

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR ISTILAH	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
1 BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Penelitian Terdahulu	5
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	11
2.1.1 Lapis tanah dasar (<i>Subgrade</i>)	13
2.1.2 Lapis fondasi bawah (<i>subbase layer</i>).....	13
2.1.3 Lapis fondasi atas (<i>base layer</i>)	13
2.1.4 Lapis Aspal (<i>Asphalt courses</i>)	14
2.2 Penggunaan <i>Fly Ash</i>	15
2.3 Geopolimer.....	17
2.3.1 Terminologi dan reaksi kimia	17
2.3.2 Penggunaan geopolimer berbasis <i>fly ash</i>	21
2.4 Material	24
2.4.1 Sejarah perkembangan material perkerasan	24
2.4.2 Material lapis fondasi.....	26
2.4.3 Agregat.....	27
3 BAB III LANDASAN TEORI	31
3.1 Perancangan Lapis Fondasi Agregat Kelas A	31
3.1.1 Pengambilan contoh uji agregat	31
3.1.2 Pengujian gradasi dan sifat agregat	32
3.2 Pemadatan Campuran Lapis Fondasi Atas Kelas A	33
3.2.1 Jenis material	33
3.2.2 Kadar air	33
3.2.3 Usaha pemadatan	34
3.2.4 Karakteristik material	35

