

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN ALAT UJI TEKANAN
MENGEMBANG TANAH LEMPUNG PADA KONDISI VOLUME KONSTAN
YANG DAPAT DIINTEGRASIKAN DENGAN PENGUJIAN
PERMEABILITAS

Diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam mencapai derajat Sarjana S-1
Program Studi S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Lambung Mangkurat



Oleh:
MUHAMMAD IRFAN NUGRAHA
NIM. 2210811210028

Pembimbing Utama
Prof. Dr.-Ing. Ir. 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
2026

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Irfan Nugraha
NIM : 2210811210028
Fakultas : Teknik
Program Studi : S-1 Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tekanan
Mengembang Tanah Lempung Pada Kondisi Volume Konstan
Yang Dapat Diintegrasikan Dengan Pengujian Permeabilitas
Pembimbing : Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., IPM.,
Asean Eng.

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

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

Banjarbaru,
Penulis,



Muhammad Irfan Nugraha
NIM. 2210811210028

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL

Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tekanan Mengembang Tanah
Lempung Pada Kondisi Volume Konstan Yang Dapat Diintegrasikan Dengan
Pengujian Permeabilitas

Oleh

Muhammad Irfan Nugraha (2210811210028)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji:

Ketua

: Dr. Ir. Hutagamissufardal, S.T., M. T.

NIP. 197002121995021001

Anggota 1

: Ir. Adriani, M.T.

NIP. 196201151991031002

Anggota 2

: Ir. Humaira Afrila, S.T., M.T.

NIP. 199504112023212036

Pembimbing

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

IPM., Asean Eng.

NIP. 197507192000031001

Banjarbaru, 21 JUL 2026

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-1 Teknik Sipil,

Dr. Muhammad Arsyad, S.T., M.T.

NIP. 19720826 199802 1 001

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif, terutama yang mengandung mineral montmorillonit seperti bentonit, memiliki potensi kembang-susut yang tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan pada konstruksi sipil. Parameter penting untuk menganalisis perilaku tanah tersebut adalah tekanan mengembang (swelling pressure) pada kondisi volume konstan, yang mencerminkan kondisi tanah terkekang di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat uji tekanan mengembang tanah lempung pada kondisi volume konstan yang terintegrasi dengan pengujian permeabilitas, serta mengevaluasi kinerja alat tersebut. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan dan pembuatan prototipe alat dari aluminium, persiapan sampel bentonit kalsium dengan kadar air 13,31% dan dry density $1,4 \text{ g/cm}^3$, serta pengujian swelling pressure menggunakan alat rancang bangun dan alat konsolidasi konvensional sebagai pembandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan berhasil memenuhi karakteristik fungsional yang dibutuhkan, dengan sistem penahan volume konstan yang efektif, tidak adanya kebocoran signifikan, kestabilan aliran air yang baik, serta kemudahan operasional. Nilai swelling pressure yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan yang sama dengan alat konvensional, dengan perbedaan yang masih dalam rentang toleransi. Alat ini memiliki keunggulan dalam mengintegrasikan pengujian permeabilitas secara simultan, sehingga lebih merepresentasikan kondisi lapangan. Disimpulkan bahwa alat uji yang dikembangkan layak digunakan sebagai alternatif pengujian swelling pressure yang terintegrasi dengan permeabilitas, meskipun masih diperlukan pengembangan lanjutan pada sistem sealing dan data akuisisi.

Kata kunci: Tanah ekspansif, swelling pressure, volume konstan, permeabilitas, bentonit

ABSTRACT

Expansive clay soils, especially those containing montmorillonite minerals such as bentonite, have high swelling-shrinkage potential which can cause damage to civil constructions. An important parameter for analyzing such soil behavior is the swelling pressure under constant volume conditions, which reflects the restrained soil conditions in the field. This research aims to design and develop a testing device for swelling pressure of clay soil under constant volume conditions integrated with permeability testing, as well as to evaluate the performance of the device. The research methodology includes literature study, design and fabrication of an aluminum prototype device, preparation of calcium bentonite samples with water content of 13.31% and dry density of 1.4 g/cm³, and swelling pressure testing using the developed device and conventional consolidation device as comparison. The results show that the developed device successfully meets the required functional characteristics, with an effective constant volume restraint system, no significant leakage, good water flow stability, and operational ease. The swelling pressure values obtained show similar trends to conventional devices, with differences still within acceptable tolerance limits. This device has the advantage of integrating permeability testing simultaneously, thus better representing field conditions. It is concluded that the developed testing device is feasible to be used as an alternative for swelling pressure testing integrated with permeability, although further development on sealing system and data acquisition is still required.

