

TESIS
PERILAKU NILAI CBR TANAH LATERIT YANG
DICAMPUR DENGAN METAKAOLIN

DEDY SETIAWAN



REKAYASA GEOTEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2024

TESIS
PERILAKU NILAI CBR TANAH LATERIT YANG
DICAMPUR DENGAN METAKAOLIN

Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Magister dari
Universitas Lambung Mangkurat

Oleh
DEDY SETIAWAN
2220828310067



REKAYASA GEOTEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT

2024

LEMBAR PENGESAHAN
TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK SIPIL

Perilaku Nilai CBR Tanah Laterit Yang Dicampur Dengan Metakaolin

oleh

Dedy Setiawan (2220828310067)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 20 Mei 2024 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Ketua : **Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., IPM.**

NIP. 19750719 200003 1 001

Sekretaris : **Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.**

NIP. 19900306 202203 2 010

Anggota 1 : **Dr. Hutagamissufardal, S.T., M.T.**

NIP. 19700212 199502 1 001

Anggota 2 : **Dr. Ir. M. Afief Ma'ruf, S.T., M.T., IPM.**

NIP. 19841031 200812 1 001

Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T., IPU.**

Utama : **NIP. 19740809 200003 1 001**

Banjarmasin,

diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik

Fakultas Teknik ULM,

Dr. Mahmud, S.T., M.T.

NIP. 19740107 199802 1 001

Koordinator Program Studi

S-2 Teknik Sipil,

Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.

NIP. 19790723 200512 2 005



(Handwritten signatures of committee members)

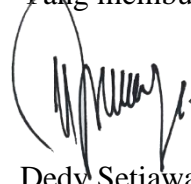
PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan penelitian yang telah saya lakukan. Segala kutipan dari berbagai sumber telah diungkapkan sebagaimana mestinya. Tesis ini belum pernah dipublikasikan untuk keperluan lain oleh siapapun juga.

Jika dikemudian hari ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima hukuman dari ketidakbenaran pernyataan tersebut.

Banjarmasin, 20 Mei 2024

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dedy Setiawan', enclosed within a hand-drawn oval shape.

Dedy Setiawan

2220828310067

ABSTRAK

Perilaku Nilai CBR Tanah Laterit Yang Dicampur Dengan Metakaolin

Dedy Setiawan

2220828310067

Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T., IPU

Tanah laterit merupakan salah satu material tanah yang banyak digunakan untuk bangunan sipil di Kalimantan Selatan. Sebagian besar tanah laterit memiliki daya dukung yang rendah dikarenakan memiliki kandungan lempung dan plastis yang tinggi sehingga menyebabkan retakan dan kerusakan terutama ketika tercampur dengan volume air yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbaikan tanah dengan stabilisasi menggunakan metakaolin.

Metode penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dengan tanah laterit dari Gunung Kupang Kelurahan Cempaka Banjarbaru yang dicampur dengan metakaolin dengan berbagai persentase variasi campuran antar lain : 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat tanah laterit dan waktu pengeraman sampel dimulai dari 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Pengujian yang dilakukan adalah batas-batas konsistensi tanah (*atterberg limit test*), kuat geser tanah (*direct shear*), CBR laboratorium rendaman (*soaked*) dan kuat tekan bebas (UCT). Sedangkan untuk uji laboratorium kimianya adalah XRF, FTIR dan SEM.

Hasil penelitian memperlihatkan terjadi pengaruh terhadap karakteristik tanah laterit yang dicampur dengan metakaolin. Nilai indeks plastisitas (PI) tanah laterit mengalami penurunan konstan akibat pengaruh metakolin sebesar 14,75%. Nilai sudut geser mengalami kenaikan pada campuran 2 sampai 8% metakaolin akan tetapi mengalami penurunan nilai sudut geser pada campuran 10%. Nilai sudut geser maksimal mengalami kenaikan sebesar 21,58%. Nilai CBR *soaked* mengalami kenaikan pada campuran 2 sampai 8% metakaolin akan tetapi terjadi penurunan nilai CBR *soaked* pada campuran 10% di waktu pemeraman 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Nilai CBR *soaked* maksimal pada sampel tanah laterit yang dicampur dengan 10% metakaolin pada masa pengeraman 14 hari dengan persentase kenaikan sebesar 43,47%. Nilai q_u maksimal juga terjadi kenaikan pada campuran 8% metakaolin dan penurunan pada campuran 10% metakaolin waktu pengeraman 14 hari. Kenaikan nilai q_u sebesar 42,02 %.

