

TESIS
TEKANAN PENGEMBANGAN DAN PEMAMPATAN
CAMPURAN KITOSAN, BENTONIT, DAN PASIR
YANG DIPADATKAN

SHYLENA KINDA ANASTHASIA



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

2025

TESIS
TEKANAN PENGEMBANGAN DAN PEMAMPATAN
CAMPURAN KITOSAN, BENTONIT, DAN PASIR
YANG DIPADATKAN

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

Oleh
SHYLENA KINDA ANASTHASIA
2320828320001



REKAYASA GEOTEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2025

LEMBAR PENGESAHAN
TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK SIPIL

**Tekanan Pengembangan dan Pemampatan Campuran Kitosan, Bentonit,
dan Pasir yang Dipadatkan**

Oleh

Shylena Kinda Anasthasia (2320828320001)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada (15 Januari) 2025 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Ketua : Dr. Ir. Rustam Effendi, M.A.Sc., Ph.D
NIP. 19620426 199003 1 001

Anggota 1 : Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.
NIP. 19790723 200501 2 005

Anggota 2 : Prof. Dr. Ir. Rusdianyah, S.T., M.T.
NIP. 19740809 200003 1 001

Anggota 3 : Dr. Ir. Muhammad Afief Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP. 19841031 200812 1 001

Pembimbing Utama : Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19750719 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 200501 2 005

TESIS

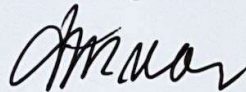
Judul Tesis : Tekanan Pengembangan dan Pemampatan Campuran Kitosan,
Bentonit, dan Pasir yang Dipadatkan

Nama : Shylena Kinda Anasthasia

NIM : 2320828320001

Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

NIP. 19750719 200003 1 001

Koordinator Program Studi

Magister Teknik Sipil



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

NIP. 19790723 200501 2 005

TESIS

TEKANAN PENGEMBANGAN DAN PEMAMPATAN CAMPURAN KITOSAN, BENTONIT, DAN PASIR YANG DIPADATKAN

SHYLENA KINDA ANASTHASIA

2320828320001

Tesis ini telah diuji dan telah diperbaiki pada tanggal 16 Januari 2025

Tim penguji/penilai:

Dr. Ir. Rustam Effendi, M.A.Sc., Ph.D
NIP. 19620426 199003 1 001

Ketua

.....


Dr. Nursiah Chairunnisa, S.T., M.Eng.
NIP. 19790723 200501 2 005

Sekretaris

.....


Prof. Dr. Ir. Rusdianyah, S.T., M.T.
NIP. 19740809 200003 1 001

Anggota 1

.....



Dr. Ir. Muhammad Afief Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP. 19841031 200812 1 001

Anggota 2

.....


Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.
NIP. 19750719 200003 1 001

Pembimbing Utama

.....


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, 16 Januari 2025

Yang membuat Pernyataan



Handwritten signature of Shylena Kinda Anasthasia.

Shylena Kinda Anasthasia

2320828320001

ABSTRAK

Tekanan Pengembangan dan Pemampatan Campuran Bentonit, Kitosan, dan Pasir yang Di Padatkan

