

TA/TL/2022/1500

TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH B3 LOGAM BERAT CADMIUM
(Cd) DI LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
MENGGUNAKAN METODE STABILISASI/SOLIDIFIKASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik
Lingkungan



ANDIFA KHALIDA AZZARA

18513183

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2022

TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH B3 LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) di
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN MENGGUNAKAN
METODE STABILISASI/SOLIDIFIKASI
Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ANDIFA KHALIDA AZZARA

18513813

Disetujui :

Pembimbing 1 :

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.

NIK. 135130503

Tanggal:

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Kasam, M.T.

NIK. 925110102

Tanggal:

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
NIK. 095130403

Tanggal: 18 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN
PENGOLAHAN LIMBAH B3 LOGAM BERAT CADMIUM (Cd) DI
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN MENGGUNAKAN
METODE STABILISASI/SOLIDIFIKASI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 17 Oktober 2022

Disusun Oleh :

ANDIFA KHALIDA AZZARA

18513183

Tim Penguji :

Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng.

()

Dr. Ir. Kasam, M.T.

()

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Andifa Khalida Azzara

NIM: 18513183

PRAKATA

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret ini ialah Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Logam Berat Cd di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII menggunakan metode Stabilisasi/Solidifikasi.

Peneliti ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang membantu kelancaran dalam penyusunan laporan ini baik dukungan moril maupun materiil. Sehingga pada kesempatan ini, peneliti ingin menyampaikan rasa terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga mempermudah kelancaran proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua peneliti, Bunda Diah Sulistyoningsih, Ayah Albana, dan Faiz yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan doa demi kelancaran tugas akhir ini.
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.
4. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Bapak Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng. dan Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T. yang telah membimbing dan Bapak Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu dan berkenan memberi masukan selama proses penyusunan laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang sudah membagikan ilmu yang bermanfaat bagi peneliti dalam proses pengambilan data di lapangan.
6. Rekan tugas akhir peneliti, Ega Elita M.R yang telah berjuang dari mahasiswa baru, Kuliah Praktik (KP) hingga melaksanakan tugas akhir saat ini bersama-sama, membantu, dan saling memberikan semangat selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.

7. Kepada Graha, Uli, Ilham, Syahrina, Husna, dan Amara yang telah menemani masa perkuliahan dari awal hingga saat ini dan bersama-sama saling memberi motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Kepada peneliti sendiri yang telah berjuang dan tidak menyerah dalam mengerjakan Tugas Akhir ini, semoga mendapatkan ilmu yang bermanfaat.
9. Keluarga Besar Teknik Lingkungan Angkatan 2018 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberi dukungan kepada peneliti.
10. Seluruh keluarga, teman, dan pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Peneliti berharap semoga amal baik dari seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan tugas akhir ini mendapat balasan berupa pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Andifa Khalida Azzara



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

ABSTRAK

ANDIFA KHALIDA AZZZARA. Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Cadmium (Cd) di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII Menggunakan Metode Satbilisasi/Solidifikasi. Dibimbing oleh YEBI YURIANDALA, S.T., M.Eng. dan Dr. Ir. KASAM, M.T.

Manusia dalam kehidupan sehari-hari menghasilkan limbah yang dapat merusak lingkungan, terkhusus limbah B3. Limbah B3 terdapat dalam sektor pertambangan, perindustrian, perkantoran, dan terdapat dalam sektor pendidikan seperti di laboratorium. Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII menghasilkan limbah cair logam berat Cd sebagai parameter yang diuji di dalam laboratorium. Penelitian ini mempunyai tujuan untuk menganalisis data karakteristik fisika (kekeruhan dan TDS) serta karakteristik kimia (pH dan konsentrasi logam berat Cd), dan menentukan strategi pengolahan limbah B3 cair. Pengolahan yang dilakukan menggunakan metode stabilisasi/solidifikasi dengan menurunkan mobilitas dan kelarutan pencemar dalam limbah ke lingkungan. Stabilisasi dilakukan dengan penambahan NaOH dan solidifikasi dilakukan dengan memadatkan limbah menjadi *paving block*. Hasil yang didapatkan bahwa kekeruhan di limbah cair laboratorium dengan rata-rata 197 NTU (melebihi BML Permen LH No.51/1995), TDS dengan rata-rata 36,86 gram/L, pH sebesar 1, serta kadar Cd di dalam limbah cair sebesar 21,44 mg/L yang melebihi BML Permen LH No.5/2014. Selanjutnya dilakukan pengolahan dengan stabilisasi/solidifikasi menjadi *paving block* dengan hasil TCLP bahwa kadar Cd dalam limbah B3 cair memenuhi BML sesuai dengan PP No. 22/2021 dengan hasil TCLP A untuk *paving block* variasi air, padat, dan kontrol sebesar 0,23 mg/Kg; 0,17 mg/Kg; dan 0,41 mg/Kg.

Kata Kunci : Limbah B3, Cd, Stabilisasi/Solidifikasi, TCLP, Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII.

ABSTRACT

ANDIFA KHALIDA AZZZARA. Hazardous Waste Treatment of Heavy Metal Cadmium (Cd) at the Environmental Quality Laboratory FTSP UII Using Stabilization/Solidification Method. Supervised by YEBI YURIANDALA, S.T., M.Eng. and Dr. Ir. KASAM, M.T.