Keywords: *Expansive soil, swelling pressure, constant volume, permeability, bentonite*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Dan Pengembangan Alat Uji Tekanan Mengembang Tanah Lempung Pada Kondisi Volume Konstan Yang Dapat Diintegrasikan Dengan Pengujian Permeabilitas”.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang ditetapkan dalam kurikulum Program S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST). 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 pihakpihak yang banyak membantu saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Orang Tua yang telah memberikan dukungan sampai sekarang sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Yulian Firmana Arifin, S.T., M.T., IPM., Asean Eng. selaku dosen pembimbing yang mau membimbing penulis dan meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan penjelasan terkait skripsi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga yang telah banyak memberikan bantuan dalam berbagai aspek untuk bisa membuat saya menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir ini.
4. Segenap Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat yang telah memberikan ilmu yang tak terhingga mulai awal hingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Segenap staff dan pekerja di Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat yang tidak bisa disebutkan yang telah membantu kelancaran selama perkuliahan.
6. Teman-teman saya dari awal perkuliahan hingga akhir, rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu saya, khususnya angkatan 2022 Teknik Sipil yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini

7. Dan untuk diri saya sendiri yang sudah mau bertahan sampai saat ini yang akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Kata menyerah tak pernah ingin terucap, mengingat orang tua dan teman yang telah penuh semangat memberikan dukungan untuk saya sampai akhirnya saya sampai pada tahap akhir ini.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Saya sebagai penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan kurangnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis, oleh karena itu penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi banyak orang dan dapat menjadi sumber informasi dan literatur bagi yang ingin melakukan penelitian sejenis berikutnya.

Banjarbaru,



Muhammad Irfan Nugraha

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	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 Pendahuluan Bab.....	6
2.2 Bentonit sebagai Material Ekspansif.....	6
2.2.1 Definisi Bentonit	6
2.2.2 Mineralogi Bentonit	8
2.2.3 Sifat Fisik dan Indeks Bentonit	8
2.2.4 Sifat Kimia dan Kapasitas Tukar Kation.....	9
2.2.5 Karakteristik Bentonit Kompaksi.....	10
2.2.6 Aplikasi Bentonit dalam Rekayasa	10
2.2.7 Fenomena Swelling pada Bentonit.....	11
2.2.8 Definisi Swelling dan Swelling Pressure	12
2.2.9 Mekanisme Pengembangan Bentonit.....	13

2.2.10	Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Swelling	13
2.2.11	Swelling pada Kondisi Terbatas dan Tidak Terbatas.....	14
2.3	Signifikansi Rekayasa dari Swelling Pressure	15
2.3.1	Pengaruh Dry Density terhadap Swelling Pressure	15
2.3.2	Pengaruh Kadar Air Awal.....	16
2.4	Prosedur Umum Pengujian Volume Konstan.....	16
2.4.1	Parameter yang Umumnya Dihasilkan	17
2.5	Peralatan Pengujian Swelling Pressure yang Telah Dikembangkan dalam Literatur.....	17
2.5.1	Tipe-Tipe Alat Uji yang Digunakan pada Penelitian Terdahulu	17
2.5.2	Komponen Utama Alat Uji	18
2.5.3	Prinsip Kerja Instrumen pada Pengujian Volume Konstan	18
2.5.4	Kelebihan dan Keterbatasan Alat Konvensional.....	19
2.5.5	Tantangan Eksperimental pada Pengukuran Swelling Pressure.....	19
2.6	Pengembangan Alat Baru untuk Pengujian Volume Konstan	19
2.6.1	Kebutuhan Pengembangan Alat	20
2.6.2	Dasar Konseptual Desain Alat Baru.....	20
2.6.3	Parameter Desain yang Perlu Diperhatikan	21
2.6.4	Validitas dan Reliabilitas Instrumen	21
2.6.5	Posisi Alat Baru dalam Konteks Penelitian Sebelumnya.....	21
2.7	Tanah Lempung.....	22
2.8	Tanah Mengembang (Ekspansif).....	23
2.9	Kondisi Volume Tetap	24
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Pendekatan dan Tahapan Penelitian	25
3.2	Material	28
3.3	Peralatan.....	29
3.3.1	Alat Tekanan Mengembang Volume Tetap	30
3.3.2	Alat Konsolidasi.....	31
3.4	Prosedur	32

