

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH WAKTU PENCAMPURAN TERHADAP DEFORMASI VERTIKAL PADA CAMPURAN BENTONITE DAN KITOSAN SEBAGAI BAHAN DASAR CLAY LINER**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menempuh Pendidikan  
S-1 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Oleh:

**MUHAMMAD NAUFAL HERFIAN RIZQULLAH**

**NIM. 2110811110010**

Dosen Pembimbing:

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

**NIP. 19750719 200003 1 001**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN  
TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL**

**BANJARBARU**

**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL**

**Analisis Pengaruh Waktu Pencampuran Terhadap Deformasi Vertikal Pada  
Campuran Bentonite dan Kitosan Sebagai Bahan Dasar Clay Liner**

**Oleh**

**Muhammad Naufal Herfian Rizqullah (2110811110010)**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 6 Januari 2025 dan dinyatakan

**L U L U S**

**Komite Penguji :**

**Ketua** : Prof. Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T.  
NIP. 19740809 200003 1 001

**Anggota 1** : Ir. Humaira Afrila, S.T., M.T.  
NIP. 19950411 202321 2 036

**Anggota 2** : Dr. Ir. Rustam Effendi, M.A.Sc.  
NIP. 19620426 199003 1 001

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

Banjarbaru, .....

Diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik**  
**Teknik ULM,**



**Dr. Mahmud, S.T., M.T.**  
NIP. 19740107 199802 1 001

**Koordinator Program Studi**  
**S-1 Teknik Sipil,**



**Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.**  
NIP. 19720826-199802 1 001

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Muhammad Naufal Herfian Rizqullah  
NIM : 2110811110010  
Fakultas : Teknik  
Jurusan : S-1 Teknik Sipil  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS PENGARUH WAKTU  
PENCAMPURAN TERHADAP DEFORMASI  
VERTIKAL PADA CAMPURAN BENTONITE  
DAN KITOSAN SEBAGAI BAHAN DASAR  
CLAY LINER  
Pembimbing : Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Lambung Mangkurat.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis

Muhammad Naufal Herfian Rizqullah  
2110811110010

# **ANALISIS PENGARUH WAKTU PENCAMPURAN TERHADAP DEFORMASI VERTIKAL PADA CAMPURAN BENTONITE DAN KITOSAN SEBAGAI BAHAN DASAR CLAY LINER**

*Muhammad Naufal Herfian Rizqullah<sup>1</sup>, Yulian Firmana Arifin<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Koresponden Penulis: [naufalherfian19@gmail.com](mailto:naufalherfian19@gmail.com)*

## **ABSTRAK**

Kebutuhan akan material ramah lingkungan dengan performa tinggi dalam aplikasi teknik, seperti pelapis tanah dan pengelolaan limbah, telah mendorong penelitian terhadap campuran bentonit dan kitosan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh waktu pencampuran terhadap sifat fisik, kimia, dan konsolidasi campuran bentonit-kitosan yang dimodifikasi menggunakan asam asetat dan sodium tripolyphosphate. Waktu pencampuran bervariasi antara 1 hingga 4 jam untuk masing-masing komponen, dengan analisis meliputi sifat fisik (Liquid Limit, Plastic Limit, dan Plasticity Index), sifat kimia (FTIR), morfologi (SEM), pengembangan (swelling), serta parameter konsolidasi seperti koefisien konsolidasi ( $C_v$ ), indeks kompresi ( $C_c$ ), dan indeks pengembangan ( $C_s$ ), yang diuji menggunakan alat oedometer. Penelitian ini melibatkan pencampuran kitosan dan bentonit menggunakan asam asetat pada suhu  $60^\circ\text{C}$ , dilanjutkan dengan pencampuran menggunakan sodium tripolyphosphate sebagai agen pembentuk ikatan silang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu pencampuran yang lebih lama secara signifikan memengaruhi sifat fisik, kimia, dan karakteristik konsolidasi material. Waktu pencampuran yang lebih lama meningkatkan kapasitas retensi air, sebagaimana ditunjukkan oleh peningkatan nilai Liquid Limit (LL) dan Plasticity Index (PI) pada variasi 2+4. Analisis FTIR menunjukkan keberhasilan pembentukan ikatan silang antara kitosan, bentonit, dan sodium tripolyphosphate, yang didukung oleh hasil SEM yang menunjukkan morfologi material lebih kompak dengan waktu pencampuran lebih panjang. Uji swelling menggunakan oedometer menunjukkan kapasitas pengembangan tertinggi pada variasi 2+4, yaitu hampir mencapai 21%. Parameter konsolidasi menunjukkan bahwa indeks kompresi ( $C_c$ ) pada variasi 1 cenderung lebih tinggi, dengan nilai berkisar antara 0,6 hingga 0,7, dibandingkan dengan 0,4 hingga 0,6 pada variasi 2, yang mencerminkan potensi deformasi vertikal yang lebih besar pada variasi 1. Indeks pengembangan ( $C_s$ ) juga lebih tinggi pada variasi 1, dengan nilai berkisar antara 0,15 hingga 0,2, sementara variasi 2 memiliki nilai yang lebih stabil di sekitar 0,1 hingga 0,15, menunjukkan resistensi yang lebih baik terhadap perubahan volume. Penelitian ini menyimpulkan bahwa waktu pencampuran yang lebih lama meningkatkan interaksi kimia, kapasitas pengembangan, dan stabilitas material, meskipun memperlambat proses konsolidasi. Variasi 2+4 memberikan hasil yang optimal untuk aplikasi yang membutuhkan kapasitas retensi air tinggi, pengembangan maksimal, dan stabilitas struktur, sementara variasi 1 lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan deformasi yang lebih cepat dan fleksibilitas yang lebih tinggi. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperpanjang waktu perendaman hingga proses swelling selesai sepenuhnya dan mengevaluasi

pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik material, khususnya untuk aplikasi di lingkungan nyata.

**Kata Kunci:** Bentonit, Kitosan, Waktu Pencampuran, Pengembangan, Konsolidasi, Indeks Kompresi (Cc), Indeks Pengembangan (Cs), Sodium Tripolyphosphate, Asam Asetat, Sifat Fisik, Sifat Kimia

# ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MIXING TIME ON VERTICAL DEFORMATION IN BENTONITE AND CHITOSAN MIXTURES AS THE BASE MATERIAL FOR CLAY LINERS

*Muhammad Naufal Herfian Rizqullah<sup>1</sup>, Yulian Firmana Arifin<sup>2</sup>*  
*Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat*  
*University*

*Author Correspondent: [naufalherfian19@gmail.com](mailto:naufalherfian19@gmail.com)*

## ABSTRACT

The need for eco-friendly materials with high performance in engineering applications, such as soil liners and waste management, has prompted research on bentonite-chitosan mixtures. This study aims to evaluate the effects of mixing time on the physical, chemical, and consolidation properties of bentonite-chitosan mixtures modified with acetic acid and sodium tripolyphosphate. The mixing time variations were conducted for 1 to 4 hours for each component, with analyses including physical properties (Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index), chemical properties (FTIR), morphology (SEM), swelling, and consolidation parameters, such as the consolidation coefficient (Cv), compression index (Cc), and swelling index (Cs), tested using an oedometer. The study employed mixing of chitosan and bentonite with acetic acid at 60°C, followed by mixing with sodium tripolyphosphate as a crosslinking agent. The results revealed that mixing time significantly affects the physical, chemical, and consolidation characteristics of the material. Longer mixing times enhanced water retention capacity, as indicated by higher Liquid Limit (LL) and Plasticity Index (PI) values in the 2+4 variation. FTIR analysis confirmed successful crosslinking between chitosan, bentonite, and sodium tripolyphosphate, supported by SEM results that showed a more compact morphology with longer mixing times. Swelling tests using an oedometer indicated the highest swelling capacity in the 2+4 variation, reaching nearly 21%. Consolidation parameters showed that the compression index (Cc) in variation 1 was generally higher than in variation 2, ranging from **0.6 to 0.7** for variation 1 and **0.4 to 0.6** for variation 2, reflecting a higher vertical deformation potential in variation 1. The swelling index (Cs) was also higher in variation 1, ranging from **0.15 to 0.2**, while variation 2 exhibited more stable values around **0.1 to 0.15**, indicating better resistance to volume changes. This study concludes that longer mixing times enhance chemical interactions, swelling capacity, and material stability, although they slow down the consolidation process. The 2+4 variation demonstrated optimal results for applications requiring high water retention, maximum swelling, and structural stability, while variation 1 is more suitable for applications demanding faster deformation and higher flexibility. Future research is recommended to extend the initial soaking time until the swelling process is complete and to evaluate its impact on the physical and mechanical properties of the material, especially for real-world applications.

