

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL UJI TOKSISITAS PADA PELINDIAN TANAH

LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN *FLY ASH*



DIAH PUTRI APRILIYANTI SYAH

D131 18 1310

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL UJI TOKSISITAS PADA PELINDIAN TANAH

LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN *FLY ASH*

Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam rangka Penyelesaian Studi Sarjana S1

Teknik Lingkungan pada Departemen Teknik Lingkungan



DIAH PUTRI APRILIYANTI SYAH

D131 18 1310

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Studi Eksperimental Uji Toksisitas Pada Pelindian Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Fly Ash**

Disusun Oleh :

Nama : **Diah Putri Apriliyanti Syah** D131181310

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 28 November 2022

Pembimbing I

Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T.
NIP. 197312012000122001

Pembimbing II

Dr. Eng. Asiyanthi T Lando, S.T., M.T.
NIP. 198001202002122002

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan

Dr. Eng. Muralia Hustin, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001



TL - Unhas: 26625/TD.06/2022

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Diah Putri Apriliyanti Syah

NIM : D131181310

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : Strata-1 (S1)

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

**STUDI EKSPERIMENTAL UJI TOKSISITAS PADA PELINDIAN
TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN *FLY ASH***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 30-11-2022

Yang membuat pernyataan,



Diah Putri Apriliyanti Syah

NIM : D131181310

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya saya selaku penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini yang berjudul **“Studi Eksperimental Uji Toksisitas Pada Pelindian Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran *Fly Ash*”**. Penyelesaian tugas akhir ini menjadi salah satu syarat kelulusan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, dan tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua. Ungkapan terima kasih penulis persembahkan kepada Ayahanda Ardiansyah dan Ibunda Melinda Fuad yang selalu memberikan support dan doa-doa yang beliau panjatkan, beberapa perkataan mereka yang selalu teringat ialah akan pentingnya menuntut ilmu sampai kejenjang yang lebih tinggi dan jangan pernah lelah dalam mengejar cita-cita saya. Terima kasih pula kepada saudara-saudara saya, Yana, Zahra dan adik saya tercinta Najwa. Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari beberapa pihak terkait, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada;

1. Ibu Dr. Eng. Muralia, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Ibu Dr. Eng. Kartika Sari, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan waktu luang untuk membimbing penulis, serta memberikan saran, masukan dan dukungan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
3. Ibu Dr. Eng. Asiyanthi Tamran Lando, S.T. M.T., selaku dosen Pembimbing II yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuannya kepada penulis selama menempu perkuliahan, terutama kepada staf SI Teknik Lingkungan Ibu Sumiati A.S. dan Pak Olan.

5. Untuk kedua orang tua serta adik-adik yang juga sangat berjasa dan memiliki peran sangat penting dalam proses pengerjaan tugas akhir ini terima kasih atas setiap dukungan yang telah diberikan baik itu dukungan moral maupun finansial dari awal hingga akhir. Terima kasih karena selalu ada disamping peneliti dalam keadaan susah maupun senang dan selalu mendoakan peneliti.
6. Kepada Muh. Juna Erfandi .SE selaku calon suami yang tidak pernah lelah dalam memberikan semangat dan saran, yang selalu menghibur dikala peneliti down dan tidak pernah pula lelah dalam mendoakan. Serta terima kasih karena telah bersedia menunggu.
7. Untuk rekan seperbimbingan Tugas Akhir peneliti, Asrisnawanti selaku partner pengambilan data dari awal sampai akhir yang paling semangat dan gercep. Terima kasih atas kerja samanya dan telah menjadi partner terbaik penulis selama proses meneliti. Dan terima kasih banyak kepada teman-teman dari Teknik Sipil 2018 Laboratorium Mekanika Tanah yang juga cukup banyak membantu dalam proses pengambilan data kompaksi dan berat jenis sampel tanah penelitian.
8. Kepada semua teman-teman dari Teknik Lingkungan 2018 khususnya Lingkungan Kelas B terima kasih atas setiap proses dan kebersamaan yang telah dilalui bersama-sama dari awal hingga akhir.
9. Kepada semua asisten Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Kepada Nur Humairah Aulya, Linda Karlita, Alpi Yunita, dan Masindar Pratiwi selaku partner tugas kelompok baik itu tugas kecil maupun tugas besar selama perkuliahan, teman-teman yang paling rendah hati serta menjadi tempat meminta saran dan solusi ter-*the best*, dan yang selalu meluangkan waktunya untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penulis di *WhatsApp*. Dan teman-teman lingkungan 2018.
11. Kepada Nur Humairah Aulya terima kasih karna telah membantu peneliti dalam proses pengambilan sampel tanah dan menemani peneliti membawa sampel penelitian ke BBLK, serta selalu menjadi tempat bagi peneliti

berbagi keluh kesah selama proses penelitian dan pengerjaan tugas akhir disaat sedang berjalan.

12. Kepada Alpi Yunita terima kasih telah membantu peneliti dalam proses pengambilan sampel tanah serta selalu menjadi tempat bagi peneliti berbagi keluh kesah selama proses penelitian dan pengerjaan tugas akhir disaat sedang berjalan.
13. Kepada Angeline Eka Putri Tongli terima kasih telah membantu peneliti disaat mengalami kesulitan dalam proses pengerjaan tugas akhir.
14. Kepada Masindar Pratiwi terima kasih atas saran/masukan yang sempat diberikan kepada peneliti terkait tugas akhir yang sedang peneliti kerjakan.
15. Kepada Almarhum Faturrahman Al-Hamid terima kasih karena telah sering membantu peneliti dalam hal apapun semasa hidupnya.
16. Kepada bapak dan ibu pemilik kost terimakasih atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan selama ini.
17. Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih untuk bantuan dan doanya.

Akhir kata, penulis berharap Kepada Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan tugas akhir ini bisa memberi manfaat bagi pengembangan ilmu.

Gowa, 30 November 2022

Penulis,

Diah Putri Apriliyanti Syah

D131 18 1310

ABSTRAK

DIAH PUTRI A.S. *Studi Eksperimental Uji Toksisitas Pada Pelindian Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Fly Ash* (dibimbing oleh Kartika Sari dan Asyanthi Lando).

Penelitian mengenai uji kandungan logam berat yang terdapat pada pelindian tanah dengan campuran *fly ash* telah ada sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Elsy, dkk (2021). Namun yang membedakan dengan penelitian ini adalah variasi persen *fly ash* dan tanah berbeda. Dalam penelitian ini hanya ada satu parameter logam berat yang akan di uji pada sampel pelindian tanah dengan campuran *fly ash* yaitu logam berat Timbal (Pb). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kadar logam berat berbahaya dan beracun yang terkandung dalam pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash untuk setiap variasi komposisi setelah di uji menggunakan alat AAS serta untuk mengetahui pengaruh tingkat toksisitas dari setiap variasi komposisi pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash terhadap lingkungan. Dengan menggunakan metode kuantitatif melalui teknik eksperimental dan pemodelan laboratorium.

