



## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
INTISARI .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Struktur Perkerasan Lentur .....	3
2.2 Sifat Umum Material Tanpa Bahan Pengikat .....	4
2.2.1 Gradasi .....	4
2.2.2 Persentase butiran pecah .....	5
2.2.3 Indeks plastisitas .....	6
2.2.4 Kekerasan/Keausan .....	6
2.2.5 Bentuk butiran .....	6
2.2.6 Kepadatan .....	7
2.2.7 Kadar air .....	7
2.3 Pengaruh Gradasi Pada Material Tanpa Bahan Pengikat .....	7
2.3.1 Pengaruh gradasi terhadap kadar air optimum (OMC) .....	9
2.3.2 Pengaruh gradasi terhadap kepadatan kering maksimum .....	10
2.3.3 Pengaruh gradasi terhadap CBR .....	14
2.3.4 Pengaruh gradasi terhadap modulus resilien .....	21
2.4 Penelitian Terdahulu .....	26
<b>BAB III LANDASAN TEORI .....</b>	<b>29</b>
3.1 Perancangan Lapis Fondasi Agregat Kelas A .....	29
3.2 Pengujian Sifat Fisik Agregat .....	30
3.3 Pematatan Campuran Lapis Fondasi Agregat Kelas A .....	31
3.3.1 Jenis material .....	32
3.3.2 Kadar air .....	33
3.3.3 Energi pematatan .....	33
3.4 Pengujian Mekanik Lapis Fondasi Agregat Kelas A .....	33
3.4.1 Pengujian CBR .....	33
3.4.2 Perhitungan Prediksi Nilai Modulus Resilien .....	34
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>35</b>
4.1 Metodologi .....	35
4.2 Lokasi Penelitian .....	35



4.3	Bagan Alir Penelitian .....	35
4.4	Studi Pustaka.....	35
4.5	Persiapan Alat dan Bahan.....	35
4.5.1	Peralatan untuk pengujian.....	37
4.5.2	Bahan untuk pengujian .....	37
4.6	Pengujian Fisik Agregat.....	37
4.7	Perancangan Gradasi dan Benda Uji Kepadatan .....	38
4.8	Pengujian CBR .....	40
4.9	Perhitungan Modulus Resilien.....	40
BAB V	.....	41
5.1	Hasil dan Pembahasan Pengujian Fisik Agregat .....	41
5.1.1	Berat jenis .....	41
5.1.2	Abrasi agregat.....	41
5.1.3	Butiran pecah agregat.....	41
5.1.4	Batas cair.....	41
5.1.5	Indeks plastisitas .....	41
5.1.6	Gumpalan lempung.....	41
5.1.7	Rekapitulasi hasil pengujian fisik agregat.....	42
5.1.8	Berat jenis campuran lapis fondasi agregat kelas A .....	42
5.2	Hasil dan Pembahasan Pengujian Kepadatan Kering Maksimum .....	42
5.3	Hasil dan Pembahasan Pengujian CBR.....	46
5.4	Hasil Prediksi Nilai Modulus Resilien .....	48
5.5	Resume Pengujian Mekanis.....	49
BAB VI	.....	50
6.1	Kesimpulan .....	50
6.2	Saran.....	50
Daftar pustaka	.....	51
LAMPIRAN	.....	L1-1