**Keywords:** Bentonite, Chitosan, Mixing Time, Swelling, Consolidation, Compression Index (Cc), Swelling Index (Cs), Sodium Tripolyphosphate, Acetic Acid, Physical Properties, Chemical Properties

## **KATA PENGANTAR**

Bismillahirrahmanirrahim. Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena atas berkah rahmat dan hidayah-Nya jualah tugas akhir ini dapat diselesaikan. Harapan dan doa semoga kita dapat memperoleh kebahagiaan dunia dan akhirat.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menempuh ujian Strata Satu (S1) Pada Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru, dengan judul “Analisis Pengaruh Waktu Pencampuran Terhadap Deformasi Vertikal Pada Campuran Bentonite Dan Kitosan Sebagai Bahan Dasar Clay Liner”.

Keberhasilan penyusunan rancangan tugas akhir ini berkat doa restu dan dukungan banyak pihak, untuk itu penyusun mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya serta seluruh keluarga atas semua cinta, kasih sayang, segala bentuk dukungan, dan doa dari kalian yang tidak pernah berhenti dan sangat berarti.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, saran, dan waktunya, serta dengan sabar memberikan bimbingan dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
3. Segenap dosen Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang telah banyak sekali memberikan ilmu kepada penulis.
4. Sahabat-sahabat Info Tantrum yang telah mewarnai dan menjadi bagian dari perjalanan dunia perkuliahan penulis.
5. Teman dan sahabat yang selalu memberikan semangat dengan caranya masing-masing, memberikan inspirasi dalam hal apapun, serta berbagi pahit manis kehidupan.
6. Keluarga HMS FT ULM, terlebih rekan-rekan Divisi 2 yang banyak memberikan pelajaran berarti selama masa perkuliahan.
7. Semua pihak yang telah memberikan andil besar dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih belum sempurna baik dari segi bahasa, teknik penulisan maupun dari segi keilmuannya. Oleh karenanya, dengan segala ketulusan dan kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini dimasa yang akan datang.

Akhir kata penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat memperkaya ilmu.

Banjarbaru, 2024

Penulis

Muhammad Naufal Herfian Rizqullah

NIM. 2110811110010

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
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 Bentonite .....	6
2.2 Kitosan .....	7
2.3 Clay Liner .....	8
2.4 Campuran <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	9
2.5 Sifat Teknis dan Mekanis Tanah .....	10
BAB III METODE PENELITIAN .....	19
3.1 Bagan Alir Penelitian .....	19
3.2 Studi Literatur .....	21

3.3	Material yang Digunakan.....	21
3.3.1	Bentonite.....	21
3.3.2	Kitosan.....	21
3.4	Benda Uji.....	21
3.5	Karakterisasi Campuran.....	23
3.5.1	Pengujian Sifat Teknis Tanah.....	25
3.5.2	Pengujian Batas Cair ( <i>Liquid Limit</i> ).....	25
3.5.3	Pengujian Batas Plastis ( <i>Plastic Limit</i> ).....	26
3.6	Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	27
3.6.1	Pengujian Konsolidasi.....	27
3.7	Hasil dan Pembahasan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
4.1	Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Bahan.....	31
4.1.1	Sifat Fisik <i>Bentonite</i> .....	31
4.1.2	Sifat Kimia <i>Bentonite</i> .....	31
4.1.3	Sifat Fisik Kitosan.....	34
4.1.4	Sifat Kimia Kitosan.....	34
4.2	Pengaruh Waktu Campuran Terhadap Sifat Fisik, Kimia, dan Mikroskopik 35	
4.2.1	Sifat Fisik Campuran <i>Bentonite</i> -Kitosan.....	35
4.2.2	Sifat Kimia Campuran <i>Bentonite</i> -Kitosan.....	39
4.2.3	Analisis Mikroskopik Campuran <i>Bentonite</i> -Kitosan.....	41
4.3	Parameter-Parameter Konsolidasi Campuran <i>Bentonite</i> -Kitosan.....	43
4.3.1	<i>Swelling Potensial</i> (Potensi Mengembang).....	43
4.3.2	Indeks Pemampatan ( <i>C<sub>c</sub></i> ) dan Indeks Konsolidasi ( <i>C<sub>s</sub></i> ).....	48

4.3.3	Koefisien Konsolidasi ( $C_v$ ) .....	57
4.3.4	Implikasi Terhadap Aplikasi Teknik .....	62
4.4	Diskusi Hasil .....	64
4.4.1	Perbandingan Dengan Penelitian Sebelumnya .....	64
BAB V.....		66
PENUTUP.....		66
5.1	Kesimpulan .....	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....		69
LAMPIRAN-A.....		74
LAMPIRAN-B.....		90
LAMPIRAN-C.....		97
LAMPIRAN-D.....		101