Humans in their daily life produce waste that can damage the environment, especially hazardous waste. Hazardous waste can be found in the mining, industry, offices, and in the education sector such as in the laboratory. Environmental Quality Laboratory of FTSP UII produces liquid waste of heavy metal Cd as a parameter that is tested in the laboratory. This study aims to analyze data on physical characteristics (turbidity and TDS) and chemical characteristics (pH and Cd heavy metal concentration), and determine the strategy for treating liquid hazardous waste. The treatment is carried out using the stabilization/solidification method by reducing the mobility and solubility of pollutants in the waste into the environment. Stabilization is done by adding NaOH and solidification is done by compacting the waste into paving blocks. The results obtained that turbidity in laboratory liquid waste with an average of 197 NTU (exceeding the Environmental Quality Standard Environment Minister Regulation No.51/1995), TDS with an average of 36.86 grams/L, pH of 1, and levels of Cd in wastewater of 21.44 mg/L which exceeds the Environmental Quality Standard Environment Minister Regulation No. 5/2014. Furthermore, processing is carried out with stabilization/solidification into paving blocks with TCLP results that the Cd content in the liquid B3 waste meets the Environmental Quality Standard in accordance with Indonesia Government Regulation No. 22/2021 with TCLP A results for paving blocks with variations of water, solid, and control of 0.23 mg/Kg; 0.17 mg/Kg; and 0.41 mg/Kg.

Keywords: Hazardous Waste, Cadmium (Cd), Stabilization/Solidification, TCLP, Environmental Quality Laboratory FTSP UII.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

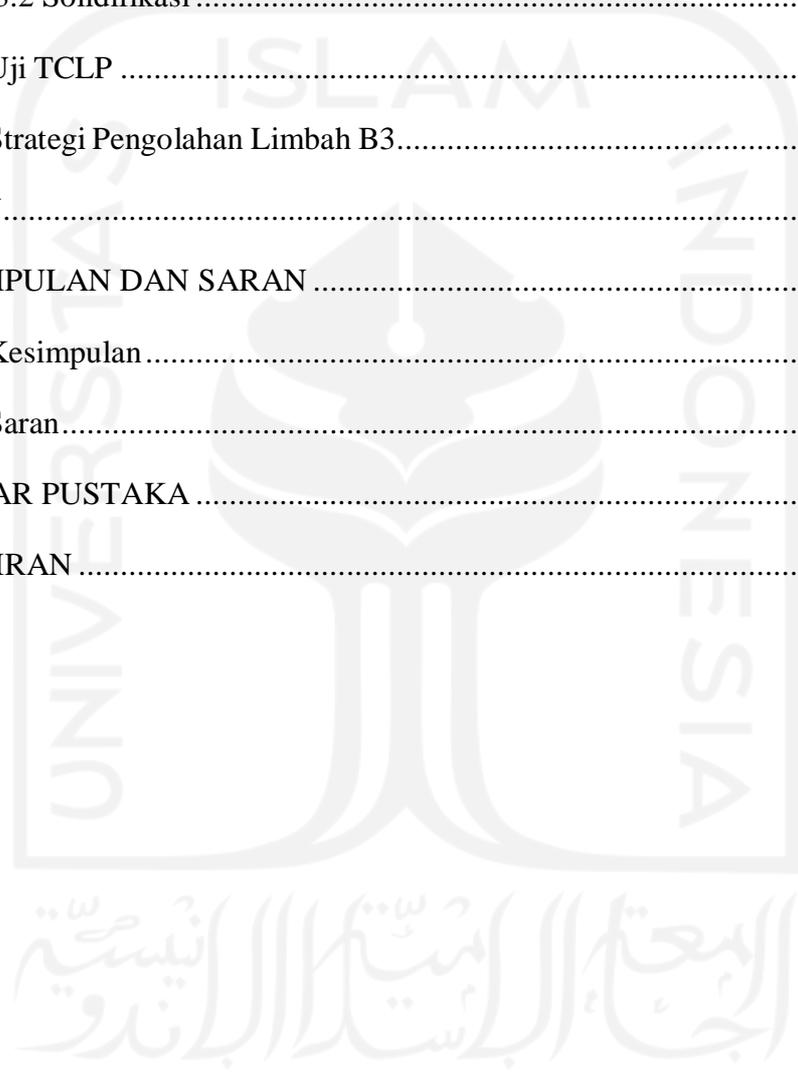
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR NOTASI	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah B3	4
2.2 Limbah Laboratorium	5
2.3 Logam Berat	5
2.4 Cd di Lingkungan	6

2.5 Pengolahan Limbah B3	6
2.5.1 Stabilisasi	8
2.5.2 Solidifikasi	9
2.6 Uji Laboratorium.....	9
2.6.1 Parameter Limbah B3 Cair	10
2.7 Uji TCLP	10
2.8 Senyawa Kimia	11
2.8.1 Natrium Hidroksida (NaOH)	11
2.8.2 Kapur (CaO).....	11
2.9 Penelitian Terdahulu	12
BAB III.....	15
METODE PENELITIAN.....	15
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	16
3.3.1 Data Sekunder	16
3.3.2 Data Primer	17
3.4 Prosedur Analisis Data	17
3.4.1 Pengambilan Sampel Limbah B3 Cair.....	17
3.4.2 Uji Karakteristik Limbah B3 cair	18
3.4.3 Uji Kadar Logam Berat Cd	18
3.4.4 Stabilisasi/Solidifikasi	19
3.4.5 Uji TCLP.....	22
BAB IV	26
HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....	26
4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian	26
4.2 Karakteristik Limbah B3 cair	27

4.2.1 Kekeruhan	27
4.2.2 TDS.....	29
4.2.3 pH	30
4.2.4 Karakteristik Logam Berat Cd	32
4.3 Pengolahan Limbah B3 Laboratorium	33
4.3.1 Stabilisasi	33
4.3.2 Solidifikasi	36
4.4 Uji TCLP	38
4.5 Strategi Pengolahan Limbah B3.....	41
BAB V.....	43
KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	50