Dari hasil penelitian, nilai uji logam berat Timbal (Pb) untuk pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran *fly ash* dan untuk 4 jenis variasi sampel yang berbeda maka didapatkan nilai kandungan logam berat Timbal (Pb) untuk sampel 30% *fly ash* + 70% tanah lempung ekspansif sebesar 0,0013 mg/L, sampel 15% *fly ash* + 85% tanah lempung ekspansif sebesar 0,0004 mg/L, sampel 10% *fly ash* + 90% tanah lempung ekspansif sebesar 0,0008 mg/L dan untuk sampel 6% *fly ash* + 94% tanah lempung ekspansif sebesar 0,0001 mg/L. Berdasarkan nilai hasil uji logam berat Timbal (Pb) tersebut maka pelindian yang terjadi pada tanah lempung ekspansif dengan campuran *fly ash* aman bagi lingkungan karena nilai logam berat yang didapatkan dari hasil uji tidak melebihi nilai ambang batas baku mutu logam berbahaya dan beracun yaitu 0,5 mg/L menurut Peraturan Pemerintah Republik

Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Kata kunci: tanah lempung ekspansif, *fly ash*, pelindian tanah, kandungan logam berat Timbal (Pb).

ABSTRACT

DIAH PUTRI A.S. *Experimental Study of Toxicity Test on Leaching of Expansive Clay with a Mixture of Fly Ash* (supervised by Kartika Sari and Asyanthi Lando).

The research on testing the content of heavy metals in soil leaching with a mixture of *fly ash* has existed before, namely research conducted by Elsy,dkk (2021). However, what distinguishes this research is the variation in the percent of *fly ash* and different soils. In this study there is only one heavy metal parameter that will be tested on soil leaching samples with a mixture of *fly ash*, namely heavy metal lead (Pb). The purpose of this study was to determine the value of the toxicity test results of leaching with AAS on *fly ash* from several different percent variations mixed with expansive clay and to determine whether the resulting leaching was safe for the environment or not. By using quantitative methods through experimental techniques and laboratory modeling.

From the results of the study, the test value of heavy metal lead (Pb) for leaching of expansive clay with a mixture of fly ash and for 4 different types of sample variations, the value of heavy metal content of lead (Pb) for the sample of 30% *fly ash* + 70% clay was obtained expansive sample of 0,0013 mg/, sample of 15% *fly ash* + 85% expansive clay of 0,0004 mg/L, sample of 10% *fly ash* 90% expansive clay of 0,0008 mg/L and for sample 6% *fly ash* + 94% expansive clay of 0,0001 mg/L. Based on the value of the lead (Pb) heavy metal test results, the leaching that occurs in expansive clay soils with a mixture of *fly ash* is safe for the environment because the heavy metal values obtained from the test results do not exceed the quality standard threshold value of 0,5 mg/L according to Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management.

Keywords: expansive clay, *fly ash*, soil leaching, heavy metal content lead (Pb).

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
A. Rumusan Masalah.....	4
B. Tujuan Penelitian	4
C. Manfaat Penelitian	5
D. Ruang Lingkup.....	5
E. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Tanah	7
B. Tanah Lempung	9
C. Tanah Lempung Ekspansif.....	10
D. <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang)	11
E. Pelindian	12
F. Karakteristik Fisik Tanah	13
G. Kompaksi.....	16
H. Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)	17

I. Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
A. Rancangan Penelitian	26
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	29
C. Alat dan Bahan	30
D. Teknik Pengumpulan Data	33
E. Teknik Analisa	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Hasil Pengujian Karakteristik Fisik Tanah.....	46
B. Hasil Pengujian Kompaksi Campuran Tanah Lempung Ekspansif dan <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang)	52
C. Pelindian Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran <i>Fly Ash</i>	58
D. Kandungan Unsur Logam Berat pada Pelindian Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang)	62
BAB V PENUTUP	65
A. Kesimpulan.....	65
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	70
PERHITUNGAN KOMPAKSI CAMPURAN FLY ASH + TANAH LEMPUNG EKSPANSIF	70
LAPORAN HASIL UJI PELINDIAN TANAH CAMPURAN FLY ASH	74
DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA DI LABORATORIUM	75

DAFTAR TABEL

Tabel 1.2 Penggolongan Tanah dengan Ukuran Butiran	7
Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Karakteristik Beracun Melalui Uji Toksisitas Untuk Penetapan Kategori Limbah B3.....	12
Tabel 3.3 Berat Jenis Tanah.....	13
Tabel 4.3 Rentang Nilai Indeks Plastisitas Material Tanah.....	15
Tabel 5.3 Variasi Komposisi Campuran Benda Uji	37
Table 6.4 Hasil Pengujian Karakteristik Tanah.....	44
Tabel 7.4 Rentang Nilai Indeks Plastisitas Material Tanah.....	47
Tabel 8.4 Klasifikasi AASHTO Untuk Butiran Halus.....	49
Tabel 9.4 Data waktu peresapan air kedalam sampel uji dari 4 variasi sampel	57
Tabel 10.4 Perbandingan ambang batas dari setiap sampel untuk klasifikasi limbah berbahaya	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2 Batas-batas Atterberg (Wesley, 2012).....	14
Gambar 2.2 Lokasi Pengambilan Tanah di Kampus Fakultas Teknik Gowa.....	27
Gambar 3.2 Alat Pengujian Kadar Air.....	28
Gambar 4.2 Alat Pengujian Berat Jenis.....	29
Gambar 5.2 Alat Penguji Analisa Saringan.....	29
Gambar 6.3 Alat Pengujian Batas-batas Atterberg.....	30
Gambar 7.3 Alat Pengujian Kompaksi.....	30
Gambar 8.3 Alat Permeabilitas.....	31
Gambar 9.4 Bagan Alir Penelitian.....	33
Gambar 10.4 Pengujian Berat Jenis.....	45
Gambar 11.4 Grafik Analisa Saringan Tanah Lempung.....	46
Gambar 12.4 Diagram indeks plastisitas tanah.....	48
Gambar 13.4 Grafik Kompaksi Variasi 30% Fly Ash.....	50
Gambar 14.4 Grafik Kompaksi Variasi 15% Fly Ash.....	51
Gambar 15.4 Grafik Kompaksi Variasi 10% Fly Ash.....	52
Gambar 16.4 Grafik Kompaksi Variasi 6% Fly Ash.....	53
Gambar 17.4 Grafik rekapitulasi hasil pengujian kompaksi campuran sampel uji	54
Gambar 18.4 Grafik berat isi kering optimum campuran benda uji.....	54
Gambar 19.4 Proses Terjadinya Pelindian Tanah + Fly Ash Pada Alat Permeabilitas	56
Gambar 20.4 Grafik rekapitulasi waktu resapan air kedalam sampel uji.....	58
Gambar 21.4 Air Hasil Pelindian.....	60
Gambar 22.4 Skema Umum Pengujian Logam Berat Dengan Alat AAS.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di alam terdapat begitu banyak jenis-jenis tanah dengan jumlah yang tidak terbatas. Tanah termasuk kedalam salah satu sumber alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi seperti contohnya manusia karena fungsi dan perannya mencakup berbagai aspek kehidupan serta penghidupan masyarakat baik segi sosial, ekonomi, politik maupun budaya. Salah satu jenis tanah yang ada di alam yaitu tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan (Terzaghi, 1987).

