

TESIS
PERILAKU TEKNIS CAMPURAN BENTONIT–
KITOSAN - PASIR YANG DIPADATKAN SEBAGAI
BAHAN DASAR *CLAY LINER*

ERWANSYAH



REKAYASA GEOTEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2023

TESIS
PERILAKU TEKNIS CAMPURAN BENTONIT–
KITOSAN - PASIR YANG DIPADATKAN SEBAGAI
BAHAN DASAR *CLAY LINER*

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

Oleh
ERWANSYAH
NIM. 1920828310012



REKAYASA GEOTEKNIK
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2023

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS PROGRAM STUDI S-2 TEKNIK SIPIL

**Perilaku Teknis Campuran Bentonit - Kitosan - Pasir Yang Dipadatkan
Sebagai Bahan Dasar *Clay Liner***

Oleh :

ERWANSYAH

1920828310012

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 4 Juli 2023 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :

Ketua / Penguji I : Dr. Ir. Rusdiansyah, S.T., M.T., IPM
NIP. 19740809 200003 1 001

Sekretaris / Penguji II/ Tim Tesis : Ade Yuniati Pratiwi, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19900306 202203 2 010

Anggota 1 / Penguji III : Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.
NIP. 19720826 199802 1 001

Anggota 2 / Penguji IV : Ir. M. Afief Ma'ruf, S.T., M.T., IPM
NIP. 19841031 200812 1 001

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

Banjarmasin, 4 Juli 2023
Diketahui dan disahkan oleh :

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program
S-2 Teknik Sipil



Dr. Mahmud, ST., M.T.
NIP. 19740107 199802 1 001

Dr. Eng. Irfan Prasetya, S.T., M.T.
NIP. 19851026 200812 1 001

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan penelitian yang 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 pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima hukuman dari ketidakbenaran pernyataan tersebut

Banjarmasin, 4 Juli 2023

Yang Membuat Pernyataan



ERWANSYAH

NIM. 1920828310012

ABSTRAK

Perilaku Teknis Campuran Bentonit–Kitosan-Pasir yang Dipadatkan sebagai Bahan Dasar *Clay Liner*

Erwansyah

NIM. 1920828310012

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

Geoteknik adalah ilmu geologi yang masih berhubungan dengan lingkungan seperti seperti halnya pembangunan tempat pemrosesan akhir (TPA) sampah dengan membuat material penghalang (*clay liner*). Satu kelemahan dari TPA adalah merembesnya air lindi yang dapat mencemari lingkungan. Parameter yang penting bagi keberhasilan *clay liner* adalah permeabilitas. Permeabilitas tanah merupakan kemampuan tanah untuk mengalirkan air melalui pori tanah. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis efektifitas penggunaan material baru sebagai alternatif lapisan penghalang tersebut yaitu campuran pasir, bentonit, dan kitosan.

Sebelum dicampur dengan bentonit, kitosan aktifkan pada larutan 2% (v/v) *acidic acid*. Kitosan, bentonit dan pasir dengan ratio pasir tertentu (yaitu 90%, 80%, dan 70%) ditambahkan ke dalam larutan dan diaduk selama 2 jam. Campuran ditambah dengan *sodium tripolyphosphate* 100ml dan diaduk selama 4 jam. Campuran tersebut dicuci dengan aquades sampai pH 7 dan dikeringkan di oven 60°C. Material ini diuji sifat karakteristiknya dengan uji Mikroskpois. Untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat teknisnya, sampel dipadatkan dengan berat volume kering 1,6 t/m³ pada kadar air 10% dan diuji permeabilitas dan uji geser langsung.

Berdasarkan hasil analisis secara umum, pengaruh campuran pasir dan bentonit – kitosan pada koefisien permeabilitas pada kepadatan 1,6 gr/cm³ dan kadar air 10% dihasilkan semakin kecil dengan bertambahnya kadar bentonite dan kitosan. Hanya saja, selisihnya tidak terlalu besar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel campuran 90% pasir dengan 10% Bentonit+Kitosan sudah cukup dipakai untuk lapisan *clay liner* pada TPA. Penambahan bentonit-kitosan pada campuran tidak terlalu banyak mempengaruhi nilai sudut geser dan kohesi dalam sampel.

Kata kunci: Pasir, Bentonit, Kitosan, *Clay Liner*, Permeabilitas.