DAFTAR NOTASI

E	: Immobilisasi logam berat	(%)
C1	: Konsentrasi awal	(mg)
C2	: Konsentrasi akhir	(mg)
*	: Baku Mutu Lingkungan	

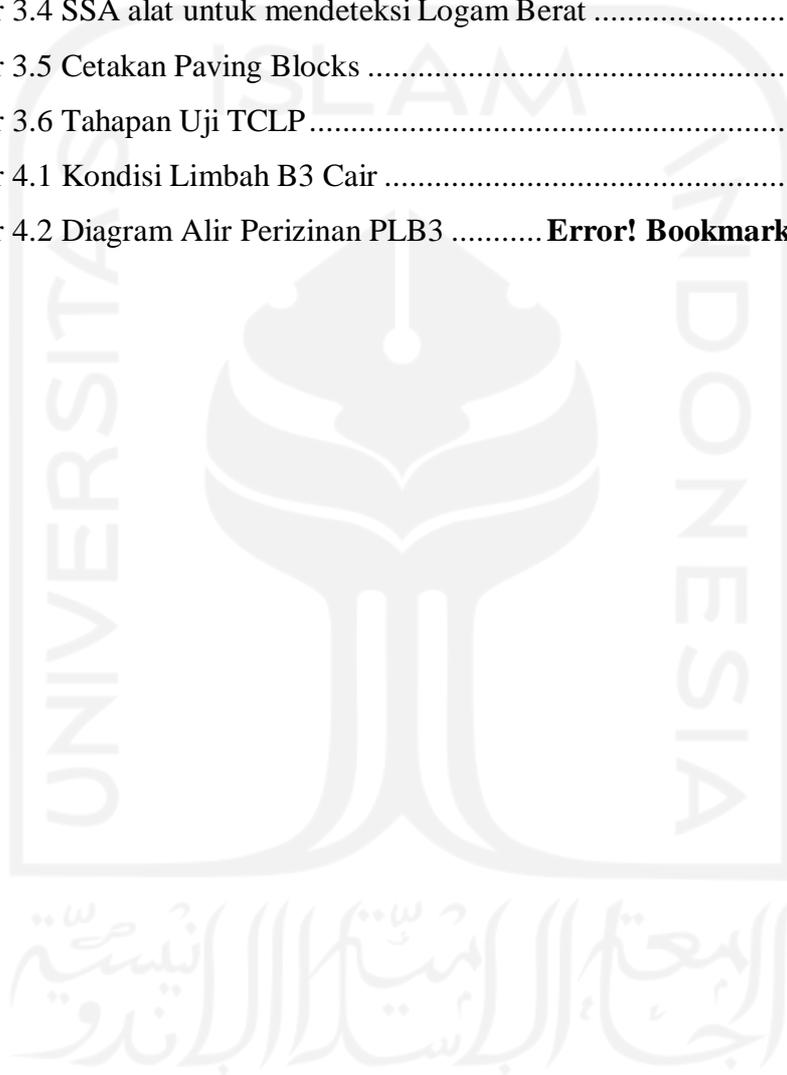


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 4.1 Hasil Uji Kekerusuhan.....	28
Tabel 4.2 Hasil Uji TDS.....	29
Tabel 4.3 Hasil Uji pH.....	31
Tabel 4.4 Hasil Uji Kadar Cd.....	32
Tabel 4.5 Kadar NaOH dan pH.....	33
Tabel 4.6 Kekerusuhan Setelah Stabilisasi.....	34
Tabel 4.7 TDS Setelah Stabilisasi.....	35
Tabel 4.8 pH Setelah Stabilisasi.....	35
Tabel 4. 9 Kadar Cd Setelah Stabilisasi.....	36
Tabel 4.10 Komposisi Paving Block.....	37
Tabel 4.11 pH Setelah Solidifikasi.....	38
Tabel 4.12 Hasil TCLP.....	39
Tabel 4.13 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2 Tahapan Pengambilan Sampel LB3 Cair	18
Gambar 3.3 Tahapan Uji Kadar Cd	19
Gambar 3.4 SSA alat untuk mendeteksi Logam Berat	19
Gambar 3.5 Cetakan Paving Blocks	21
Gambar 3.6 Tahapan Uji TCLP	21
Gambar 4.1 Kondisi Limbah B3 Cair	27
Gambar 4.2 Diagram Alir Perizinan PLB3	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Uji Kekeruhan	50
Lampiran 2 Prosedur Uji TDS	51
Lampiran 3 Prosedur Uji pH	52
Lampiran 4 Prosedur Uji Kadar Cd	53
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Cd	54
Lampiran 6 Hasil Pengujian Kadar Cd Setelah Stabilisasi	55
Lampiran 7 Pembuatan Paving Block Konvensional	56
Lampiran 8 Uji TCLP	57
Lampiran 9 Hasil Pengujian TCLP	57
Lampiran 10 Dokumentasi Kondisi Limbah	59
Lampiran 11 Dokumentasi Sampel Limbah B3 cair yang diuji karakteristik	59
Lampiran 12 Alat yang digunakan untuk penentuan kadar logam berat	60
Lampiran 13 Dokumentasi Pengujian Stabilisasi	60
Lampiran 14 Dokumentasi Solidifikasi	61
Lampiran 15 Dokumentasi Uji TCLP	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam kehidupan sehari-hari menghasilkan limbah organik, anorganik, dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang dapat mengancam lingkungan serta kesehatan manusia. Lokasi yang terbatas dan standar lingkungan yang ketat untuk penimbunan, dan pembuangan limbah menjadikan perhatian utama untuk pengolahan limbah B3 yang ada di Indonesia. Limbah B3 di dapati dalam sektor pertambangan, perindustrian, perkantoran, dan terdapat dalam sektor pendidikan seperti di laboratorium.