Dalam dunia keteknikan tanah jenis ini sering disebut juga tanah lempung ekspansif yang dimana tanah ekspansif atau biasa disebut tanah mengembang adalah istilah yang digunakan pada material tanah yang mempunyai potensi pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*) yang tinggi oleh pengaruh perubahan kadar air, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan volume tanah yang cukup besar juga. Jenis tanah yang mudah berubah volumenya ini adalah tanah yang banyak mengandung lempung. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya. Semua tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar, apabila terjadi penambahan atau pengurangan kadar air. Proses kembang tanah lempung ekspansif dipengaruhi oleh faktor lingkungan, diantaranya faktor perbedaan iklim, curah hujan, sistem drainase dan fluktuasi muka air tanah (Hardiyatmo, 2014).

Pada penelitian ini, selain menggunakan material berupa tanah lempung ekspansif penulis juga akan menggunakan *fly ash* dari PLTU Barru-2 sebagai material tambahan dalam pengujian toksisitas pada pelindian tanah lempung

ekspansif. *Fly ash* adalah limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batu bara dan merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan yang diperoleh dari hasil pembakaran batu bara. *Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain *Silika* (SiO_2), *Alumina* (Al_2O_3), *Fero Oksida* (Fe_2O_3), dan *Kalsium Oksida* (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu *Magnesium oksida* (MgO), *Titanium oksida* (TiO_2), *Alkalin* (Na_2O dan K_2O), *Sulfur Trioksida* yaitu *Magnesium Oksida* (P_2O_5) dan *Karbon*. Selain itu juga mengandung logam berat berbahaya dan beracun yaitu *Tembaga* (Cu), *Timbal* (Pb), *Seng* (Zn), *Kadmium* (Cd) dan *Chrom* (Cr) (Apriyanti, 2014). *Fly ash* umumnya dibuang ke *landfill* atau ditumpuk di area perindustrian batubara. Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem. Limbah hasil pembakaran batubara yang salah satunya adalah *fly ash* ini dikategorikan sebagai limbah B3 (Munir, 2008).

Penelitian semacam ini sebelumnya sudah pernah dilakukan oleh Elsy, dkk (2021) yang dimana bertujuan agar *fly ash* yang dipakai untuk menstabilisasi tanah dasar nantinya tidak mencemari lingkungan apabila terjadi proses pelindian dalam pengaplikasiannya. Dalam penelitian tersebut komposisi persen *fly ash* yang dipakai yaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan logam berat yang di uji yaitu Pb , Cr , dan Cu . Kemudian setelah dilakukan pengujian untuk tingkat pelindiannya didapatkan hasil bahwa ke empat variasi komposisi tersebut kandungan logam beratnya tidak melewati standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dimana hasil uji pelindiannya untuk logam berat Pb sebesar 0,0310 mg/L, Cr sebesar 0,0213 mg/L dan Cu sebesar 0,0374 mg/L. Dalam hal ini berdasarkan penelitian terdahulu tersebut untuk itu peneliti juga ingin melakukan uji toksisitas pada pelindian yang dihasilkan dari *fly ash* yang bercampur dengan tanah lempung ekspansif, tetapi menggunakan variasi komposisi yang berbeda agar dapat diketahui variasi komposisi berapa lagi yang dapat dipakai untuk menstabilisasi tanah namun aman bagi lingkungan selain variasi komposisi yang dipakai pada penelitiannya Elsy, dkk (2021) tersebut.

Yang dimaksud dengan pelindian itu sendiri adalah proses dimana pencemar atau radionuklida anorganik atau organik dibebaskan dari fase padat ke dalam fase cair dibawah pengaruh proses pelarutan. Prosesnya sendiri berlaku universal, karena bahan apapun yang terpapar air akan melindi komponen dari permukaannya atau bagian interiornya bergantung pada porositas bahannya, untuk memisahkan konstituen solut yang diinginkan atau menghilangkan komponen solut yang tidak diinginkan dari fase padat, padatan diberi perlakuan cairan. Ketika padatan dan cairan melakukan kontak, maka solut dapat berdifusi dari padatan ke dalam pelarut, menghasilkan pemisahan komponen yang berasal dari padatan. Proses pemisahan ini disebut pelindian padat-cair atau sederhananya disebut pelindian (Rohman, 2007). Tanah lempung ekspansif yang telah dicampur dengan *fly ash* berdasarkan variasi komposisi yang sudah ditentukan kemudian terpapar dengan air maka pada tanah tersebut akan terjadi proses pelindian, hal ini dikarenakan ketika melindi suatu padatan dengan cairan, padatan yang dikehendaki berada pada fase cair sementara padatan yang tidak dikehendaki tetap dalam fase padat (Hardiyatmo, 2014).

Di dalam penelitian sampel yang digunakan adalah air hasil pelindian dari tanah lempung ekspansif dengan campuran *fly ash* dan dengan variasi campuran yang berbeda-beda. *Fly ash* dipilih sebagai campuran tanah dalam penelitian dikarenakan selain kapur *fly ash* juga dapat digunakan sebagai stabilisasi tanah dan untuk bisa mendapatkannya tidak perlu mengeluarkan biaya, serta jika hasil uji toksisitas pada pelindiannya ternyata tidak melewati standar baku mutu yang telah ditetapkan maka itu berarti *fly ash* dengan campuran tanah lempung ekspansif dengan variasi komposisi campuran yang berbeda-beda ini aman jika ingin digunakan, misalnya pada dunia keteknikan dapat digunakan sebagai salah satu material untuk perkerasan jalan. Dan dengan dimanfaatkannya *fly ash* sebagai salah satu bahan campuran material untuk perkerasan jalan maka *fly ash* yang tadinya sebagai limbah dapat diolah atau dimanfaatkan menjadi sesuatu hal yang berguna dan aman bagi lingkungan.

Cairan yang dihasilkan dari proses pelindian ini nantinya dapat diuji dengan menggunakan alat yaitu *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* untuk mengetahui apakah mengandung *toxic* atau tidak. *Atomic Absorption Spectrofotometry* atau dalam bahasa Indonesia biasa disebut juga Spektrofotometri Serapan Atom ialah alat yang digunakan untuk menganalisa kandungan logam pada suatu sampel, baik itu logam berat maupun logam ringan (Gandjar, 2008).