Shylena Kinda Anasthasia

2320828320001

Prof. Dr.-ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., IPM

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat tekanan pengembangan dan pemampatan campuran bentonit, kitosan, dan pasir yang dipadatkan melalui pengujian di Laboratorium. Fokus utama dari penelitian ini adalah memahami karakteristik tekanan pengembangan dan pemampatan dari campuran bentonit, kitosan, dan pasir ketika mengalami kondisi pemadatan. Bentonit adalah tanah lempung yang terkenal dengan kapasitas ekspansinya yang mampu mengembang berkali-kali lipat jika mengalami kontak langsung dengan air, sedangkan kitosan adalah polimer alami yang bersifat biokompatibel dan biodegradabel, serta pasir yang berperan sebagai bahan penambah kekuatan struktural. Kombinasi ketiga bahan ini dieksplorasi untuk aplikasi teknik sipil seperti pengembangan material ramah lingkungan, yaitu sebagai *liner* pada Tempat Pengolahan Akhir (TPA). Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengukur karakteristik fisik dan mekanis dari campuran dengan kadar proporsi campuran 98% bentonit-2% kitosan, setelah pencampuran diambil 10% campuran bentonit-kitosan dan kemudian ditambahkan 90% pasir. Pengukuran tekanan pengembangan (*swelling pressure test*) dan pengujian pemampatan (*compressibility test*) dilakukan dengan konsolidometer. Hasil indeks pengembangan (C_s) pada pemadatan *standard proctor* dan *elevated proctor* untuk campuran bentonit-kitosan-pasir 100%, campuran bentonit-kitosan-pasir 95%, dan campuran bentonit-pasir 95% berturut-turut yaitu pada pemadatan *standard proctor* 0,026; 0,029 dan 0,028; 0,032. Sedangkan untuk pemadatan *elevated proctor* 0,025; 0,027 dan 0,026; 0,030. Hasil indeks pemampatan (C_c) pada pemadatan *standard proctor* dan *elevated proctor* untuk campuran bentonit-kitosan-pasir 100%, campuran bentonit-kitosan-pasir 95%, dan campuran bentonit-pasir 95% berturut-turut yaitu pada pemadatan *standard proctor* 0,110; 0,126 dan 0,155; 0,124. Sedangkan untuk pemadatan *elevated proctor* 0,092; 0,115 dan 0,136; 0,138. Pada hasil persentase pengembangan diperoleh hasil berupa penambahan kitosan menghasilkan struktur tanah yang lebih stabil dan efektif mengurangi potensi pengembangan. Pada hasil uji tekanan pengembangan menunjukkan bahwa campuran bentonit-kitosan-pasir kepadatan 95% memiliki tekanan pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan campuran bentonit-pasir kepadatan 95%, sedangkan tekanan pengembangan paling rendah terjadi pada campuran bentonit-kitosan-pasir kepadatan 100%. Pada hasil uji pemampatan, adanya kitosan menyebabkan campuran lebih tahan terhadap deformasi dibandingkan tanpa kitosan. Semakin padat campuran, maka semakin kecil deformasi yang terjadi.

Kata kunci: Pengembangan, pemampatan, bentonit, kitosan, pasir

ABSTRACT

Swelling Pressure and Compressibility of Compactive Bentonite, Kitosan, and Sand Mixture

Shylena Kinda Anasthasia

2320828320001

Prof. Dr.ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., IPM

This study aims to evaluate the swelling pressure and compressibility properties of compacted mixtures of bentonite, chitosan, and sand through laboratory testing. The main focus of the research is to understand the characteristics of swelling pressure and compressibility of bentonite-chitosan-sand mixtures under compaction conditions. Bentonite is a clay known for its expansive capacity, which can swell several times its original size upon direct contact with water, while chitosan is a natural polymer that is biocompatible and biodegradable, and sand serves as a material to enhance structural strength. The combination of these three materials is explored for civil engineering applications, such as developing environmentally friendly materials for use as liners in landfills. Laboratory tests were conducted to measure the physical and mechanical characteristics of the mixture with a composition of 98% bentonite and 2% chitosan. After mixing, 10% of the bentonite-chitosan mixture was combined with 90% sand. Swelling pressure tests and compressibility tests were conducted using a consolidometer. The swelling index (C_s) results for standard Proctor and elevated Proctor compaction for 100% bentonite-chitosan-sand mixture, 95% bentonite-chitosan-sand mixture, and 95% bentonite-sand mixture were as follows: for standard Proctor compaction, 0,026, 0,029, and 0,028, 0,032 respectively. For elevated Proctor compaction, the values were 0,025, 0,027, and 0,026, 0,030. The compressibility index (C_c) results for standard Proctor and elevated Proctor compaction for 100% bentonite-chitosan-sand mixture, 95% bentonite-chitosan-sand mixture, and 95% bentonite-sand mixture were as follows: for standard Proctor compaction, 0,110, 0,126, and 0,155, 0,124 respectively. For elevated Proctor compaction, the values were 0,092, 0,115, and 0,136, 0,138. The swelling percentage results indicate that the addition of chitosan produces a more stable soil structure and effectively reduces swelling potential. The swelling pressure test results show that the 95% bentonite-chitosan-sand mixture exhibited higher swelling pressure compared to the 95% bentonite-sand mixture, while the lowest swelling pressure occurred in the 100% bentonite-chitosan-sand mixture. In the compressibility test results, the presence of chitosan made the mixture more resistant to deformation compared to mixtures without chitosan. The denser the mixture, the smaller the deformation observed.

Keywords: Swelling, compressibility, bentonite, chitosan, sand

PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah segala Puji dan Syukur kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Dan juga tidak lupa saya haturkan shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad Shallahu Alaihi Wassalam yang telah membawa kita berada di zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Berkat niat, usaha dan do'a maka penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis dengan judul "Tekanan Pengembangan & Pemampatan Campuran KITOSAN, Bentonit, dan Pasir yang Dipadatkan".