3.3	Pengujian Lapis Fondasi Agregat Kelas A	35
3.4	Pengujian Mineral	35
3.5	Pengujian Modulus Elastisitas	38
3.6	Pengujian Baku Mutu Air	40
4	BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	43
4.1	Pendekatan Penelitian	43
4.2	Lokasi Penelitian	43
4.3	Bagan alir penelitian	44
4.4	Studi Pustaka	44
4.5	Persiapan Alat dan Bahan	45
4.5.1	Peralatan pengujian	45
4.5.2	Bahan material pengujian	46
4.6	Perancangan Benda Uji Kepadatan dan CBR	46
4.7	Metode Pengumpulan Data	50
4.8	Tahap Kesimpulan dan Saran	50
5	BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5.1	Hasil dan Pembahasan Pengujian Bahan Campuran	51
5.1.1	Uji karakteristik bahan	51
5.1.2	Difraksi mineral	53
5.1.3	Uji berat jenis dan penyerapan	55
5.1.4	Gradasi agregat dengan mesin dan set ayakan standar	57
5.1.5	Uji kadar air	58
5.2	Hasil dan Pembahasan Pengujian Kepadatan	59
5.3	Hasil dan Pembahasan Pengujian CBR	64
5.4	Hasil Pengujian T-Test Pengaruh Perbedaan Metode Kepadatan	67
5.4.1	Pengujian T-Test terhadap nilai kepadatan kering maksimum	67
5.4.2	Pengujian T-Test terhadap nilai kadar air optimum	68
5.4.3	Pengujian T-Test terhadap nilai CBR Rendaman	69
5.4.4	Pengujian T-Test terhadap nilai perubahan tinggi benda uji	69
5.5	Hasil dan Pembahasan Pengujian Modulus	71
5.5.1	<i>Ultra Sonic Pulse Velocity/UPV (Non Destructive Test)</i>	71
5.5.2	<i>Unconfined Compressive Test (Destructive Test)</i>	74
5.6	Hasil dan Pembahasan Pengujian Air Rendaman	77
6	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1	Kesimpulan	81
6.2	Saran	81
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi untuk <i>fly ash</i> (ASTM International, 2016)	15
Tabel 2.2	<i>Identification of alkaline reagen and cement mixtures</i> (Cristelo et al., 2013)	21
Tabel 2.3	Properties setiap segmen (Camacho-Tauta et al., 2016).....	22
Tabel 2.4	Binders and respective compaction conditions (Miranda et al., 2020).....	24
Tabel 3.1	Gradasi lapis fondasi agregat kelas A (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)	32
Tabel 3.2	Sifat-sifat lapis fondasi agregat kelas A (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)	32
Tabel 3.3	Perbedaan energi kepadatan ringan dan kepadatan berat	34
Tabel 3.4	<i>Elastic Moduli for Different Materials</i> (Huang, 2004).....	39
Tabel 4.1	Perbedaan metode kepadatan ringan dengan kepadatan berat (Badan Standardisasi Nasional, 2008b).....	46
Tabel 4.2	Rancangan gradasi lapis fondasi agregat kelas A untuk 1 benda uji	47
Tabel 4.3	Rekapitulasi kebutuhan benda uji	48
Tabel 4.4	Perkiraan kebutuhan larutan reagen alkali pada uji kepadatan dan CBR Rendaman	49
Tabel 4.5	Rekapitulasi kebutuhan komposisi kimia	49
Tabel 5.1	Hasil pengujian abrasi.....	51
Tabel 5.2	Hasil pengujian butiran pecah.....	52
Tabel 5.3	Hasil pengujian gumpalan lempung dan butiran mudah pecah	53
Tabel 5.4	Rekapitulasi sifat-sifat agregat bahan campuran	53
Tabel 5.5	Persentase komposisi mineral <i>fly ash</i> yang berbentuk kristal.....	54
Tabel 5.6	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar	55
Tabel 5.7	Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus	56
Tabel 5.8	Hasil pengujian berat jenis <i>fly ash</i>	56
Tabel 5.9	Hasil pengujian kadar air awal.....	58
Tabel 5.10	Hasil pengujian kadar air pada berbagai ukuran butiran agregat.....	59
Tabel 5.11	Kadar air optimum lapis fondasi agregat pada berbagai penelitian.....	61
Tabel 5.12	Hasil uji kepadatan.....	62
Tabel 5.13	Rekapitulasi nilai kepadatan kering (<i>dry density</i>).....	63
Tabel 5.14	Rekapitulasi nilai kepadatan kering dan CBR rendaman	65
Tabel 5.15	Rekapitulasi perubahan tinggi benda uji CBR.....	66
Tabel 5.16	Pengujian T-Test terhadap nilai kepadatan kering maksimum.....	67
Tabel 5.17	Pengujian T-Test terhadap nilai kadar air optimum	68
Tabel 5.18	Pengujian T-Test terhadap nilai CBR Rendaman.....	69
Tabel 5.19	Pengujian T-Test terhadap nilai perubahan tinggi benda uji	70
Tabel 5.20	Hasil pengujian dengan alat UPV	72
Tabel 5.21	Hasil pengujian dengan alat kuat tekan bebas	75
Tabel 5.22	Hasil pengujian baku mutu air	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pemetaan metadata literatur ilmiah.....	5
Gambar 1.2	Kata kunci yang berhubungan dengan kata <i>base course</i>	6
Gambar 1.3	Kata kunci yang berhubungan dengan kata <i>geopolymer</i>	6
Gambar 1.4	Kata kunci yang berhubungan dengan kata <i>california bearing rasio</i>	7
Gambar 1.5	State of the art penelitian.....	9
Gambar 2.1	<i>Typical cross section of a flexible pavement</i> . (Nikolaides, 2015).....	12
Gambar 2.2	<i>SEM image of a Soil, b Soil +20 % fly ash, c Soil +20 % fly ash +8.5 % Lime</i> . (Sharma et al., 2012).....	16
Gambar 2.3	<i>TGA results for untreated and stabilized soils</i> . (Sharma et al., 2012)....	17
Gambar 2.4	Bahan pembentuk geopolimer. (Davidovits, 2013)	17
Gambar 2.5	<i>Drying Shrinkage of Heat-cured and Ambient-cured Specimens</i> . (Wallah & Rangan, 2006)	18
Gambar 2.6	Reaksi semen portland (kiri) dan geopolimer (kanan). (Davidovits, 2013)	19
Gambar 2.7	Reaksi yang terjadi pada slag yang diberi reagen alkali. (Davidovits, 2017)	20
Gambar 2.8	<i>Mass concrete base for electricity pylon showing damaging cracking and of exudation gel caused by alkali-silica reaction</i> . (West, 1996).....	20
Gambar 2.9	<i>UCS results of alkaline reagen and cement mixtures</i> . (Cristelo et al., 2013)	22
Gambar 2.10	<i>Fatigue track for evaluation of pavement</i> . (Camacho-Tauta et al., 2016)	23
Gambar 2.11	<i>Schematic top view of track tests with location of measurement points</i> . (Camacho-Tauta et al., 2016).....	23
Gambar 2.12	<i>Average vertical deformation</i> . (Camacho-Tauta et al., 2016).....	23
Gambar 2.13	<i>Dynamic deformability modulus (Ed) didapat dari FWD tests dan static deformability modulus (Ev2) didapat dari plate load test</i> . (Miranda et al., 2020)	24
Gambar 2.14	<i>Classification of aggregates</i> . (Mertens & Wright, 1965)	29
Gambar 3.1	<i>Classification of some common minerals</i> . (Hewitt et al., 2013)	36
Gambar 3.2	<i>Granite is a mixture of quartz, hornblende, and feldspar</i> . (Hewitt et al., 2013)	37
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian.	44
Gambar 4.2	Rancangan gradasi lapis fondasi agregat kelas A.	47
Gambar 4.3	Larutan NaOH dan Na ₂ SiO ₃ yang telah dilarutkan.	48
Gambar 4.4	NaOH dan Na ₂ SiO ₃ sebelum dilarutkan.	49
Gambar 5.1	Berat benda uji abrasi 100 putaran.....	51
Gambar 5.2	Proses pengujian difraksi mineral.	54
Gambar 5.3	Hasil pengujian difraksi mineral.	55