Berdasarkan uraian diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian terkait toksisitas pada pelindian tanah lempung ekspansif yang telah dicampur *fly ash* dengan komposisi persen yang berbeda yang tertuang dalam penulisan Tugas Akhir dengan judul “**Studi Eksperimental Uji Toksisitas Pada Pelindian Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran *Fly Ash***”.

A. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah kadar logam berat berbahaya dan beracun yang terkandung dalam pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash untuk setiap variasi komposisi setelah di uji menggunakan alat AAS?
2. Bagaimana pengaruh tingkat toksisitas dari setiap variasi komposisi pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash terhadap lingkungan?

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kadar logam berat berbahaya dan beracun yang terkandung dalam pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash untuk setiap variasi komposisi setelah di uji menggunakan alat AAS.
2. Untuk mengetahui pengaruh tingkat toksisitas dari setiap variasi komposisi pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash terhadap lingkungan.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi terkait kadar logam berat berbahaya dan beracun yang terkandung dalam pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash untuk setiap variasi komposisi setelah di uji menggunakan alat AAS.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh tingkat toksisitas dari setiap variasi komposisi pelindian tanah lempung ekspansif dengan campuran fly ash terhadap lingkungan.

D. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Barru-2, Sulawesi Selatan.
2. Variasi persen *fly ash* yang digunakan ialah 30%, 15% 10% dan 6%.
3. Tanah lempung ekspansif yang digunakan dari Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Jenis logam berat yang akan di uji ialah timbal (Pb).
5. Penelitian meliputi pengujian laboratorium berupa basic properties (berat jenis, kadar air, analisa saringan, batas-batas atterberg) uji kompaksi, proses pelindian dan *leaching test*.

E. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, maka dibuatlah susunan sistematika penulisan tugas akhir ini, sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan hal-hal mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang berisi tentang gambaran secara garis besar mengenai hal-hal yang dibahas dalam bab-bab berikutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang kajian literatur yang berisi penjelasan mengenai teori, temuan, dan penelitian terdahulu yang menjadi acuan untuk melaksanakan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode atau alur tahapan pengujian dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang proses pengujian serta analisis perhitungan dan menguraikan pembahasan dari hasil penelitian serta analisis yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisi tentang referensi sumber yang digunakan dalam penulisan laporan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Secara umum, pengertian tanah dari sudut pandangan teknik merupakan kumpulan material yang terdiri dari agrerat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak terikat dan bahan-bahan organik yang telah lapuk serta air dan udara yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988).

Tanah dapat berfungsi sebagai bahan konstruksi maupun sebagai media (tempat) membangun konstruksi bangunan-bangunan sipil (Wesley, 2017). Melalui proses fisik dan kimia tanah terbentuk akibat terjadinya pelapukan batuan atau proses geologi yang terjadi didekat permukaan bumi. Pembentukan tanah secara fisik yaitu dengan mengubah tanah menjadi partikel yang kecil yang disebabkan akibat pengaruh erosi, air, angin, es dan manusia serta akibat suhu dan cuaca. Sedangkan pembentukan batuan melalui proses kimia dapat terjadi akibat pengaruh oksigen, air terutama air dengan kandungan asam dan alkali, karbondioksida dan proses kimia lainnya (Hardiyanto, 2011).

1. Klasifikasi Tanah

Terdapat dua sistem pengklasifikasian tanah yaitu sistem klasifikasi tanah Unifed atau USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem ini menggunakan sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair serta indeks plastisitas (D. Wesley, 2012).

a. Sistem Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*)

Dalam sistem klasifikasi tanah ini, digunakan pengelompokan tanah dengan jenis ukuran butiran, berbutir kasar dan halus serta dilanjutkan

dengan pengujian batas-batas Atterberg untuk jenis tanah dengan butiran halus (D. Wesley, 2012).

Tabel 1.2 Penggolongan tanah dengan ukuran butiran

Tanah Berbutir Kasar			Tanah Berbutir Halus		
Kerikil	Pasir		Lanau	Lempung	
	Kasar	Sedang			Halus
60	2	0,6	0,2	0,06	0,002
Ukuran Butiran (mm)					

Sumber: Mekanika tanah untuk tanah endapan dan residu, D. Wesley, 2012.

1) Tanah berbutir kasar

Tanah berbutir kasar merupakan tanah yang memiliki ukuran butiran lebih besar dari 0.06 mm sebanyak kurang dari 50% yaitu diukur dengan menggunakan ayakan serta juga merupakan butiran terkecil yang dapat dilihat menggunakan mata telanjang. Untuk tanah dengan butiran kasar dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu kerikil dan pasir yang memiliki bentuk dan ukuran yang beragam. Kerikil biasanya terdiri atas pecahan batu tetapi kadang juga terdiri atas mineral tunggal sedangkan untuk butiran pasir biasanya terdiri atas mineral tunggal seperti kwarsa (D. Wesley, 2012).

2) Tanah berbutir halus

Tanah dengan butiran halus yaitu tanah yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari 0,06 mm yang sebanyak 50% lolos ayakan dengan diameter terkecil saringan ukuran 200 yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Pada tanah berbutir halus dilakukan pembagian menjadi dua kelompok, yaitu lanau dan lempung yang didasarkan terhadap sifat tanah tersebut serta dari batas-batas Atterberg. Adapun secara visual yang memberikan perbedaan antara lanau dan lempung melalui uji dilantasi yaitu untuk tanah lanau memiliki ciri jenis tanah lunak, cukup basah dan lengket jika diletakkan pada telapak tangan serta runtuh saat digetarkan

sedangkan pada tanah lempung ciri ini tidak ditemukan (D. Wesley, 2012).

b. Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Sistem klasifikasi AASHTO mengklasifikasi kelompok tanah dalam 7 bagian yaitu dari A-1 sampai A-7 yang didasarkan pada diameter ukuran butiran serta batas-batas Atterberg. Dalam sistem ini dilakukan penggolongan tanah dalam kelompok granalur, lanau dan lempung. Dengan kelompok A-1 sampai A-3 merupakan tanah granuler (dimana tanah A-1 merupakan tanah granuler dengan gradasi baik, tanah A-2 kelompok tanah granuler yang kurang dari 35% lolos saringan no 200 sedangkan A-3 merupakan kelompok pasir bersih dengan gradasi buruk). Untuk kelompok klasifikasi A-4 sampai A-7 merupakan kelompok tanah lanau dan lempung yang lolos saringan no 200 dengan yang membedakan antara keduanya didasarkan pada nilai batas-batas Atterberg (Hardiyatmo, 2002).

B. Tanah Lempung

Menurut Terzaghi (1987) tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Di Amerika bagian barat, untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin disebut “gumbo”. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengkat (kohesif) dan sangat lunak.

Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992) mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya

pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati.