Penulisan Tesis ini dilakukan untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Magister Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat. Didalam proses penulisan ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan tepat waktu.

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	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Bentonit Sebagai Material Liner	6
2.1.1 Sifat dan Karakteristik Bentonit	7
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Bentonit Sebagai <i>Liner</i> TPA	9
2.1.3 Studi Terkait Penggunaan Bentonit Sebagai <i>Liner</i>	10
2.1.4 Kitosan Sebagai Aditif Biopolimer	11
2.2 Definisi dan Sifat Kitosan	12
2.2.1 Potensi Kitosan Dalam Meningkatkan Sifat Mekanik dan Ketahanan Air Pada Material Tanah	14
2.2.2 Studi Terkait Penggunaan Kitosan Dalam Rekayasa Tanah	15
2.2.3 Penggunaan Pasir Dalam Campuran Tanah Lempung	16
2.3 Peran Pasir Dalam Campuran Tanah Lempung	16

2.3.1	Dampak Penambahan Pasir Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrolik Campuran Tanah Lempung.....	18
2.3.2	Campuran Bentonit-Kitosan-Pasir	18
2.4	Studi-studi Terdahulu Campuran Bentonit-Kitosan-Pasir	19
2.4.1	Karakteristik Fisik dan Kimia dari Campuran Bentonit-Kitosan-Pasir 19	
2.4.2	Pengaruh Komposisi Campuran Terhadap Tekanan Pengembangan dan Pemampatan	23
2.5	Metode Pemadatan.....	24
2.5.1	Metode Pemadatan Standard Proctor dan Elevated Proctor	27
2.5.2	Studi Terdahulu yang Menggunakan Metode Ini Untuk Karakterisasi Campuran Tanah	29
2.6	Tekanan Pengembangan (<i>Swelling Pressure</i>) dan Pemampatan (<i>Compressibility</i>).....	31
2.6.1	Definisi dan Pentingnya Pengukuran Tekanan Pengembangan dan Pemampatan.....	32
2.6.2	Studi Terkait Pengaruh Penambahan Aditif Terhadap Tekanan Pengembangan dan Pemampatan Pada Campuran Tanah	38
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Pendahuluan.....	39
3.2	Desain Penelitian	41
3.3	Bahan dan Alat.....	42
3.3.1	Bentonit.....	42
3.3.2	Kitosan	43
3.3.3	Pasir	43
3.3.4	Alat.....	44
3.4	Persiapan Sampel.....	45
3.4.1	Persiapan Bahan.....	45
3.5	Pelaksanaan Uji Tekanan Pengembangan (<i>Swelling Pressure Test</i>)	47
3.5.1	Prosedur Pengujian	47
3.6	Pelaksanaan Uji Pemampatan (<i>Compressibility Test</i>)	47
3.6.1	Prosedur Pengujian	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Sifat Teknis Pasir	49

4.2	Uji FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>)	49
4.3	Uji SEM-EDX (<i>Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i>)	50
4.4	Tekanan Pengembangan (<i>Swelling Pressure</i>)	56
4.4.1	Indeks Pengembangan (<i>Swelling Index</i>)	56
4.4.2	Persentase Pengembangan (<i>Percent Swelling</i>)	59
4.4.3	Uji Tekanan Pengembangan (<i>Swelling Pressure</i>)	61
4.5	Pemampatan (<i>Compressibility</i>)	63
4.5.1	Indeks Pemampatan (<i>Compression Index</i>).....	63
4.5.2	Uji Pemampatan (<i>Compressibility Test</i>).....	66
4.5.3	Koefisien Konsolidasi (<i>Cv</i>)	67
BAB V PENUTUP		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran	73
DAFTAR RUJUKAN		74