ABSTRACT

Technical Behavior of Compacted Bentonite–Chitosan-Sand Mixture as Base Clay Liner

Erwansyah

NIM. 1920828310012

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

Geotechnical is a geological science that is still related to the environment, such as the construction of a landfill by making clay liners. One weakness of the landfill is the seepage of leachate, which can pollute the environment. An important parameter for the success of a clay liner is permeability. Soil permeability is the ability of the soil to drain water through the soil pores. The goal of this study was to find out how well a mixture of sand, bentonite, and chitosan, which is a new material, works as an alternative to the barrier layer.

Before being mixed with bentonite, chitosan was activated in a 2% (v/v) acidic acid solution. Chitosan, bentonite & sand with a certain ratio (i.e., 90%, 80%, and 70%) were added to the solution and stirred for 2 hours. The mixture was stirred for 4 hours after 100 ml of sodium tripolyphosphate was added. The mixture was washed with distilled water to pH 7 and dried in an oven at 60 °C. This material was tested for its physical and chemical properties by Microscope tests. To determine the effect on its technical properties, apart from plasticity, the sample was compacted with a dry volume weight of 1.6 t/m^3 at a moisture content of 10% and tested for permeability and direct shear test.

Based on the results of the general analysis, the effect of a mixture of sand and bentonite-chitosan on the permeability coefficient at a density of 1.6 gr/cm^3 and a water content of 10% was reduced with increasing bentonite and chitosan levels. However, the difference is not that big. So it can be concluded that a mixed sample of 90% sand with 10% Bentonite + Chitosan is sufficient for the clay liner layer in the TPA. The addition of bentonite-chitosan to the mixture did not significantly affect the shear angle and cohesion values in the sample.

Keywords: Sand, Bentonite, Chitosan, Clay Liner, Permeability.

PRAKATA

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul “Perilaku Teknis Campuran Bentonit–Kitosan-Pasir yang Dipadatkan sebagai Bahan Dasar *Clay Liner*” dapat diselesaikan dengan baik.

Tesis ini merupakan salah satu persyaratan yang ditetapkan dalam kurikulum Program S2 Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT). Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih pada semua pihak atas bantuan dan bimbingannya dalam penyusunan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini tidak lupa saya ucapkan terima kasih kepada pihak- pihak yang banyak membantu saya dalam penyusunan Tesis ini yaitu:

1. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan doa restu, memberikan semangat, memfasilitasi saya hingga apa yang saya cita-citakan tercapai.
2. Bapak Prof. Dr-Ing. Yulian Firmana Arifin, S.T.,M.T.IPM selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir ini yang telah mengarahkan dan membimbing penyusunan untuk menyelesaikan Tesis ini dengan baik.

Penulis menyadari Tesis ini masih belum matang karena terbatasnya data yang didapat, untuk itu diperlukan penelitian lanjutan untuk melengkapi penelitian ini kedepannya.

Akhir kata, besar harapan agar Tesis ini dapat bermanfaat kedepannya.

Banjarmasin, Juli 2023

Erwansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL TESIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABTRACT	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
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	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bentonit – Kitosan - Pasir	6
2.2.1 Bentonit.....	6
2.2.2 Kitosan	7
2.2.3 Pasir.....	8
2.2.4 Campuran Polimer- <i>Montmorillonite</i>	9
2.2.5 Campuran Bentonit, Kitosan dan Pasir	9

2.2 Clay Liner	11
2.2.1 Tipe-Tipe Lapisan Sistem Liner	13
2.2.2 Lempung yang Dapat Digunakan untuk Liner TPA	13
2.2.3 Parameter untuk Desain TPA.....	16
2.3 Pengaruh Penambahan Kitosan pada Bentonite Terhadap Karakteristik Kimia Campuran	17
2.3.1 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>).....	17
2.3.2 FTIR (<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i>)	19
2.3.3 SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)	20
2.4 Sifat Teknis	22
2.4.1 Permeabilitas.....	22
2.4.2 Uji Geser Langsung	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Material yang Digunakan.....	28
3.1.1 Bentonit.....	28
3.1.2 Kitosan	28
3.1.3 Pasir.....	29
3.1.4 Persiapan Benda Uji.....	29
3.2 Pengujian Campuran	30
3.2.1 Uji Mikroskopis	30
3.2.2 Permeabilitas.....	30
3.2.3 Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>).....	31
3.3 Diagram Alur Penelitian	34

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Uji Karakteristik Campuran Menggunakan Mikroskop.....	36
4.2 Sifat Teknis Pasir	40
4.2 Sifat Mekanis Campuran Bentonit-Kitosan-Pasir	40
BAB V PENUTUP.....	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR RUJUKAN	49
LAMPIRAN I HASIL UJI LABORATORIUM.....	54
LAMPIRAN II DOKUMENTASI KEGIATAN	64