Dalam klasifikasi tanah secara umum, partikel tanah lempung memiliki diameter $2 \mu\text{m}$ atau sekitar $0,002 \text{ mm}$ (USDA, AASHTO, USCS). Namun demikian, di beberapa kasus partikel berukuran antara $0,002 \text{ mm}$ sampai $0,005 \text{ mm}$ masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM-D-653). Disini tanah diklasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan ukuran saja, namun belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung. Jadi, dari segi mineral tanah dapat juga disebut sebagai tanah bukan lempung (*non clay soil*) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel *quartz*, *feldspar*, *mika* dapat berukuran sub mikroskopis tetapi umumnya tidak bersifat plastis). Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid, merupakan gugusan kristal berukuran mikro, yaitu $< 1 \mu\text{m}$ ($2 \mu\text{m}$ merupakan batas atasnya). Tanah lempung merupakan hasil proses pelapukan mineral batuan induknya, yang salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen, dan karbondioksida (Hardiyatmo, 1992).

C. Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air tanah. pengaruh susut pada tanah-tanah berbutir halus menjadi masalah penting dalam masalah teknis. Retak akibat susut dapat muncul secara lokal, jika tekanan kapiler melampaui kohesi atau kuat tarik tanah (Hardiyatmo, 2006).

Beberapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah *kaolinite*, *illite* dan *montmorillonite*. Ketiganya merupakan bentuk kristal *Hidros Aluminium Silikat*, namun ketiganya mempunyai sifat-sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan komposisi kimia dan struktur kristal pada mineral memberikan beberapa kelemahan untuk mengembang. Pengembangan terjadi ketika air meresap diantara partikel lempung, sehingga menyebabkan terpisahnya partikel (Andreas dkk, 2017).

Ada beberapa cara untuk mengetahui apakah tanah tersebut termasuk kategori tanah ekspansif dan seberapa besar potensial pengembangan, diantaranya (Chen, 1975):

1. Identifikasi Mineralogi dengan cara difraksi sinar-X ; analisa diferensial termal ; analisa kimia dan mikroskop elektron.
2. Cara Tidak Langsung ; tanah ekspansif dapat diidentifikasi berdasarkan nilai indeks plastisitas.
3. Cara Langsung ; pengukuran pengembangan tanah ekspansif dengan cara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat konsolidasi atau dimensi untuk mengetahui angka persentase pengembangan.

Sifat yang menonjol dari tanah ekspansif adalah daya dukungnya yang sangat rendah, kekakuannya menurun drastis pada kondisi basah dan kembang susutnya sangat tinggi bila mengalami perubahan kadar air sehingga akan retak-retak pada kondisi kering dan mengembang pada kondisi basah. Hal ini disebabkan tanah ekspansif banyak mengandung mineral montmorillonite bermuatan negatif yang besar, menyerap air yang banyak dengan mengisi rongga pori sehingga tanahnya mengembang dan akibat selanjutnya adalah kekuatannya menurun drastis. Oleh karena salah satu cara untuk mengatasi perilaku tanah ekspansif yang kurang menguntungkan tersebut perlu dilakukan stabilisasi (Andreas dkk, 2017).

D. Fly Ash (Abu Terbang)

Menurut Acosta (2009), abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta di tangkap dengan menggunakan *elektrostatik precipitator*. *Fly ash* umumnya dibuang di landfill atau ditumpuk di dalam area industri sehingga menimbulkan masalah bagi lingkungan seperti pencemaran udara, atau perairan, penurunan kualitas ekosistem hingga gangguan kesehatan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), *fly ash* dikategorikan sebagai limbah B3 karena terdapat kandungan oksida logam berat yang akan mengalami perlindian secara

alami dan mencemari lingkungan. Pasal 2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 18 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3 bertujuan untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan atau kerusakan lingkungan hidup yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang dapat tercemar sehingga sesuai fungsinya kembali.

Umumnya *fly ash* memiliki komposisi kimia utama berupa *silica* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3) dan *ferric oxide* (Fe_2O_3). Kandungan kimia lainnya seperti *calcium oxides* (CaO), *magnesium* (MgO), *sulphur* (SO_3), *alkaline* (Na_2O , K_2O), *phosphorus* (P_2O_5), *manganese* (Mn_2O_3) dan *titanium* (TiO_2). ASTM C618-03 membagi *fly ash* dalam tiga kategori yaitu kelas N, kelas F dan kelas C. Minimum kandungan senyawa SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 adalah 70% untuk kelas N dan kelas F, sedangkan kelas C antara 50%-70%. Sehingga, kandungan CaO pada *fly ash* kelas N dan F relatif kecil dibandingkan dengan kelas C dimana kandungan CaO lebih besar dari pada 10% (ASTM C618-03, 2003).

E. Pelindian

Ketika padatan dan cairan melakukan kontak, maka solut dapat berdifusi dari padatan ke dalam pelarut, menghasilkan pemisahan komponen yang berasal dari padatan. Proses pemisahan ini disebut pelindian padat-cair atau sederhananya disebut pelindian (Rohman, 2007).

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi. kaitannya dengan pencemaran lingkungan adalah kualitas lindi yang dikeluarkan mengingat hasil solidifikasi yang akan digunakan sebagai bahan bangunan. Salah satu metode untuk melihat kualitas lindi dari logam berat adalah dengan melakukan uji pelindian (*leaching test*) dengan menggunakan alat yaitu *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS) (Rohman, 2007).

Berdasarkan keputusan kepala BAPEDAL No.04 Tahun 1995 terdapat empat senyawa logam berat yang terkandung pada lindi yang dihasilkan dari limbah batubara, yaitu kadmium (Cd), Seng (Zn), Tembaga (Cu), Timbal (Pb). Air lindi yang dihasilkan nantinya dapat dikatakan aman apabila konsentrasi logam beratnya

tidak melewati standar baku mutu yang sudah ditetapkan. Berikut ini standar baku mutunya menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Standar baku mutu karakteristik beracun melalui uji toksisitas untuk penetapan kategori limbah B3

No	Parameter	Baku Mutu (mg/L)
1	Kadmium (Cd)	0,01
2	Seng (Zn)	2
3	Tembaga (Cu)	0,2
4	Timbal (Pb)	0,5

Sumber : Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

F. Karakteristik Fisik Tanah

a. Kadar air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air dengan berat butiran padat dalam tanah yang dinyatakan dalam persen (Hardiyatmo, 2012).

b. Berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Dalam perhitungan analisis mekanika tanah, berat jenis diperlukan untuk menentukan jenis tanah yang dianalisis (Hardiyatmo, 2012).