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rentang nilai modulus pada lapis perkerasan lentur (Melchor-Lucero <i>dkk.</i> , 2002).....	3
Tabel 2.2	Kadari air pada variasi gradasi eksponen Fuller (Ullah <i>dkk.</i> , 2022). ....	10
Tabel 2.3	Parameter gradasi pada benda uji (Osouli <i>dkk.</i> , 2017a).....	16
Tabel 2.4	Parameter yang memengaruhi kekuatan lapis fondasi agregat.....	25
Tabel 2.5	Penelitian terdahulu.....	26
Tabel 3.1	Gradasi lapis fondasi agregat kelas A (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).....	29
Tabel 3.2	Sifat-sifat lapis fondasi agregat kelas A (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).....	31
Tabel 4.1	Rancangan 3 variasi gradasi lapis fondasi agregat kelas A. ....	38
Tabel 4.2	Rancangan benda uji 3 variasi gradasi untuk kepadatan ringan.....	39
Tabel 4.3	Rancangan benda uji 3 variasi gradasi untuk kepadatan berat. ....	39
Tabel 4.4	Cara uji kepadatan (Badan Standardisasi Nasional, 2008d, 2008e).....	39
Tabel 4.5	Rekapitulasi jumlah kebutuhan benda uji.....	40
Tabel 5.1	Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik agregat lapis fondasi agregat kelas A.....	42
Tabel 5.2	Berat jenis campuran lapis fondasi agregat kelas A pada 3 variasi gradasi. ....	42
Tabel 5.3	Hasil pengujian kepadatan ringan. ....	44
Tabel 5.4	Hasil pengujian kepadatan berat.....	44
Tabel 5.5	Hasil pengujian CBR rendaman untuk kepadatan ringan.....	47
Tabel 5.6	Hasil pengujian CBR rendaman untuk kepadatan berat. ....	47
Tabel 5.7	Hasil perhitungan nilai modulus resilien berdasarkan nilai CBR rendaman.....	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur perkerasan lentur (Thom, 2014).....	3
Gambar 2.2	Distribusi tegangan pada perkerasan lentur (Mallick dan El-Korchi, 2013).....	3
Gambar 2.3	Penentuan gradasi Power Law (Ruth <i>dkk.</i> , 2002).....	5
Gambar 2.4	Gambar hubungan antar nilai indeks plastisitas dengan nilai CBR (Jose Manuel Palomino Ojeda <i>dkk.</i> , 2023).....	6
Gambar 2.5	Butiran kubikal (atas) dan butiran pipih, lonjong serta pipih lonjong (bawah) (Pavement Interactive, 2024).....	7
Gambar 2.6	Ilustrasi gradasi dalam agregat- (a) gradasi agregat dengan sedikit fraksi halus, (b) gradasi agregat dengan cukup fraksi halus, (c) gradasi agregat dengan terlalu banyak fraksi halus (Mneina dan Shalaby, 2020).....	8
Gambar 2.7	Batas atas gradasi <i>basecourse</i> di beberapa negara (Arnold <i>dkk.</i> , 2007). ....	8
Gambar 2.8	Batas bawah gradasi <i>basecourse</i> di beberapa negara (Arnold <i>dkk.</i> , 2007).....	8
Gambar 2.9	Kurva gradasi dengan variasi nilai eksponen Fuller (n) (Ullah <i>dkk.</i> , 2022).....	9
Gambar 2.10	Pengaruh nilai ekponensial Fuller (n) pada kadar air maksimum (Arnold <i>dkk.</i> , 2007).....	9
Gambar 2.11	Hubungan gradasi terhadap kadar air optimum (Goli <i>dkk.</i> , 2022). ....	10
Gambar 2.12	Pengaruh nilai ekponen Fuller (n) pada kepadatan kering maksimum (Arnold <i>dkk.</i> , 2007). ....	10
Gambar 2.13	Target gradasi (Chaulagai <i>dkk.</i> , 2017). ....	11
Gambar 2.14	Hubungan jumlah kadar <i>filler</i> terhadap kepadatan kering maksimum (Chaulagai <i>dkk.</i> , 2017). ....	11
Gambar 2.15	Kurva gradasi <i>base course</i> pada batas atas, batas bawah dan pada eksponen Fuller (n) 0,5 (Esfahani dan Goli, 2018). ....	12
Gambar 2.16	Kurva gradasi <i>subbase course</i> pada batas atas, batas bawah dan pada eksponen Fuller (n) 0,5 (Esfahani dan Goli, 2018). ....	12
Gambar 2.17	Hasil kepadatan kering maksimum terhadap perbedaan gradasi (Esfahani dan Goli, 2018).....	12
Gambar 2.18	Gradasi UGM material <i>uncrushed gravel</i> (a) dan material <i>crushed limestone</i> (b) (Soliman dan Shalaby, 2016).....	13
Gambar 2.19	Pengaruh kadar <i>filler</i> pada kepadatan kering dari material <i>uncrushed gravel</i> (a) dan material <i>crushed limestone</i> (b) (Soliman dan Shalaby, 2016).....	13
Gambar 2.20	Gradasi dengan variasi kadar <i>filler</i> (Tamrakar dan Nazarian, 2016). ....	14
Gambar 2.21	Hubungan kepadatan-kadar air dengan variasi kadar <i>filler</i> (Tamrakar dan Nazarian, 2016). ....	14
Gambar 2.22	Hubungan jumlah kadar <i>filler</i> terhadap nilai CBR rendam (Chaulagai <i>dkk.</i> , 2017).....	15
Gambar 2.23	Gradasi benda uji (persentase pada legenda sebagai persentase lolos saringan no. 200; IDOT) (Osouli <i>dkk.</i> , 2017a). ....	16
Gambar 2.24	Matriks penelitian yang diuji (Osouli <i>dkk.</i> , 2017b).....	16
Gambar 2.25	Gradasi benda uji (Osouli <i>dkk.</i> , 2017b).....	17
Gambar 2.26	Nilai CBR rendam dan CBR tidak rendam dengan kadar <i>filler</i> 5% (a) dan nilai CBR rendam dan CBR tidak rendam dengan kadar <i>filler</i> 12% (b) (Osouli <i>dkk.</i> , 2017a). ....	17