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Klasifikasi Permeabilitas Tanah.....	25
Tabel II.2 Harga-Harga Sudut Geser untuk Kondisi <i>Grained</i> pada Tanah Pasir dan Lanau.....	27
Tabel III.1 Sifat bentonite yang digunakan pada penelitian ini	28
Tabel IV.1 Perbandingan Ukuran Pori dengan Uji Mikroskop.....	39
Tabel IV.2 Uji Sifat Teknis Pasir	40
Tabel IV.3 Nilai Koefisien Permeabilitas	43
Tabel IV.4 Perbandingan Koefisien Permeabilitas dengan penelitian sebelumnya.....	44
Tabel IV.5 Nilai Uji Geser Langsung	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Sketsa Struktur <i>Montmorillonite</i>	6
Gambar II.2. Stuktur Kitosan.....	8
Gambar II.3. Sketsa struktur mikro <i>bentonite</i>	11
Gambar II.4. <i>Sanitary Landfill</i>	11
Gambar II.5. Sistem liner yang digunakan di beberapa negara di dunia	13
Gambar II.6. Bagan Plastisitas dan kecocokan material sebagai liner.....	14
Gambar II.7. Zona yang dapat diterima untuk liner.....	15
Gambar II.8. Hubungan kadar air dengan permeabilitas beberapa lempung yang dipadatkan dengan dua energi yang berbeda (yaitu Modified Proctor (MP) dan Standard Proctor (SP))	16
Gambar II.9. Hasil Uji XRD Bentonite dan Campuran Kitosan-Bentonit.....	18
Gambar II.10. Detail Hasil XRD pada 2θ antara 18° - 24°	18
Gambar II.11. Detail Hasil XRD pada 2θ antara 24° - 30°	19
Gambar II.12. Hasil Uji FTIR Campuran Bentonite-Kitosan	20
Gambar II.13. Hasil SEM Sampel Bentonite dan Campuran Bentonit-Kitosan...	21
Gambar II.14. <i>Constant Head Permeameter</i>	24
Gambar II.15. Alat Uji <i>Direct Shear</i>	26
Gambar III.1. Alat Permeabilitas	31
Gambar III.2. Alat <i>Direct Shear Test</i>	32
Gambar III.3. Bagan Alir Penelitian	35
Gambar IV.1. Foto mikroskopik 90% Pasir dan 10% Bentonit-Kitosan	36
Gambar IV.2. Foto mikroskopik Bentonit-Kitosan-Pasir dengan komposisi 80% pasir	37
Gambar IV.3. Foto mikroskopik 70% Pasir dan 30% Bentonit-Kitosan	37

Gambar IV.4. Perbandingan Ukuran Pori pada Variasi Campuran Bentonit, Kitosan dan Pasir	38
Gambar IV.5. Grafik Koefisien Permeabilitas Campuran Pasir 90 % dan Bentonit + Kitosan 10%.....	41
Gambar IV.6. Grafik Koefisien Permeabilitas Campuran Pasir 80 % dan Bentonit + Kitosan 20%.....	41
Gambar IV.7. Grafik Koefisien Permeabilitas Campuran Pasir 70 % dan Bentonit + Kitosan 30%.....	42
Gambar IV.8. Grafik Gabungan dari Tiap Variasi Campuran	42
Gambar IV.9. Grafik Hubungan Kadar Campuran Bentonit + Kitosan dengan Koefisien Permeabilitas	43
Gambar IV.10. Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya...	44
Gambar IV.11. Grafik Hubungan σ vs t pada Benda Uji Pasir dengan Campuran Bentonit + Kitosan 10%.....	45
Gambar IV.12. Grafik Hubungan σ vs t pada Benda Uji Pasir dengan Campuran Bentonit + Kitosan 20%.....	45
Gambar IV.13. Grafik Hubungan σ vs t pada Benda Uji Pasir dengan Campuran Bentonit + Kitosan 30%.....	46
Gambar IV.14. Grafik Hubungan Kadar Campuran Bentonit + Kitosan dengan Nilai Kohesi dan Sudut Geser	47

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Kecepatan Aliran.....	24
Persamaan (2.2) Koefisien Permeabilitas	24
Persamaan (2.3) Koefisien Rembesan	25
Persamaan (3.1) Koefisien Keseragaman	29
Persamaan (3.2) Koefisien Kelengkungan.....	29