Nilai G_s yang didapatkan, maka dapat menentukan macam tanah dari berat jenis tanah tersebut dengan nilai-nilai berat jenis tanah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Berat jenis tanah

Jenis Tanah	Berat Jenis Butir
Kerikil	2.65 – 2.68
Pasir	2.65 – 2.68
Lanau Tak Organik	2.62 – 2.68
Lempung Organik	2.58 – 2.65
Lempung Tak Organik	2.68 – 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 – 1.80

Sumber : Hardiyatmo, 2012

c. Analisis ukuran butiran

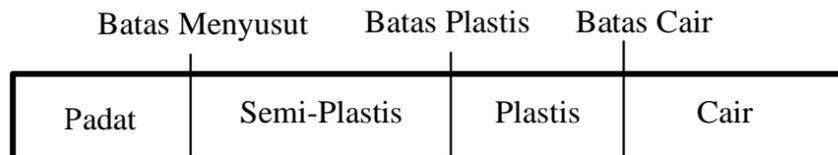
Analisa ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Penentuan ukuran butir untuk tanah berbutir kasar dilakukan dengan teknik menyaring yaitu dengan cara menyaring tanah lewat dengan satu unit saringan standar, tanah yang tertinggal pada tiap-tiap saringan ditimbang untuk mengetahui beratnya. Kemudian hitung persentase terhadap berat kumulatif tanah, sedangkan untuk tanah dengan ukuran butir tanah kasar dapat ditentukan dengan cara sedimentasi melalui penentuan kecepatan mengendap butiran dalam larutan suspensi (Hardiyatmo, 2012).

d. Batas-batas Konsistensi (Atterberg Limits)

Konsistensi tanah lempung (clays) berubah seiring dengan perubahan kadar airnya. Tanah lempung akan menjadi lebih lunak bila kadar airnya meningkat dan sebaliknya akan mengeras bila kadar airnya berkurang (Wesley, 2012).

Pada volume butiran tanah yang konstan, bila kadar air di dalam tanah lempung tersebut relatif besar, maka tanah lempung menjadi lumpur (slurry) yang bersifat seperti cairan yang kental dan kondisi ini disebut fase cair (liquid state). Sebaliknya bila kadar air di dalam tanah lempung dibiarkan menguap sedikit demi sedikit, maka tanah lempung mulai mengeras dan mempunyai kemampuan untuk menahan perubahan bentuk. Kondisi ini dinamakan fase plastis (plastis state). Jika kadar air dibiarkan

menguap lebih lanjut, maka tanah lempung mengalami penyusutan (shrink), kaku (stiff) dan mudah retak (brittle) (Setyo, 2011). Kadar air yang menjadi batas dari tahap uji Atterberg yaitu batas susut, batas plastis, dan batas cair (Wesley, 2012).



Gambar 1.2 Batas-batas atterberg (Wesley, 2012)

1. Batas Cair (Liquit Limit)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

2. Batas Plastis (Plastic Limit)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air tanah dengan diameter silinder 3.2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Batas susut

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Percobaan batas susut dilaksanakan di laboratorium dengan cawan dilapisi dengan pelumas dan diisi dengan tanah jenuh sempurna. Kemudian dikeringkan dalam oven.

4. Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis, atau $PI = LL - PL$. Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis.

Tabel 4.2 Rentang nilai indeks plastisitas material tanah

No	Indeks Plastisitas (PI)	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
1	0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
2	< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sedang
3	7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
4	>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Mekanika Tanah (2002)

G. Kompaksi

Uji kompaksi atau pemadatan dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dengan berat volume serta untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan. Proctor (1993) telah mengamati bahwa terdapat hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah padat, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu dalam mencapai berat volume kering maksimumnya untuk berbagai jenis tanah. Hal yang dapat mempengaruhi berat volume kering setelah pemadatan yaitu jenis tanah yang diuji, kadar air, serta usaha yang diberikan oleh alat penembuknya (Hardiyatmo, 2002).

Perlu diperhatikan dalam kadar air yang tinggi, berat volume kering dapat berkurang sedangkan pada nilai kadar air rendah tanah cenderung kaku dan sukar untuk dipadatkan. Bila dalam proses pemadatan, semua udara dalam tanah dapat dipastikan keluar, tanah akan berada dalam kedudukan jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum (Hardiyatmo, 2002).

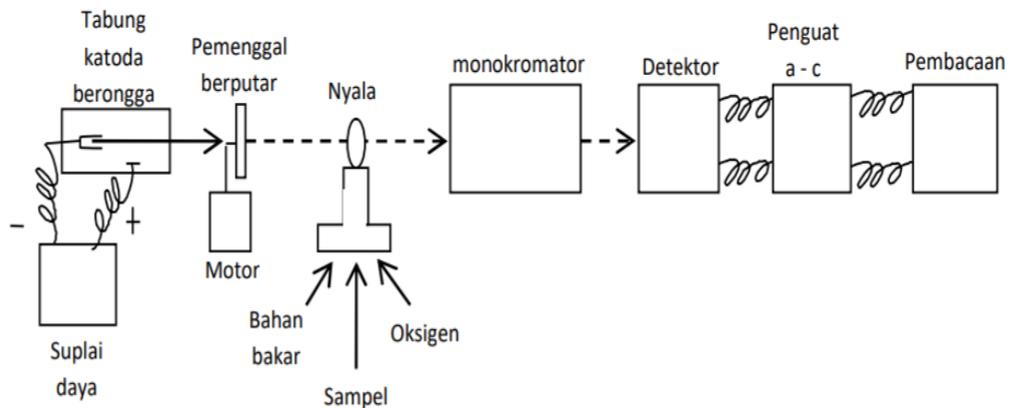
Tujuan pelaksanaan uji kompaksi dalam penelitian ini bermaksud untuk mengurangi volume tanah. Akibat dari pengurangan volume tanah tersebut adalah volume tanah yang berubah. Volume tanah akan berkurang dari volume awalnya, nilai C (kohesif tanah) berkurang dan nilai e (angka pori tanah) juga ikut berkurang. Serta untuk mengurangi kadar air dalam tanah setelah dilakukan pemadatan (Hardiyatmo, 2002). Dalam penelitian ini peran uji kompaksi sangat penting karena dari pengujian kompaksi nantinya didapatkan nilai untuk berat isi maksimum ($\gamma_d \max$) dan nilai kadar air optimum (W_{opt}). Kedua nilai tersebut yang akan

dipakai untuk membuat sampel pada proses pelindian, sehingga perlu dilakukan uji kompaksi terlebih dahulu.

H. Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)

Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS) digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah sekelumit dan sangat kelumit. Cara analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu sampel dan tidak tergantung pada bentuk molekul dari logam dalam sampel tersebut. Cara ini cocok untuk analisis kelumit logam karena mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm), pelaksanaannya relatif sederhana, dan interferensinya sedikit. *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* didasarkan pada penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral, dan sinar yang diserap biasanya sinar tampak atau sinar ultraviolet. Dalam garis besarnya prinsip *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* sama saja dengan spektrofotometri sinar tampak dan ultraviolet. Perbedaan terletak pada bentuk spektrum, cara pengerjaan sampel dan peralatannya (Rohman, 2007).

Alat *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* untuk penentuan ion-ion logam yang terlarut. Dengan membakar larutan yang mengandung ion logam tersebut (api dari udara bertekanan dan asetilen), ion tersebut memberi warna tertentu pada api pembakaran. Absorbansi oleh api terhadap sinar yang bersifat warna yang komplementer, seimbang dengan kadar ion, sinar tersebut berasal dari lampu khusus pada alat. Pada sejenis instrumen yang mirip (*Flame Emission Spectrofotometer*) intensitas salah satu warna dari api tersebut diukur, intensitas tersebut seimbang dengan konsentrasi ion yang terlarut (Alaerts, 1987).



