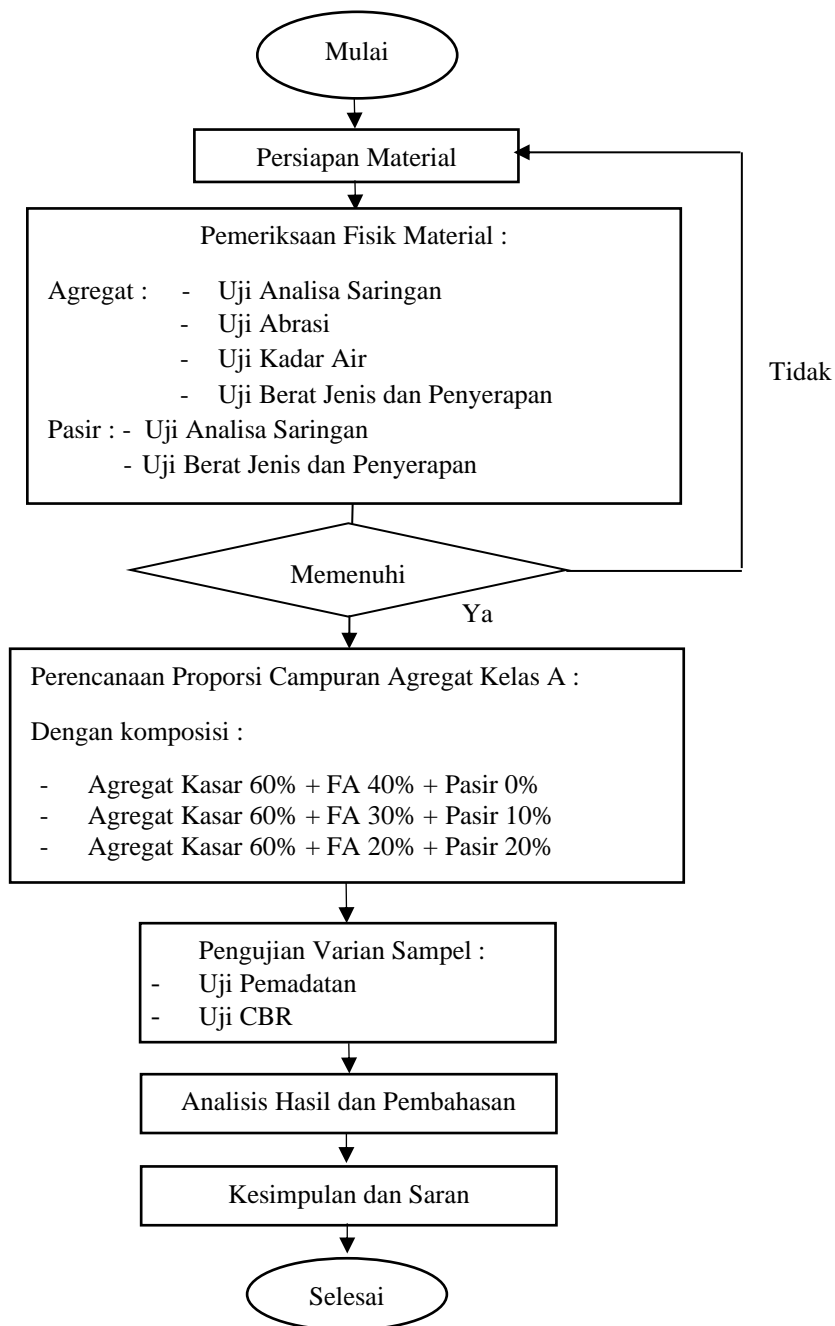
Tabel 2. 5 Besarnya beban yang dibutuhkan untuk melakukan penetrasi bahan Standar

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

(Sumber : Sukirman S. 1999, Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

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



Gambar 3.2 Laboratorium Inti Jalan Raya

3.3 Penyiapan Bahan Material

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

a. 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 3.3 Agregat Kasar

b. 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 3.4 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.