Laboratorium dalam kegunaannya adalah untuk melakukan pengujian atau kegiatan riset ilmiah menggunakan bahan-bahan kimia. Teknik Lingkungan (TL) Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia (UII) memiliki laboratorium kualitas lingkungan yang berdiri pada tahun 1999. Bahan kimia yang digunakan dalam laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII kemudian akan dibuang dan menghasilkan air buangan yang disebut dengan limbah cair laboratorium.

Limbah cair laboratorium perlu diketahui karakteristiknya seperti kekeruhan, TDS, dan pH. Salah satu kandungan air limbah laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII merupakan logam Kadmium (Cd) yang berasal dari proses praktikum atau pengujian kualitas lingkungan. Kadar logam berat Cd dapat ditemukan dalam air limbah B3 laboratorium dengan 22 pengujian menggunakan Cd sebagai parameter yang dilakukan dari tahun 2020 hingga Maret 2022 di laboratorium kualitas Lingkungan TL FTSP UII. Pengolahan limbah cair dilakukan dengan tahapan penentuan karakteristik fisika meliputi kekeruhan dengan metode uji SNI 6989.24-2005 dan TDS dengan metode uji SNI 6989.27-2019. Karakteristik kimia meliputi pH dengan metode uji SNI 6989.11-2019, dan karakteristik logam berat Cd dengan SNI 6989.16-2019.

Setelah penentuan karakteristik limbah cair, diperlukan pengolahan untuk mengubah limbah B3 cair menjadi tidak beracun untuk mengurangi potensi

pelepasan senyawa beracun di lingkungan. Pengolahan berupa stabilisasi/solidifikasi yang bertujuan untuk mengurangi laju kontaminan dan mengurangi sifat beracun dari limbah tersebut. Stabilisasi dilakukan untuk meminimalkan laju migrasi kontaminan limbah dengan penambahan NaOH untuk mengurangi toksisitas limbah dan solidifikasi dilakukan dengan memadatkan limbah menjadi *paving block*. Keuntungan dalam penerapan metode stabilisasi/solidifikasi adalah terdapatnya kemudahan dalam pengaplikasian dan pengolahan limbah cair, memiliki stabilitas fisika dan kimia jangka panjang, memiliki kekuatan kompresi, serta memiliki permeabilitas air yang rendah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Apa saja karakteristik limbah cair di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII?
2. Bagaimana strategi pengolahan air limbah logam berat Cd di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penelitian Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Cd di laboratorium kualitas lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis karakteristik limbah cair di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.
2. Menentukan strategi pengolahan air limbah logam berat Cd di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Cd di Laboratorium kualitas lingkungan memiliki manfaat :

1. Mengetahui karakteristik limbah B3 cair yang terdapat di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.

2. Memberikan strategi pengolahan air limbah B3 cair kepada laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII sehingga limbah B3 cair tidak perlu diolah atau diangkut oleh pihak pengolah (dapat dilakukan pengolahan sendiri).
3. Hasil dari limbah B3 cair ini akan berbentuk padatan yang dapat dijadikan alternatif pembuatan *paving block* yang memiliki nilai ekonomis dan nilai jual.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Cd di Laboratorium kualitas lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di Laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.
2. Variabel penelitian adalah logam berat Cd yang berasal dari limbah cair hasil praktikum atau pengujian di Laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII. Penentuan kadar logam berat Cd menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) sesuai dengan SNI 6989.16:2009 yang sesuai dengan baku mutu.
3. Karakteristik limbah B3 yang akan di uji adalah parameter fisika (Kekeruhan dan Total *Dissolved Solid* (TDS)) dan parameter kimia (pH).
4. Pengujian toksisitas akan dilakukan adalah menggunakan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedur* (TCLP) 1311-United States Environmental Protection Agency (US-EPA).
5. Metode pengolahan limbah B3 cair dalam penelitian ini menggunakan stabilisasi/solidifikasi. Stabilisasi menggunakan NaOH (Natrium Hidroksida) dan CaO (Kalsium Karbonat) untuk menurunkan kadar logam berat Cd dan solidifikasi menggunakan *paving block*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah B3

Zat sisa suatu usaha atau kegiatan disebut juga dengan limbah. B3 merupakan zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/ jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan/merusak lingkungan hidup, dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah B3). Limbah berbahaya merupakan substansi atau zat berbahaya yang telah dipisahkan atau dibuang, tak diacuhkan, dilepaskan, atau direncanakan sebagai material limbah, atau sesuatu yang bisa jadi berhubungan dengan zat lain menjadi berbahaya (Riyanto, 2013). Limbah B3 adalah suatu sisa usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3 (Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup). Limbah B3 memerlukan pengolahan yang ketat untuk menghilangkan sifat atau zat berbahaya yang ada di dalam kandungan limbah tersebut sebelum dilakukan pemanfaatan dan dibuang ke lingkungan.