Gambar 2.2 Skema umum pengujian logam berat dengan alat AAS

Sumber : Day & Underwood, 2002

Komponen-komponen pada alat Spektrofotometer Serapan Atom, yaitu (Gandjar, 2008) :

a. Sumber Sinar

Sumber sinar yang dipakai adalah lampu katoda berongga. Lampu ini terdiri atas tabung-tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda sendiri berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr). Neon biasanya lebih disukai karena memberikan intensitas pancaran lampu yang tinggi (600 volt), maka katoda akan memancarkan berkas-berkas elektron yang bergerak menuju anoda yang mana kecepatannya dan energinya sangat tinggi. Elektron-elektron dengan energi tinggi ini dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan gas mulia yang diisikan tadi.

Akibat dari tabrakan-tabrakan ini membuat unsur-unsur gas mulia akan kehilangan elektron dan menjadi ion bermuatan positif. Ion-ion gas mulia yang bermuatan positif selanjutnya akan bergerak ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi pula. Pada katoda terdapat unsur-unsur yang sesuai dengan unsur yang akan di analisis. Unsur-unsur ini akan

ditabrak oleh ion-ion positif gas mulia. Akibat tabrakan ini, unsur-unsur akan terlempar keluar dari permukaan katoda. Atom-atom unsur dari katoda ini kemudian akan mengalami eksitasi ke tingkat energi-energi elektron yang lebih tinggi dan akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsur yang akan di analisis.

b. Tempat Sampel

Dalam analisis dengan SSA, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan asas. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom-atom yaitu (Gandjar, 2008) :

1) Nyala (flame)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala tergantung pada gas-gas yang digunakan, misalkan untuk gas batubara-udara, suhunya kira-kira sebesar 1800°C; gas alam-udara 1700°C; asetilen-udara 2200°C dan gas asetilen-dinitrogen oksida (N₂O) sebesar 3000°C.

Pemilihan macam bahan pembakar dan gas pengoksidasi serta komposisi perbandingannya sangat mempengaruhi suhu nyala. Pada umumnya nyala dari gas asetilen-nitro oksida menunjukkan emisi latar belakang yang kuat. Efek emisi nyala dapat dikurangi dengan menggunakan keping pemotong radiasi (*chopper*).

2) Tanpa Nyala

Teknik ionisasi dengan nyala dinilai kurang peka karena atom gagal mencapai nyala, tetesan sampel yang masuk ke dalam nyala terlalu besar, dan proses atomisasi kurang sempurna. Oleh karena itu, munculah suatu teknik atomisasi yang baru yakni

atomisasi tanpa nyala. Penguatan dapat dilakukan dengan tungku dari grafit.

Sejumlah sampel diambil sedikit (untuk sampel cair diambil hanya beberapa μL , sementara sampel padat diambil beberapa mg, lalu diletakkan dalam tabung grafit, kemudian tabung tersebut dipanaskan dengan sistem listrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan ini, maka zat yang akan dianalisis berubah menjadi atom-atom netral dan pada fraksi atom ini dilewatkan suatu sinar yang berasal dari lampu katoda berongga sehingga terjadilah proses penyerapan energi sinar yang memenuhi kaidah analisis kuantitatif.

Sistem pemanasan dengan tanpa nyala ini dapat melalui 3 tahap yaitu : pengeringan (*drying*), yang membutuhkan suhu relatif rendah; pengabuan (*ashing*) yang membutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisme volatilasi atau pirolisis; dan penguatan (*atomising*).

c. Monokromator

Pada SSA, monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *Chopper*.

d. Detektor

Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat penguatan. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton. Ada dua cara yang dapat digunakan dalam sistem deteksi, yaitu : a) memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu, b) yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi.

Pada cara pertama, output yang dihasilkan dari radiasi resonansi dan radiasi kontinyu disalurkan pada sistem *galvanometer*

dan setiap perubahan yang disebabkan oleh radiasi resonan akan menyebabkan perubahan output. Pada cara kedua, output berasal dari radiasi resonan dan radiasi kontinyu yang dipisahkan. Dalam hal ini, sistem penguat harus dengan menggunakan detektor yang hanya peka terhadap radiasi resonan yang termodulus.

e. *Readout*

Readout merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai suatu sistem pencatatan hasil. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi. Hasil pembacaan dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu rekorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi.

Berikut ini kelemahan dan keunggulan dari alat SSA, yaitu (Khopkar, 2008) :

a. Keunggulan

- 1) Teknik SSA menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan diantaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runtu, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan.
- 2) Kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu.
- 3) Sebelum pengukuran, tidak perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia.

b. Kekurangan

- 1) Adanya pancaran latar belakang yang terserap tak sempurna dari sumber cahaya, dan cahaya terhambur dari sistem optik. Jika latar belakang relatif menjadi lebih terang dari penyerapan analit, ketelitian pengukuran menjadi melorot secara tajam (Munson, 1991).

- 2) Gangguan Spektra yang terjadi apabila panjang gelombang (atomic line) dari unsur yang diperiksa berimpit dengan panjang gelombang dari atom atau molekul lain yang terdapat dalam larutan yang diperiksa (Gandjar, 2008).
- 3) Gangguan fisika, sifat-sifat fisika dari larutan yang diperiksa akan menentukan intensitas dari resapan atau emisi dari larutan zat yang diperiksa. Kekentalan mempengaruhi laju penyemprotan ke dalam nyala dan ketegangan muka, bobot jenis, kekentalan, serta kecepatan gas menentukan besar butir tetesan. Oleh karena itu sifat-sifat dari zat yang diperiksa dan aturan pembanding harus sama (Gandjar, 2008).
- 4) Gangguan kimia. Gangguan kimia bentuk uap biasanya memperkecil populasi atom pada level energi terendah. Dalam nyala, atom dalam bentuk uap dapat berkurang karena terbentuknya senyawa seperti oksida atau klorida, atau karena terbentuknya ion (Gandjar, 2008).
- 5) Gangguan bentuk padat disebabkan oleh terbentuknya senyawa yang sukar menguap atau sukar terdisosiasi dalam nyala. Hal ini terjadi pada nyala ketika pelarut menguap meninggalkan partikel-partikel padat (Gandjar, 2008).

Kegunaan dari alat *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* ialah digunakan untuk menentukan kandungan logam dengan kategori logam berat maupun logam ringan. *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* ini merupakan salah satu alat tercanggih dan dapat digunakan untuk analisis dengan metode *flame* ataupun *grafit furnace* (Khopkar, 2008). Dalam penelitian yang dilakukan alat *Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)* memiliki peranan yang sangat penting karena dari alat ini nantinya dapat diketahui apakah lindi yang dihasilkan dari tanah lempung ekspansif dengan campuran *fly ash* dengan beberapa variasi persen yang berbeda mengandung *toxic* atau tidak.