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kitosan .....	8
Gambar 2. 2 Struktur Tiga Dimensi dari <i>Montmorillonit</i> .....	9
Gambar 2. 3 Batas-batas Konsistensi ( <i>Atterberg Limits</i> ).....	11
Gambar 2. 4 Diagram plastisitas ( <i>Plasticity Chart</i> ).....	12
Gambar 2. 5 Metode <i>Log Time Fitting</i> untuk menentukan $C_v$ .....	16
Gambar 2. 6 Metode <i>Square root fitting</i> .....	17
Gambar 3. 1 Bagan Alir (flowchart) Penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Contoh Data Hasil Dari Pengujian FTIR .....	23
Gambar 3. 3 Contoh Pengujian Sampel Uji SEM.....	24
Gambar 3. 4 Contoh Data Hasil Pengujian XRD.....	25
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji XRF <i>Bentonite</i> .....	32
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji XRD Spectra <i>Bentonite</i> .....	33
Gambar 4. 3 Kitosan .....	34
Gambar 4. 4 Kitosan Ketika dilarutkan dengan Asam Asetat .....	34
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji FTIR Kitosan.....	35
Gambar 4. 6 <i>Liquid Limit</i> .....	38
Gambar 4. 7 <i>Plastic Limit</i> .....	39
Gambar 4. 8 <i>Plasticity Index</i> .....	39
Gambar 4. 9 Hasil Uji FTIR Campuran <i>Bentonite</i> -Kitosan.....	40
Gambar 4. 10 Hasil SEM-EDX Variasi 1+1 Perbesaran 20.000x .....	41
Gambar 4. 11 Hasil SEM-EDX Variasi 1+4 Perbesaran 20.000x .....	41
Gambar 4. 12 Hasil SEM-EDX Variasi 2+1 Perbesaran 20.000x .....	42
Gambar 4. 13 Hasil SEM-EDX Variasi 2+4 Perbesaran 20.000x .....	42

Gambar 4. 14 Hubungan antara waktu dan swelling pada perlakuan (1 + X jam)	45
Gambar 4. 15 Hubungan antara waktu dan swelling pada perlakuan (2 + X jam)	46
Gambar 4. 16 Hubungan %Pressure Variasi 1+, Variasi 2+, dan <i>Bentonite</i> .....	47
Gambar 4. 17 Karakteristik konsolidasi lempung yang terkonsolidasi secara normal (normally consolidated) dengan sensitivitas rendah sampai sedang.....	49
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 1 + 1 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	50
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 1 + 2 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	50
Gambar 4. 20 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 1 + 3 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	51
Gambar 4. 21 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 1 + 4 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	51
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 2 + 1 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	52
Gambar 4. 23 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 2 + 2 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	52
Gambar 4. 24 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 2 + 3 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	53
Gambar 4. 25 Grafik Hubungan angka pori (e) dengan tekanan (p) Variasi 2 + 4 <i>Bentonite</i> dan Kitosan .....	53
Gambar 4. 26 Nilai Cc Untuk Variasi 1+ , Variasi 2+ dan <i>Bentonite</i> .....	54
Gambar 4. 27 Nilai Cs Untuk Variasi 1+ , Variasi 2+ dan <i>Bentonite</i> .....	56
Gambar 4. 28 Metode akar-waktu ( <i>square root of time method</i> ).....	58
Gambar 4. 29 Penurunan vs akar waktu campuran sampel <i>bentonite</i> -kitosan variasi waktu 2+4.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi Waktu Pencampuran.....	22
Tabel 4. 1 Sifat <i>bentonite</i> yang digunakan pada penelitian ini .....	31
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Atterberg Limit .....	36
Tabel 4. 3 Nilai Pengembangan Campuran 1 + X jam .....	43
Tabel 4. 4 Nilai Pengembangan Campuran 2 + x jam .....	45
Tabel 4. 5 Nilai % Pressure pada Variasi Campuran Bentonite dan Kitosan .....	48
Tabel 4. 6 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi.....	58
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Sampel Konsolidasi Beban 16 Kg Campuran Bentonite-Kitosan Variasi Waktu 2+4.....	59
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Nilai Rata-Rata Cv .....	60