Kata kunci : tanah laterit, metakaolin, pengeraman, CBR *soaked*

ABSTRACT

Behavior of CBR Value of Laterite Soil Mixed with Metakaolin

Dedy Setiawan

2220828310067

Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T., IPU

Laterite soil is one of the most widely used soil materials for civil construction in South Kalimantan. Most lateritic soils have a low bearing capacity due to their high clay and plasticized content that causes cracks and failures especially when mixed with high volumes of damage especially when mixed with a high volume of water. This research aims to improve the soil with stabilization using metakaolin.

The research method carried out is experimental research with laterite soil from Gunung Kupang Kelurahan Cempaka Banjarbaru mixed with metakaolin with various percentage variations of mixtures including: 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% by weight of laterite soil and the sample curing period starts from 3 days, 7 days and 14 days. The tests conducted were soil consistency limits (Atterberg limit test), soil shear strength (direct shear), soaked laboratory CBR and free compressive strength (UCT). The chemical laboratory tests were XRF, FTIR and SEM.

The results showed that there was an effect on the characteristics of lateritic soil mixed with metakaolin. The plasticity index (PI) value decreased constantly due to the effect of metakaolin by 14.75%. The shear angle value increased in the mixture of 2 to 8% metakaolin but decreased the shear angle value at 10% mixture. The maximum shear angle value increased by 21.58%. The CBR soaked value increased in mixtures of 2 to 8% metakaolin but there was a decrease in the CBR soaked value in 10% mixtures at 3 days, 7 days and 14 days of curing time. The maximum CBR soaked value in laterite soil samples mixed with 10% metakaolin during the 14-day curing period with a percentage increase of 43.47%. The maximum q_u value also increased in the 8% metakaolin mixture and decreased in the 10% metakaolin mixture at the 14-day curing time. The increase in q_u value is 42.02%.

Keywords: lateritic soil, metakaolin, curing, CBR soaked

PRAKATA

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Perilaku Nilai CBR Tanah Laterit Yang Dicampur Dengan Metakaolin**” guna memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Magister teknik Sipil pada Program Studi Pasca Sarjana Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan tesis ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik.
2. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
3. Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lambung Mangkurat yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian
4. Keluarga dan teman-teman yang telah membantu dan memberikan bantuan dan dukungan.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Kotabaru, Mei 2024

Dedy Setiawan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah.....	5
2.2 Klasifikasi Tanah	6
2.2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO (<i>American Association of State Highway and Transportation Official</i>).....	7
2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)	9
2.3 Kurva Distribusi Ukuran Butiran.....	12
2.4 Tanah Timbunan	14
2.5 Tanah Laterit.....	17
2.6 Stabilisasi Tanah	18
2.7 Metakaolin	20

2.8 Sifat Fisis Tanah	21
2.8.1 Analisis Ukuran Butiran	21
2.8.2 Berat Volume	22
2.8.3 Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	23
2.8.4 Batas-batas Kosistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	23
2.9 Sifat Mekanis	25
2.9.1 Pemadatan (<i>Compaction</i>)	25
2.9.2 <i>California Bearing Ratio</i> (CBR).....	25
2.9.3 Uji Tekan Bebas	27
2.9.4 Uji Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>)	27
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Metode Penelitian	29
3.1.1 Pengambilan Sampel di Lapangan	29
3.1.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah	29
3.1.2.1 Pengujian Kadar Air (<i>water content</i>)	29
3.1.2.2 Pengujian Berat Volume (γ).....	29
3.1.2.3 Pengujian Berat Jenis (<i>specific gravity</i>).....	29
3.1.2.4 Pengujian Analisa Distribusi Ukuran Butiran Tanah.....	29
3.1.2.5 Pengujian Batas-batas Kosistensi Tanah (<i>Atterberg limit test</i>)....	30
3.1.3 Pengujian Sifat Mekanis Tanah	30
3.1.3.1 Pengujian Pemadatan	30
3.1.3.2 Pengujian CBR.....	30
3.2 Tahap Analisis Data dan Pembahasan	30
3.3 Kesimpulan dan Saran	30
3.4 Bagan Alir Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Uji Kimia Bahan	
4.1.1 Uji XRF(<i>X-Ray Fluoresensi</i>)	33
4.1.2 Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	35
4.2 Propertis Fisik dan Mekanis Tanah Laterit	37
4.3 Hasil Pengujian Batas Kosistensi Dengan Metakaolin	40