I. Penelitian Terdahulu

Tabel 5.2 Penelitian-penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian		
1	Penelitian Tingkat Toksisitas Produk Komponen Bangunan Dari Bahan Drill Cutting.		
	Peneliti	1	Andriati, 2011
		2	Lasino, 2011
		3	Bambang, 2011
	Metode Penelitian	Metoda eksperimental dengan melakukan pembuatan benda uji di laboratorium dari berbagai komponen bangunan (bata beton bergelombang, genteng beton, paving block dan panel beton) dan variasi campuran untuk dilakukan analisis terhadap tingkat toksisitasnya dengan menggunakan metoda <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> .	
	Alat dan Bahan	Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran komponen bangunan meliputi pasir dari Cimalaka Sumedang, semen Portland dan air bersih dari laboratorium Puskim. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin aduk (<i>mixer</i>) mesin cetak, alat <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> dan alat bantu lainnya.	
	Kesimpulan Penelitian	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah pada <i>drill cutting</i> , bata beton berlobang, genteng beton, paving blok dan panel beton dibawah TCLP limit sesuai dengan standar BAPEDAL No. Kep. 04/BAPEDAL/09/1995 dan PP No. 85/1999 untuk limbah B3.	
Penerbit	Pusat Litbang Pemukiman, Balitbang-Kemertrian PU, Jakarta.		
2	Pemanfaatan Fly Ash Untuk Peningkatan Nilai CBR Tanah Dasar		
	Peneliti	1	Yayuk, 2014
		2	Roby, 2014
	Metode Penelitian	Metoda yang dipakai dalam penelitian ini adalah metoda eksperimental di laboratorium.	
	Alat dan Bahan	Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian adalah tanah yang diambil dari daerah Air Ruay di Kabupaten Bangka. Sampel tanah diambil dalam keadaan disturbed (terganggu) dan fly ash yang diambil dari salah satu perusahaan smelter yang terletak di Komadya Pangkalpinang, yaitu dari PT. Bukit Timah. Sedangkan alat-alat yang dipakai ialah satu set alat uji kadar air,	

		berat jenis, analisa saringan, batas-batas atterberg dan alat untuk uji CBR.	
	Kesimpulan Penelitian	Tanah lempung (kelas A-7-6) yang distabilisasi dengan fly ash (hasil pembakaran batu bara) dengan persentase fly ash yang digunakan sebesar 10%, 13% dan 16% dapat diketahui bahwa nilai CBR semakin meningkat dengan bertambahnya persentase fly ash. Nilai CBR maksimum didapat dari persentase fly ash 16%.	
	Penerbit	Jurusan Teknik Sipil, Universitas Bangka Belitung, Kabupaten Bangka.	
3	Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif		
	Peneliti	1	Elsy, 2021
		2	Rosmiyati, 2021
		3	Martha, 2021
	Metode Penelitian	Metoda yang dipakai dalam penelitian ini adalah metoda observasi, berupa pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis tanah di laboratorium.	
	Alat dan Bahan	Pada penelitian ini digunakan sampel tanah dari Desa Oebelo, kapur dan fly ash sebagai bahan stabilisasinya. Sedangkan alat-alat yang dipakai ialah satu set alat uji kadar air, berat jenis, analisa saringan, batas-batas atterberg, uji kompaksi dan alat untuk uji CBR.	
	Kesimpulan Penelitian	Nilai berat jenis tanah, batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, kadar air optimum dan potensi pengembangan tanah mengalami penurunan seiring penambahan persentase fly ash. Dan nilai batas susut, berat volume kering tanah padat dan nilai CBR mengalami peningkatan seiring dengan penambahan persentase fly ash. Nilai pengembangan tanah menurun sebesar 69,34% dan nilai CBR mengalami peningkatan sebesar 620,56% pada variasi campuran kapur 5% dan fly ash 25%.	
Penerbit	Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Undana.		
4	Pemanfaatan Abu Terbang Batubara (Fly Ash) Sebagai Bahan Batako Yang Ramah Lingkungan.		
	Peneliti	1	Arif, 2015
		2	Aman, 2015
		3	Drastinawati, 2015
	Metode Penelitian	Metoda yang dipakai dalam penelitian ini ialah metoda eksperimental di laboratorium.	
	Alat dan Bahan	Bahan-bahan yang dipakai yaitu semen Portland tipe 1, fly ash (10, 20, 30, 40%-berat), pasir (80, 73,34, 63,34, 53,34, 43,34%-berat), semen (16%-berat) dicampur menggunakan concrete mixer dengan sempurna (homogen) kemudian dilakukan proses solidifikasi dengan menggunakan alat cetakan press batako. Setelah itu, sampel batako yang telah diuji kuat tekannya	

		kemudian dilakukan pengujian toksisitas batako dengan alat <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> .	
	Kesimpulan Penelitian	Hasil penelitian yang didapatkan adalah dari uji karakteristik abu terbang batubara (<i>fly ash</i>) mengandung cemaran logam berat yang berpotensi dapat mencemari lingkungan dan pada sifat kimia khususnya <i>leachet</i> diketahui bahwa batako dengan campuran limbah abu terbang batubara dapat mengimobilisasi logam berat dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan sebagian besar nilai leaching test di bawah baku mutu (PP 85 Tahun 1999).	
	Penerbit	Jurusan Teknik Kimia, Universitas Riau Kampus Binawidya, Pekanbaru.	
5	Pembuatan Batubata Dengan Penambahan Campuran Fly Ash Dan Semen Tanpa Proses Pembakaran		
	Peneliti	1	Zulfan, 2015
		2	Ahmad, 2015
		3	Drastinawati, 2015
	Metode Penelitian	Metoda yang dipakai dalam penelitian ini adalah metoda eksperimental di laboratorium. Salah satu tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kandungan logam pada batubata yang diperoleh melalui uji pelindian dengan alat <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> .	
	Alat dan Bahan	Bahan baku penelitian ini meliputi abu terbang (<i>fly ash</i>) dari PT. RAPP, tanah liat berasal dari Tenayan Raya, Pekanbaru, semen Portland digunakan semen Portland tipe 1 dengan merk semen padang dan asam nitrat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat press concrete compressive strength. Pengujian logam didalam sampel menggunakan <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> , <i>hot plate</i> , ayakan 200 mesh, kawat pemotong, timbangan porositas dan kertas saring.	
	Kesimpulan Penelitian	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini ialah untuk uji toksisitas dengan <i>Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS)</i> menunjukkan bahwa produk batu bata mampu mengimobilisasi logam berat Pb menjadi 3,10 mg/L setelah disolidifikasi, begitu juga logam Cr menjadi 1,213 mg/L, logam Cu menjadi 4,374 mg/L.	
	Penerbit	Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Kampus Binawidya, Pekanbaru.	