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Hasil Pengujian Pemadatan	31
Tabel II.2 Hubungan untuk indeks Pemampatan C_c^*	36
Tabel III.1 Nomenklatur Lambang Sampel.....	41
Tabel III.2 Sifat Teknis Bentonit yang digunakan	42
Tabel III.3 Bagian Klasifikasi Tanah (SNI-6371-2015).....	44
Tabel IV.1 Hasil Uji Sifat Teknis Pasir.....	49
Tabel IV.2 Uraian Hasil Analisis dari Pengujian EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) untuk Bentonit-Pasir	54
Tabel IV.3 Uraian Hasil Analisis dari Pengujian EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) untuk Bentonit-Kitosan-Pasir	56
Tabel IV.4 Hasil Pengujian Indeks Pengembangan (Cs).....	58
Tabel IV.5 Hasil Perhitungan Persentase Pengembangan Berdasarkan Hasil Uji Free Swell.....	60
Tabel IV.6 Hasil Pengujian Tekanan Pengembangan (Swelling Pressure)	62
Tabel IV.7 Hasil Pengujian Indeks Pemampatan	65
Tabel IV.8 Hasil Perhitungan Koefesien Konsolidasi (C_v).....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Fotomikrograf bentonit dalam perbesaran 500x menggunakan ESEM	7
Gambar II.2 Fotomikrograf bentonit dalam perbesaran 2000x menggunakan ESEM.....	8
Gambar II.3 Sketsa diagramatik struktur mineral montmorilonit.....	9
Gambar II.4 Struktur Kitin (a) dan Struktur Kitosan (b)	13
Gambar II.5 Contoh data hasil pengujian FTIR	21
Gambar II.6 Contoh data hasil pengujian SEM	22
Gambar II.7 Contoh data hasil pengujian XRF.....	22
Gambar II.8 Contoh data hasil pengujian XRD	23
Gambar II.9 Prinsip pemadatan.....	26
Gambar II.10 Alat uji standard proctor: a. cetakan dan b. penumbuk	28
Gambar II.11 Grafik Uji Pemadatan	31
Gambar II.12 Persentase perubahan tinggi terhadap tekanan beban	34
Gambar II.13 Karakteristik konsolidasi lempung yang terkonsolidasi secara normal (normally consolidated) dengan sensitifitas rendah sampai sedang	35
Gambar II.14 Metode Logaritma-waktu	37
Gambar II.15 Metode Akar Waktu	37
Gambar III.1 Diagram Alur Penelitian.....	40
Gambar III.2 Alat Oedometer	45
Gambar III.3 Alat Konsolidometer	45
Gambar IV.1 Hasil Uji FTIR.....	50
Gambar IV.2 Hasil pengujian SEM untuk Bentonit-Pasir (a) perbesaran 500x, (b) perbesaran 1000x, dan (c) perbesaran 5000x.....	52
Gambar IV.3 Hasil pengujian SEM untuk Bentonit- Kitosan-Pasir (a) perbesaran 500x, (b) perbesaran 1000x, dan (c) perbesaran 5000x.....	53
Gambar IV.4 Hasil Analisa Spektrum EDX untuk Bentonit-Pasir.....	54
Gambar IV.5 Hasil Analisa Spektrum EDX untuk Bentonit-Kitosan-Pasir.....	55
Gambar IV.6 Cara Menentukan Nilai Indeks Pengembangan (Cs).....	57
Gambar IV.7 Grafik Percent Swelling Vs Waktu.....	59

Gambar IV.8 Hasil Pengujian Tekanan Pengembangan ($e \log P$)	61
Gambar IV.9 Cara Menentukan Nilai Indeks Pemampatan (C_c)	64
Gambar IV.10 Grafik Tekanan (Kg/cm^2) Vs Deformasi Vertikal Vs Waktu (t) ...	66
Gambar IV.11 Grafik Koefesien Konsolidasi (C_v)	68

DAFTAR PERSAMAAN

Pers. (2.1) Kepadatan Kering	24
Pers.(2.2) Kepadatan Basah	25
Pers. (2.3) Berat Volume Basah (γ) = Berat Volume Kering (γ_d)	26
Pers. (2.4) Berat Volume Basah (γ)	26
Pers. (2.5) Berat Volume Kering (γ_d)	26
Pers. (2.6) Berat Volume Basah Berdasarkan Uji Proctor Standard	28
Pers. (2.7) Berat Volume Kering Maksimum Pada Kondisi <i>Zero Air Voids</i>	28
Pers. (2.8) Indeks Pengembangan (<i>Swell Index</i>)	33
Pers. (2.9) Koefisien Permeabilitas (C_{sv})	34
Pers. (2.10) Indeks Pemampatan Untuk Tanah <i>Undisturbed</i>	35
Pers. (2.11) Indeks Pemampatan Untuk Tanah <i>Remolded</i>	35
Pers. (3.1) Koefisien Keseragaman (C_u)	43
Pers. (3.2) Koefisien Kelengkungan (C_c)	44