4.4 Hasil Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear</i>).....	42
4.5 Berat Volume Kering dan Kadar Air Optimum.....	43
4.6 Hasil Pengujian CBR <i>Soaked</i> Laboratorium.....	45
4.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas (UCT)	46
4.8 Hasil Scanning Electron Microscope (SEM)	48
 BAB V PENUTUP.....	 53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
 DAFTAR RUJUKAN	 55
 LAMPIRAN	 58

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah	7
Tabel II.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.....	8
Tabel II.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS.....	10
Tabel II.4 Sifat Fisik Metakaolin	20
Tabel II.5 Komposisi Kima Metakaolin.....	20
Tabel II.6 Batas Ukuran Jenis Tanah Berdasarkan AASHTO dan USCS	21
Tabel II.7 Perkiraan Nilai Berat Jenis	22
Tabel II.8 Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai CBR	26
Tabel IV.1 Komposisi Oksida Kimia Tanah Laterit dan Metakaolin	33
Tabel IV.2 Komposisi Unsur Kimia Tanah Laterit dan Metakaolin.....	34
Tabel IV.3 Hasil Pengujian Fisik Tanah Laterit	38
Tabel IV.4 Hasil Pengujian Mekanis Tanah Laterit	39
Tabel IV.5 Hasil Pengujian <i>Atterberg</i> Dengan Metakaolin	40
Tabel IV.6 Hasil Pengujian <i>Direct Shear</i>	42
Tabel IV.7 Nilai MDD dan OMC Pengujian Pemadatan <i>Modified</i>	44
Tabel IV.8 Hasil Uji CBR <i>Soaked</i>	44
Tabel IV.9 Hasil Uji UCT Terhadap Nilai Kuat Tekan (q_u) dan Kohesi (c_u).....	48
Tabel IV.7b Hasil Uji UCT Terhadap Nilai c_u	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kurva distribusi ukuran butiran	12
Gambar II.2 Analisis distribusi ukuran butiran	14
Gambar II.3 Sampel metakaolin	20
Gambar II.4 Batas-batas <i>atterberg</i>	23
Gambar II.5 Diagram plastisitas	24
Gambar II.6 Prinsip uji tekan bebas	26
Gambar II.7 Lingkaran Mohr	27
Gambar III.1 Diagram alir (<i>flowchart</i>) penelitian	32
Gambar IV.1 Komposisi mineralogi tanah laterit dicampur metakaolin waktu Pemeraman 14 hari	35
Gambar IV.2 Spektra FTIR tanah laterit	36
Gambar IV.3 Spektra FTIR tanah laterit dicampur metakaolin	37
Gambar IV.4 Grafik distribusi butiran tanah laterit	38
Gambar IV.5 Diagram klasifikasi tanah sistem USCS	37
Gambar IV.6 Variasi <i>Atterberg limit</i> tanah laterit dicampur metakaolin	40
Gambar IV.7 Diagram plastisitas USCS tanah laterit dengan metakaolin	41
Gambar IV.8 Hubungan Variasi Metakaolin Terhadap Nilai Kohesi	42
Gambar IV.9 Hubungan Variasi Metakaolin Terhadap Nilai Sudut Gesek	43
Gambar IV.10 Grafik Nilai OMC dan MDD	44
Gambar IV.11 Grafik Nilai CBR <i>Soaked</i>	45
Gambar IV.12 Grafik Nilai q_u	48
Gambar IV.13 Mikrograf SEM Tanah Laterit dan tanah laterit dicampur Metakaolin	52

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Koefisien Keseragaman (C_u).....	13
Persamaan 2.2 Koefisien Gradasi (C_c)	13
Persamaan 2.3 Proses Kimia Kaolin Menjadi Metakaolin.....	13
Persamaan 2.4 Berat Isi.....	21
Persamaan 2.5 Berat Isi.....	21
Persamaan 2.6 Berat Isi.....	21
Persamaan 2.7 Berat Jenis	22
Persamaan 2.8 Nilai Indeks Plastisitas.....	23
Persamaan 2.9 Kekuatan Geser.....	27
Persamaan 2.10 Kekuatan Geser.....	28
Persamaan 2.11 Tegangan Normal	28
Persamaan 2.12 Tegangan Efektif.....	28