Sumber penghasil limbah B3 berasal dari sektor industri, pertambangan, perkantoran, dan laboratorium. Limbah laboratorium memiliki volume yang relatif sedikit dibandingkan dengan limbah yang berasal dari proses industri, namun limbah laboratorium mengandung jenis B3 yang bervariasi dengan konsentrasi yang relatif tinggi (Yilmaz, 2016). Penentuan karakteristik limbah B3 mengacu pada *Material Safety Data Sheet* (MSDS) di setiap bahan kimia yang terkandung pada limbah B3. MSDS merupakan *form* yang berisi keterangan data fisik (titik lebur, dan titik didih), toksisitas, pengaruh terhadap kesehatan, pertolongan pertama, reaktifitas, penyimpanan dan pembuangan limbah, peralatan proteksi, serta prosedur penanganan bahaya (Putri, 2016). Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 karakteristik limbah B3 meliputi:

- a) Mudah meledak

- b) Mudah menyala
- c) Reaktif
- d) Infeksius
- e) Korosif, dan/atau
- f) Beracun

2.2 Limbah Laboratorium

Laboratorium merupakan tempat dilakukannya kegiatan pengujian untuk mendapatkan data atau hasil yang diinginkan. Limbah B3 cair laboratorium dikategorikan sebagai limbah B3 dikarenakan sifat dan konsentrasinya mengandung zat yang dapat merusak lingkungan hidup, manusia, dan makhluk hidup lainnya (Fajri, 2018). Kegiatan pengujian di laboratorium menghasilkan sisa air buangan yang mengandung bahan kimia yang bersifat asam maupun basa. Bahan kimia yang bersifat asam seperti asam klorida, asam nitrat, asam sulfat, asam fosfat, dan asam karboksilat. Sedangkan, jenis bahan kimia senyawa basa yang digunakan misalnya natrium hidroksida dan kalium hidroksida (Said, 2016). Selain mengandung senyawa kimia, limbah laboratorium dapat dikategorikan sebagai limbah B3 dikarenakan mengandung logam berat seperti timbal (Pb), Cd, besi (Fe), dan lainnya. Logam-logam tersebut sangat berbahaya walaupun dalam jumlah yang kecil dan menyebabkan toksik pada makhluk hidup (Adli, 2012). Proses di dalam laboratorium menggunakan bahan kimia, fisika, maupun biologi. Namun, dalam praktiknya logam berat yang termasuk ke dalam bahan kimia memiliki jumlah pencemar yang lebih banyak dibandingkan dengan bahan fisika atau biologi dan memiliki sifat yang sangat berbahaya dikarenakan karakteristiknya.

2.3 Logam Berat

Logam merupakan zat dengan konduktivitas tinggi listrik, kelenturan, dan kilai, yang secara sukarela kehilangan trons mereka untuk membentuk kation (Khlif & Hamza, 2010). Logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam berat ini masuk ke dalam tubuh manusia dan makhluk

hidup lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung. Senyawa logam memiliki sifat yang tidak mudah terurai sehingga menyebabkan logam berat sebagai senyawa yang memiliki toksisitas tinggi. Air limbah menjadi tempat yang sering ditemukan logam berat dan semua jenis logam berat seperti Arsenik (Ar), Cd, Cr, Cu, Timah (Sn), dan Nikel (Ni) dan semua logam berat tersebut beresiko bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Sifat asli logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia. Pertama, logam berat sulit didegradasi sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan. Kedua, logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasi dapat semakin tinggi, atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi. Ketiga, logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi daripada logam dalam air (Sutamihardja, 2007).

2.4 Cd di Lingkungan

Cd merupakan logam berat berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Cd oksida jika dipanaskan (Widowati et al, 2008). Dalam badan air, kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Pada konsentrasi 200 mg/L dapat menyebabkan keracunan pada ikan. Logam Cd yang sudah memasuki perairan akan mengalami proses bioakumulasi dan biomagnifikasi pada makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia). Kemudian Cd yang telah terakumulasi pada hewan lalu dikonsumsi oleh manusia maka akan menyebabkan rusaknya ginjal, paru-paru, kekurangan darah, kerapuhan tulang, mempengaruhi sistem reproduksi, dan merupakan salah satu penyebab kanker pada manusia (Palar, 2008). Cd memiliki sifat bioavailabilitas yang tinggi sehingga dengan mudah melakukan bioakumulasi dan senyawa yang sangat larut di dalam air.

2.5 Pengolahan Limbah B3

Pengolahan limbah B3 wajib dilaksanakan oleh setiap kegiatan yang menghasilkan limbah B3, dan jika tidak dapat melakukan pengolahan sendiri maka dapat diserahkan kepada pengolah limbah B3. Pengolahan limbah B3 dapat

dilakukan dengan cara termal, stabilisasi/solidifikasi, dan cara lain sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengolahan limbah B3 merupakan kegiatan mengurangi dan/atau menghilangkan sifat bahaya dan/atau sifat racun (Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014).

Proses pengolahan secara fisika dan kimia bertujuan untuk mengurangi daya racun limbah B3 atau menghilangkan karakteristik limbah B3 dari berbahaya menjadi tidak berbahaya. Proses pengolahan secara stabilisasi/solidifikasi bertujuan untuk merubah sifat fisika dan kimia limbah B3 sehingga pergerakan limbah terhambat atau terbatas. Sedangkan, secara termal melalui insernasi bertujuan untuk menghancurkan senyawa B3 yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3 (Trihadiningrum, 2016). Sebelum dilakukan pengolahan, limbah B3 harus dilakukan uji kandungan atau parameter fisika, kimia, dan biologi untuk menentukan pengolahan yang tepat. Setelah kandungan fisika, kimia, dan biologi diketahui, maka proses selanjutnya adalah menentukan pilihan proses pengolahan limbah B3 yang memenuhi kualitas dan baku mutu pembuangan yang ditetapkan (Riyanto, 2013). Proses pengolahan secara kimia antara lain reduksi-oksidasi, elektrolisis, netralisasi, presipitasi, stabilisasi/solidifikasi, absorpsi, penukaran ion, dan pirolisa. Proses pengolahan secara fisika antara lain elektrostatis presipitator, penyaringan partikel, koagulasi-flokulasi, filtrasi, sedimentasi, *stripping*, dialisasi *leaching*, reverse osmosis, dan lain sebagainya. Proses pengolahan secara biologi terdiri dari ekualisasi, pengaturan pH, pengendapan secara kimiawi, lumpur aktif, dan pengolahan lumpur (Jamhari, 2009). Stabilisasi/solidifikasi merupakan pencampuran reagen ke dalam bahan yang terkontaminasi untuk memberikan perubahan fisik dan kimia sehingga dapat mengurangi dampak ke lingkungan. Kelebihan yang terdapat dari stabilisasi/solidifikasi adalah penambahan bahan utama semen dengan bahan pengikat lainnya dengan kemudahan penggunaan dan pemrosesan, ketahanan biodegradasi, permeabilitas air rendah, stabilitas fisika dan kimia dalam jangka panjang, dan memiliki kekuatan tekan. Melalui teknologi stabilisasi/solidifikasi dengan mencampurkan zat aditif berguna untuk mengurangi mobilitas zat beracun,