Berikut pengujian bahan material yang akan dilakukan pada penelitian :

c. 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:

1) Analisa Saringan

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 2010. Untuk nilai gradasi analisa saringan agregat kelas A terdapat pada tabel 2.1 halaman 7.

2) 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 2010 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 2010.

3) 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

4) 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.

d. Pasir

Pada penelitian ini pasir digunakan sebagai pengganti agregat halus, maka untuk memenuhi syarat pada gradasi agregat kelas A, pasir perlu dilakukan uji sebelum dicampur dengan sampel agregat.

Berikut pengujian yang dilakukan pada pasir:

1) Uji Gradasi Pasir

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan butiran pasir yang termasuk ke dalam agregat halus. Pada pengujian ini pasir yang digunakan adalah pasir yang lolos saringan no. 10 (2,00 mm).

2) 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-84-74 untuk agregat halus.

3.5 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

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



Gambar 3.5 Saringan

2. 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).



Gambar 3.6 mesin *Los Angeles*

3. Alat Uji Karakteristik Lapis Pondasi Agregat

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

- a. Alat Pemadatan Modified yang menggunakan penumbuk dengan berat penumbuknya 10 pound dan tinggi jatuh 18 inch. Juga disini agregat dipadatkan dalam 5 lapisan.
- b. 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 mm^2 (3

- inci²) dan panjang tidak kurang dari 102 mm.
- c. 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.
 - d. CBR (*California Bearing Ratio*) yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 55 kali tumbukan untuk tiap lapisan.
 - e. Bak perendam yang digunakan adalah sesuai untuk mempertahankan tinggi air 25 mm di atas permukaan benda uji.
 - f. 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.

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.

Alat uji CBR dapat dilihat pada gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 alat uji CBR

3.6 Prosedur Penelitian

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

1. 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.

2. 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.

3. 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.

a) 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, 2010. Seperti terdapat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 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

SSumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010.

b) Pengujian Pasir

Pada pasir dilakukan pengujian lolos saringan no. 10, berat jenis dan penyerapan air.

4. Perencanaan Proporsi Sampel Campuran Agregat Kelas A

Masing masing sampel akan dibuatkan benda uji untuk mengetahui berat volume Kering, Kadar Air Optimum dan nilai CBRnya.

Tabel 3.2 Perencanaan Proporsi Sampel Campuran Agregat Kelas A

Variasi Sampel	Agregat Kasar	Agregat Halus	
		FA	Pasir Uji
I	60%	40%	0%
II	60%	30%	10%
III	60%	20%	20%

5. Pengujian Benda Uji Lapis Pondasi Agregat Kelas A.

Berikut pengujian yang dilakukan pada lapis pondasi agregat kelas A.

a) 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 sesuai dengan tahapan no 4.
- 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.

b) 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 lapis pondasi agregat kelas A adalah sebesar 90%.

6. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Melakukan analisis perhitungan daya dukung lapis pondasi agregat kelas A menggunakan nilai CBR (California Bearing Ratio). Dari ketiga variasi campuran agregat dengan pasir tersebut akan memperlihatkan seberapa kuat pasir sebagai bahan pengganti fraksi agregat halus untuk meningkatkan daya dukung 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 bahwa pada lapis pondasi agregat kelas A tidak direkomendasikan pasir sebagai bahan untuk menstabilitas agregat halus, dikarenakan dapat menurunkan nilai CBR. Hasil pengujian Substitusi 20% pasir nilai CBRnya sebesar 84,1% dimana hasil pengujian ini tidak memenuhi spesifikasi bina marga 2010 dengan nilai CBR minimum 90%.