Gambar 5.4	Menimbang agregat sesuai dengan ukuran dan berat sesuai gradasi rencana.	57
Gambar 5.5	Pengujian kadar air pada agregat tertahan ayakan No.200 dan $\frac{3}{4}$ inch...	58
Gambar 5.6	Pola tumbukan beban pada uji pemadatan dengan 56 tumbukan agregat.	60
Gambar 5.7	Kondisi campuran lapis fondasi agregat kelas A pada penambahan 420ml.	60
Gambar 5.8	Pemadatan ringan tanpa bahan larutan alkali kenaikan kadar air 60ml. .	60
Gambar 5.9	Pemadatan ringan tanpa bahan larutan alkali kenaikan kadar air 30ml. .	61
Gambar 5.10	Nilai kepadatan kering maksimum setiap variasi untuk metode kepadatan ringan (kiri) dan metode kepadatan berat (kanan).	62
Gambar 5.11	Hasil pengujian dengan metode kepadatan ringan.....	63
Gambar 5.12	Hasil pengujian dengan metode kepadatan berat.....	64
Gambar 5.13	Kondisi pemeraman benda uji sebelum direndam	64
Gambar 5.14	Nilai CBR desain standard (kiri) dan modified (kanan) untuk setiap variasi.	65
Gambar 5.15	Pembacaan arloji dial perubahan tinggi benda uji variasi 4 dengan 10 tumbukan metode kepadatan ringan.....	66
Gambar 5.16	Proses perataan permukaan dengan belerang.....	71
Gambar 5.17	Proses perataan permukaan dengan lilin parafin.....	71
Gambar 5.18	Proses pengujian dengan alat UPV.	72
Gambar 5.19	Tampak atas permukaan benda uji pada bagian tengah.	73
Gambar 5.20	Proses pengujian dengan alat kuat tekan.....	74
Gambar 5.21	Kurva hubungan tekanan dan regangan pada benda uji direndam.....	74
Gambar 5.22	Kurva hubungan tekanan dan regangan pada benda uji tidak direndam.	75
Gambar 5.23	<i>Variation of compressive stress with respect to axial strain at 0 and 28 days of curing for 8 % and 20 % NaOH. (Chowdhury et al., 2023).....</i>	76
Gambar 5.24	<i>Variation of (left) UCS (q_u) and (right) failure strain (ϵ_f) for different alkali content and curing period. (Chowdhury et al., 2023).....</i>	76
Gambar 5.25	Kondisi air rendaman benda uji CBR setelah 4 hari.	77
Gambar 5.26	Proses pengujian derajat keasaman.	78
Gambar 5.27	Proses pengujian padatan tersuspensi total (TSS).....	78
Gambar 5.28	Proses pengujian BOD.	79
Gambar 5.29	Proses pengujian COD.	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengujian karakteristik material	91
Lampiran 2 Pengujian kepadatan	100
Lampiran 3 Pengujian CBR Rendaman	110
Lampiran 4 Pengujian kuat tekan bebas	150
Lampiran 5 Pengujian kualitas air	157

DAFTAR ISTILAH

Abrasi	Proses hancurnya atau pecahnya agregat kasar akibat proses mekanis dengan alat yang dinamakan mesin Los Angeles.
Amorf	Padatan yang susunan atom atau partikelnya tersusun secara acak dan tidak teratur.
Curing	Proses di mana reaksi kimia (seperti polimerisasi) atau aksi fisik (seperti penguapan) berlangsung, menghasilkan hubungan yang lebih keras, lebih kuat atau lebih stabil (seperti ikatan perekat) atau zat (seperti beton). Beberapa proses curing memerlukan pemeliharaan suhu dan/atau tingkat kelembapan tertentu, dan/atau tekanan tertentu.
Fly ash	Residu yang dihasilkan oleh proses pembakaran tanah atau batu bara yang terangkut bersama gas buang.
Filler	Agregat dengan ukuran butiran sangat halus yang lolos ayakan no.200 (0.0075 mm)
Geopolimer	Material pengikat yang dapat mengeras pada suhu ruangan, seperti semen biasa terdiri dari alumina silikat, reagen alkali, dan air.
Gradasi	Susunan derajat atau tingkat dalam peralihan suatu keadaan ke keadaan lain.
Indeks plastisitas	Menyatakan interval kadar air dimana tanah tetap dalam kondisi plastis, dan juga menyatakan jumlah relatif partikel lempung dalam tanah.
Kristal	Padatan yang terdiri dari atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul zat padat yang tersusun secara berulang dengan jarak teratur dalam tiga dimensi.
Logam alkali	Logam golongan 1 atau IA dari tabel periodik. Golongan ini juga dikenal sebagai golongan litium. Golongan ini terdiri dari unsur litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs), dan unsur radioaktif fransium (Fr).
Mikroskopis	Sifat ukuran yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang sehingga diperlukan
Suspensi	Campuran fluida yang mengandung partikel padat. Atau dengan kata lain campuran heterogen dari zat cair dan zat padat yang dilarutkan dalam zat cair tersebut
Terak	Produk sampingan atau residu menyerupai batu kaca yang tersisa setelah logam yang diinginkan telah dipisah dari bijih bahan baku logam tersebut.