cara kerjanya dengan menahan dan mengurangi kontaminan serta mencegah pelepasan polutan ke lingkungan (Ghayda Yaseen, 2019).

Stabilisasi/solidifikasi digunakan untuk menangani berbagai macam kontaminan dan paling efektif dalam pengolahan limbah *anorganik*. Proses stabilisasi/solidifikasi bertujuan untuk mereduksi toksisitas dan mobilitas limbah serta memudahkan penanganan limbah padat dan cair. Hal yang dilakukan dalam pengujian stabilisasi/solidifikasi adalah :

1. Fisik, mencakup kelembapan, kerapatan, kepadatan, kekuatan, dan daya tahan.
2. Kimia, mencakup pH, kebasaaan, dan kandungan senyawa organik.
3. Peluluhan, mencakup TCLP dan prosedur ekstraksi bertingkat.

Teknologi stabilisasi/solidifikasi terbagi atas fisik, kimia, dan termal. Secara fisik adalah proses yang tidak melibatkan reaksi kimia. Proses dapat berlangsung dengan adsorpsi atau absorpsi suatu zat pada permukaan. Teknologi ini memisahkan zat berbahaya dari lingkungan secara fisik. Contoh stabilisasi/solidifikasi secara fisik adalah kapulasi makro, kapulasi mikro, dan kapulasi termoplastik. Secara kimia proses stabilisasi/solidifikasi memerlukan reaksi kimia dengan melibatkan reaksi bahan semen atau pozzolan. Secara termal menggunakan panas untuk melelehkan dan mensolidifikasi senyawa berbahaya pada massa solid misalnya vitrifikasi (Pranjoto, 2007).

Penghilangan logam berat Cd di dalam air limbah B3 dengan stabilisasi dilakukan oleh proses pengendapan dengan pengaturan pH, dengan penambahan soda kaustik (NaOH). Pengikatan Cd hidroksida sangat dipengaruhi oleh faktor konsentrasi logam Cd yang ada di dalam limbah B3 cair dan pH limbah B3 cair. Pengendapan Cd hidroksida dapat berjalan pada pH 11 (Nusa Idaman, 2010).

2.5.1 Stabilisasi

Stabilisasi merupakan penambahan bahan aditif untuk mengurangi sifat beracun suatu limbah. Cara mengurangi sifat beracun limbah dengan mengurangi laju perpindahan kontaminan ke lingkungan (Trihadiningrum, 2016). Stabilisasi menggunakan cara meminimalkan mobilitas atau kelarutan kontaminan tanpa terjadi perubahan fisik pada limbah. Proses stabilisasi melakukan penambahan zat

atau senyawa ke dalam limbah untuk menciptakan limbah yang tidak berbahaya. Stabilisasi dilakukan dengan penambahan zat kimia seperti NaOH, atau CaO sesuai dengan logam berat yang akan distabilkan. Tujuan stabilisasi dilakukan agar air limbah bersifat stabil atau tetap atau tidak terjadinya fluktuasi di dalam air limbah. Stabilisasi mengarah kepada pengurangan bahaya kimia dengan mengurangi kelarutan, mobilitas, toksisitas, dan tidak mengubah sifat fisik (Ghayda Yaseen, 2019). Menurut Kinnari Vaddoriya (2016), stabilisasi dapat dicapai dengan :

1. Meningkatkan penanganan dan karakteristik fisik limbah
2. Mengurangi luas permukaan yang dapat menyebabkan hilangnya kontaminan
3. Membatasi kelarutan polutan yang terkandung di dalam limbah
4. Mengurangi toksisitas kontaminan

2.5.2 Solidifikasi

Solidifikasi merupakan kegiatan atau proses penambahan zat aditif atau senyawa lain yang bertujuan untuk memadatkan limbah (Trihadiningrum, 2016). Proses solidifikasi menyebabkan limbah tidak dapat berinteraksi dengan reagen solidifikasi dikarenakan kontaminan diikat dalam bentuk padatan hasil dari solidifikasi. Solidifikasi mengacu pada pemrosesan limbah dengan bahan padat. Kegiatan solidifikasi dapat dilakukan dengan berbagai macam penambahan zat seperti semen Portland, atau agregat berupa pasir dan kerikil guna memadatkan limbah. Menurut Kinnari Vaddoriya (2016), pemadatan dilakukan dengan penambahan reagen yang meningkatkan kekuatan, menurunkan kompresibilitas, dan permeabilitas rendah. Pemadatam limbah dapat berupa beton atau *paving block*.