Penurunan nilai CBR ini dikarenakan pasir merupakan jenis tanah yang tidak berlempung maka nilai kohesi pasir sangatlah kecil atau dapat diartikan pasir merupakan tanah yang non kohesif (*cohesionless soil*) dan mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*). Maka seiring penambahan pasir pada campuran membuat semakin tidak mengunci antar agregatnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan pasir dapat menurunkan daya dukung lapis pondasi agregat kelas A. Selain itu pengaruh substitusi pasir dapat menurunkan Kadar Air Optimum. Hal ini dikarenakan sifat pasir yang kurang mampu menyerap air dibandingkan dengan fraksi agregat halus.

Hasil perhitungan menunjukkan nilai kepadatan semakin menurun seiring bertambahnya kadar pasir, hal ini membuktikan bahwa butiran pasir tidak dapat masuk ke dalam rongga diantara agregat sehingga menimbulkan celah atau pori pada lapis pondasi agregat kelas A.

5.2 Saran

Dari kesimpulan yang telah dijelaskan diatas maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis dapat disimpulkan bahwa kadar pasir 20% tidak memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018, maka substitusi pasir yang disarankan pada penggunaan lapis pondasi agregat kelas A sebaiknya dibawah 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, Yudit Agus Pranowo, dan Reza Maulana. 2012. Kajian Peningkatan Nilai CBR Material Lapisan Pondasi Bawah Akibat Penambahan Pasir. Jurnal Teknik Sipil Volume 1, Nomor 1, Desember 2012. Medan: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Medan.
- Badan Standardisasi Nasional. 1989. SNI 03-1742-1989 “*Metode Pengujian Kepadatan Ringan Untuk Tanah*”. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847 : 2019 “*Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*”. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Brady, N. C. (1974), Organic matter of mineral soils. In: Buckman, H. O. and Brady N. C. ed. The nature and properties of soils. Macmillan Publishing Co., New York, p. 137-163.
- Dewantoro, F., Budi, W. S., & Prianto, E. (2019). Kajian Pencahayaan Alami Ruang Baca Perpustakaan Universitas Indonesia. Jurnal Arsitektur Arcade, 3(1), 94–99.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum revisi 1.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2006. Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan.
- Gunawan Budiyanto, Dja’far Shiddieq dan M. Drajad. 1997. Pengaruh Pemanfaatan Blotong Terhadap Kejituan Serapan Kalium Tanaman Jagung di Tanah Regosol Pantai Selatan Kulon Progo. Jurnal Pascasarjana. BPPS UGM. 10. (3B):427 444.
- Laintarawan, I. Putu, Ida Bagus Wirahaji, and Gede Agustama Adi. "STUDI PROPERTIS PASIR ERUPSI GUNUNG AGUNG DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI CBR AGREGAT KELAS A PADA LAPIS PONDASI ATAS (Studi Kasus: Pasir Tukad Unda Di Klungkung)." *Widya Teknik* 11.02 (2018): 69-82.

Lestari, F., Setiawan, R., & Pratiwi, D. (2018). PERHITUNGAN DIMENSI SEAWALL MENGGUNAKAN LAZARUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 9(1), 1118–1124.

M Das, Braja. 1993. *Mekanika Tanah Jilid I*. Erlangga : Jakarta.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Grafika Yuana Marga : Bandung.

Suardi, Enita, Lusyana Lusyana, and Yelvi Yelvi. "Kajian Penggunaan Material Pasir Sumpur Kudus untuk Meningkatkan Kinerja Lapisan Pondasi Atas Agregat Kelas A." *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil* 14.1 (2017): 12-19.

Sulastri, Fardani. 2012. Pengaruh Proporsi Penambahan Kompos BioPa dan Mulsa Jerami Terhadap Serapan Hara Na, Mg serta Kandungan Klorofil Tanaman Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.) yang Ditanam di Kawasan Pantai Pandansari Bantul. Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.

Toruan LA., Kaseke HO., Kereh FL., dan Sendow TK., 2013, Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Berat Jenis Maksimum Campuran, *Jurnal Sipil Statik*, Volume 1, Nomor 3.

Universitas Lampung. 2021. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*, Bandar Lampung : Universitas Lampung.