3.4.1	Perancangan dan Pembuatan Alat Uji	32
3.4.2	Pengujian Kinerja Alat	34
3.4.3	Persiapan Sampel Tanah Bentonit.....	35
3.4.4	Pengujian Swelling Pressure Menggunakan Alat yang Dikembangkan 36	
3.4.5	Pengujian Swelling Pressure Alat Konsolidasi	36
3.4.6	Prosedur Pengujian Alat.....	37
3.4.7	Spesifikasi Teknis.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Sifat Fisik Bentonite.....	40
4.2	Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat.....	40
4.2.1	Deskripsi Alat Hasil Rancangan.....	40
4.2.2	Dokumentasi Alat (Foto Alat)	41
4.3	Hasil Persiapan Sampel Bentonite	43
4.3.1	Penyesuaian Kadar Air Awal Sampel.....	45
4.3.2	Hasil Pemadatan Statis Sampel	46
4.3.3	Propertis Fisik Sampel Sebelum Pengujian	47
4.4	<i>Swelling Pressure</i> dengan Alat Rancang Bangun	47
4.5	Hasil Pengujian <i>Swelling Pressure</i> dengan Alat Konsolidasi	49
4.5.1	Data Pembacaan Dial	49
4.5.2	Perhitungan Swelling Pressure.....	50
4.6	Perbandingan Hasil Pengujian dan Evaluasi Keseluruhan Kinerja Alat	51
4.7	Evaluasi Untuk Kerja Alat Rancang Bangun	53
4.7.1	Evaluasi dan Verifikasi Kebocoran Sistem	53
4.7.2	Evaluasi dan Verifikasi Kestabilan Aliran.....	54
4.7.3	Evaluasi dan Verifikasi Kekakuan Penahan (Kondisi Volume Konstan) 55	
4.7.4	Evaluasi Kemudahan Operasional	55
4.7.5	Verifikasi Keseluruhan Unjuk Kerja Alat	56
4.8	Pengembangan Lanjutan	56

4.9	Catatan Data Permeabilitas	57
4.9.1	Pembacaan Permeabilitas Selama Pengujian	58
4.9.2	Kesesuaian Desain Alat dengan Karakteristik Fungsional yang Dibutuhkan.....	59
4.9.3	Keterbatasan Alat dan Potensi Pengembangan Lanjutan	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....		66
LAMPIRAN A.....		68
LAMPIRAN B		71
LAMPIRAN C		77
LAMPIRAN D		80
LAMPIRAN E		88

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Teknis Alat Uji Rancang Bangun.....	38
Tabel 4. 1 Sifat Fisik Bentonite yang digunakan pada penelitian ini.....	40
Tabel 4. 2 Hasil Pemadatan Statis Sampel Bentonite	46
Tabel 4. 3 Properti Fisik Sampel Bentonite Sebelum Pengujian	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Penelitian.....	27
Gambar 3. 2 Rencana Alat	33
Gambar 3. 3 Rencana Alat	34
Gambar 3. 4 Rencana Alat	34
Gambar 4. 1 Top Cap	41
Gambar 4. 2 Top Part	42
Gambar 4. 3 Interchangeable Pedestal	42
Gambar 4. 4 Set Up.....	43
Gambar 4. 5 Diameter Sampel	45
Gambar 4. 6 Tebal Sampel	45
Gambar 4. 7 Pembacaan Swelling Pressure	49
Gambar 4. 8 Pembacaan terhadap beban	50
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Nilai	52
Gambar 4. 10 Kebocoran Sistem	54
Gambar 4. 11 Grafik Pembacaan Permeabilitas.....	58