Gambar 2.27	Nilai CBR dengan $\pm 1,5\%$ OMC serta (a) 5% kadar <i>filler</i> (b) 8% kadar <i>filler</i> dan (c) 12% kadar <i>filler</i> (Osouli dkk., 2017b).....	18
Gambar 2.28	Hubungan CBR rendaman terhadap persentase <i>filler</i> pada material <i>base course</i> eksisting (Titi dkk., 2018).....	19
Gambar 2.29	Hasil CBR terhadap perbedaan gradasi (Esfahani dan Goli, 2018).....	19
Gambar 2.30	Pengaruh gradasi pada nilai kepadatan kering maksimum, kadar air optimum dan CBR (Norhadi dkk., 2015).....	20
Gambar 2.31	Variasi gradasi (Tao dkk., 2008).....	20
Gambar 2.32	Hasil pengujian CBR dengan berbagai variasi gradasi (Tao dkk., 2008). .....	20
Gambar 2.33	Variasi nilai modulus resilien ( $M_r$ ) pada <i>unbound granular material</i> dengan kadar <i>filler</i> berbeda (Khogali dan Mohamed, 2004).....	21
Gambar 2.34	Hubungan antara modulus resilien ( $M_r$ ) dengan jumlah kadar <i>filler</i> (Richardson dan Lusher, 2009). .....	21
Gambar 2.35	Hubungan modulu resilien (MR) dengan parameter gradasi. (a) $D_{10}$ , (b) $D_{60}$ , (c) G/S dan (d) $P_4$ (lolos saringan no. 4) (Mneina dan Shalaby, 2020).....	22
Gambar 2.36	Modulus resilien dan gradasi pada variasi kadar air (Ullah dkk., 2022).....	23
Gambar 2.37	Hubungan modulus resilien terhadap kadar <i>filler</i> pada <i>uncrushed gravel</i> (Soliman, 2015). .....	24
Gambar 2.38	Hubungan modulus resilien terhadap kadar <i>filler</i> pada <i>crushed limestone</i> (Soliman, 2015). .....	24
Gambar 3.1	Campuran agregat kasar – agregat halus – <i>filler</i> dengan variasi nilai G/S: (a) besar, (b) optimum, dan (c) kecil (Xiao dkk., 2012).....	30
Gambar 3.2	Modulus resilien dari hasil tes laboratorium dan korelasi CBR (NCHRP 1-37A) (Osouli dkk., 2021).....	34
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian.....	36
Gambar 4.2	Rancangan 3 variasi gradasi lapis fondasi agregat kelas A. ....	38
Gambar 5.1	Variasi campuran benda uji pada (a) gradasi $n = 0,4$ , (b) gradasi $n = 0,5$ dan (c) gradasi $n = 0,6$ .....	43
Gambar 5.2	Hubungan kepadatan kering dengan kadar air pada gradasi $n = 0,4$ .....	43
Gambar 5.3	Hubungan kepadatan kering dengan kadar air pada gradasi $n = 0,5$ .....	43
Gambar 5.4	Hubungan kepadatan kering dengan kadar air pada gradasi $n = 0,6$ .....	44
Gambar 5.5	Proses pengujian kepadatan berat.....	44
Gambar 5.6	Hubungan variasi gradasi dengan kepadatan kering maksimum. ....	45
Gambar 5.7	Hubungan variasi gradasi dengan kadar air optimum.....	46
Gambar 5.8	Hubungan kadar air dengan kepadatan kering pada 3 variasi gradasi. ....	46
Gambar 5.9	Proses perendaman benda uji CBR. ....	47
Gambar 5.10	Hubungan gradasi dengan nilai CBR rendaman. ....	48
Gambar 5.11	Hubungan gradasi dengan CBR rendaman pada 100% dan 98% kepadatan kering maksimum. ....	48
Gambar 5.12	Hubungan variasi gradasi dengan nilai modulus resilien. ....	49



UNIVERSITAS  
GADJAH MADA

**Pengaruh Variasi Gradasi Lapis Fondasi Agregat Kelas A Terhadap Nilai CBR dan Modulus Resilien  
Menggunakan Agregat Asal Purbalingga**

Nurokhman, Ir. Latif Budi Suparma, M.Sc., Ph.D.; Ir. Taqia Rahman, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.; Ir. Suprpto, Ph.D., IPM.

Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Pengujian Fisik Agregat.....	L1-1
Lampiran 2 Pengujian Kepadatan.....	L2-1
Lampiran 3 Pengujian CBR Rendaman.....	L3-1