2.6 Uji Laboratorium

Laboratorium merupakan tempat untuk melakukan pengujian dan percobaan. Dalam pengolahan limbah B3 diperlukan uji laboratorium untuk menghilangkan senyawa limbah B3 dari berbahaya menjadi tidak berbahaya (Royyan, 2017). Pertama, uji laboratorium digunakan untuk menguji karakteristik limbah B3 cair. Kedua, menguji karakteristik logam berat Cd seperti parameter

fisika dan kimia. Ketiga, melakukan uji TCLP terhadap hasil olahan untuk mengukur konsentrasi yang kadarnya tidak boleh melewati baku mutu. Uji laboratorium menjadi hasil data akhir dalam penentuan kadar limbah B3 apakah dapat dilakukan pengolahan atau tidak. Uji kadar logam berat Cd, uji karakteristik limbah B3, dan uji TCLP mengacu kepada SNI dalam tata cara pengujiannya.

2.6.1 Parameter Limbah B3 Cair

Pengujian karakteristik limbah B3 cair dan karakteristik logam berat Cd memerlukan parameter fisika (kekeruhan dan TDS) serta parameter kimia (pH). Kekерuhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala Nephelometrix Turbidity Unit (NTU). Kekерuhan dinyatakan dengan satuan unit turbiditas. TDS merupakan jumlah zat padat terlarut yang menyatakan bahwa senyawa tersebut merupakan senyawa organik atau anorganik. Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang besar terhadap tumbuhan dan hewan air sehingga dinyatakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan bagi lingkungan hidup (Narulita, 2011).

2.7 Uji TCLP

Uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan kadar beracun logam berat sebelum dibuang ke lingkungan. Uji TCLP menggunakan proses ekstraksi logam berat akan terlepas selama ekstraksi tersebut (Galilius, 2010). Tujuan pengujian TCLP untuk mengetahui tingkat beracun suatu logam berat yang ada di dalam limbah. Baku mutu lingkungan untuk TCLP menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup adalah 0,9 mg/L untuk TCLP A dan 0,15 mg/L untuk TCLP B. Pengujian TCLP dilakukan dengan menghancurkan sampel dengan ukuran lebih kecil dari 9,5 mm. Kemudian menentukan menggunakan larutan pengeskrak tipe I atau II tergantung dari pH larutan sampel (US-EPA,1992). Setelah itu dilakukan ekstraksi dan pembacaan kadar logam berat menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). TCLP menjadi bagian dari karakteristik toksisitas. Toksisitas merupakan karakteristik

untuk menentukan suatu limbah padat termasuk limbah berbahaya atau digolongkan ke dalam limbah berbahaya.

2.8 Senyawa Kimia

Senyawa kimia merupakan suatu zat yang terdiri dari beberapa unsur yang dapat dipecah menjadi unsur yang lebih kecil. Senyawa kimia memiliki rumus-rumus kimia tertentu yang memiliki zat dan jumlah atomnya. Senyawa kimia dapat berwujud padat maupun cair dan gas. Jenis senyawa kimia berupa asam, basa. Senyawa ionik, garam, oksida, dan senyawa organik (Narulita, 2011).

2.8.1 Natrium Hidroksida (NaOH)

Soda api atau NaOH merupakan senyawa kimia dengan alkalinitas yang tinggi. NaOH merupakan bahan dasar yang digunakan pada kegiatan industri. NaOH digunakan untuk meningkatkan alkalinitas campuran, dan menetralkan asam. Larutan NaOH bersifat basa, tidak bisa terbakar, dan digunakan untuk mengendapkan logam berat dan mengontrol sifat keasaman dalam air (Riana, 2012). Adapun reaksi kimia yang terbentuk dari Cd dan NaOH sebagai berikut.



2.8.2 Kapur (CaO)

Kapur merupakan logam putih perak atau memiliki nama kimia CaO. dalam larutan air, kapur berupa bubuk putih dan membentuk larutan yang tidak memiliki warna. Batu kapur merupakan senyawa unsur golongan alkali yang penting di dalam kegiatan industri. Kapur dapat ditemui dalam bentuk kapur oksida, kapur hidroksida yang diperoleh dengan penambahan air pada batu kapur yang sudah dibakar, dan kapur karbonat yang diperoleh dengan menggiling batu kapur dengan kehalusan tertentu (Riyanto, 2013). Reaksi kimia yang terbentuk dari bercampurnya Cd dan CaO sebagai berikut.



2.9 Penelitian Terdahulu

Salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian adalah dengan membaca referensi penelitian sebelumnya. Dari beberapa referensi tersebut, tidak ditemukan judul yang sama dengan penelitian yang direncanakan. Hasil referensi penelitian sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :



Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

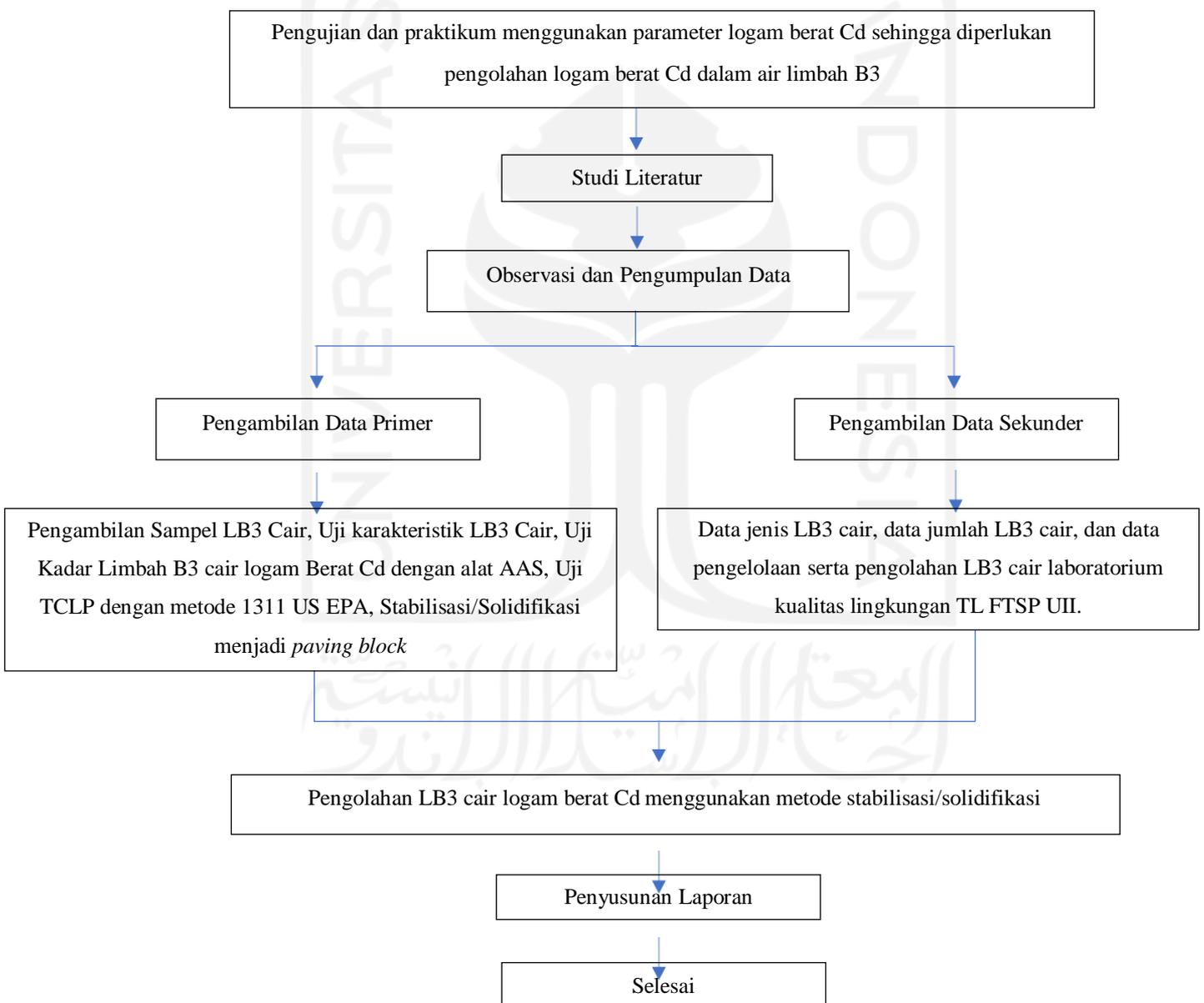
No	Nama Jurnal	Studi Terdahulu	Rencana Penelitian	Kebaruan/Perbedaan
Pengolahan Air Limbah B3 Laboratorium				
1	Ari A, 2012. Studi Pengelolaan Limbah B3 Laboratorium di ITB	<p>1. Menganalisis timbulan limbah B3 yang dihasilkan di laboratorium berupa limbah asam, basa, dan campuran bahan kimia.</p> <p>2. Mengevaluasi pengelolaan limbah B3 laboratorium mulai dari penghasil limbah sampai ke pengangkutan.</p> <p>3. Memberikan analisis pengelolaan limbah B3 mulai dari penghasil sampai pengangkutan</p>	Mencari timbulan limbah B3 Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII, dan melakukan pengolahan limbah B3 cair.	Terdapat pengolahan limbah B3 cair laboratorium berupa metode yang dilakukan.
2	Tresta N, 2017. Pengelolaan Limbah B3 Laboratorium Kampus ITS	Mengidentifikasi jenis dan laju timbulan limbah B3 cair.	Mengidentifikasi karakteristik limbah B3 cair	Terdapat perbedaan melakukan identifikasi karakteristik timbulan limbah B3 cair berupa pH, kekeruhan, dan TSS.

No	Nama Jurnal	Studi Terdahulu	Rencana Penelitian	Kebaruan/Perbedaan
Stabilisasi/Solidifikasi				
3	Vilancia C, 2015. Stabilisasi/Solidifikasi Limbah B3 Mengandung Logam Berat dengan Semen Portland dan Fly Ash.	Terdapat alternatif pengolahan limbah B3 yang mengandung logam berat dengan semen portland dan fly ash.	Melakukan pengolahan limbah B3 cair dengan kandungan logam berat Cd menggunakan semen portland.	Logam berat yang digunakan sebelumnya adalah hidrokarbon dan yang sekarang berupa logam berat Cd.
4	Nusa I, 2010. Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu) di dalam Air Limbah Industri.	Stabilisasi limbah B3 cair laboratorium yang mengandung Cd dilakukan dengan menambahkan soda kaustik (NaOH) untuk mengendapkan Cd menjadi Cd hidroksida.	Stabilisasi limbah B3 cair laboratorium yang mengandung Cd dilakukan dengan penambahan kalsium oksida (CaO).	Senyawa yang ditambahkan dalam stabilisasi limbah B3 Cd berbeda.
5	Royyan A. 2017. Kajian Teknologi dan Mekanisme Satbilisasi/Solidifikasi untuk Pengolahan Limbah B3.	Teknologi yang digunakan dalam stabilisasi/solidifikasi berbasis semen portland dan pozzolan.	Teknologi pengolahan limbah B3 cair Cd dilakukan berbasis semen portland.	Stabilisasi/solidifikasi yang dilakukan hanya berbasis semen portland.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar, penelitian ini memiliki beberapa tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan sejak bulan Maret 2022 hingga Juli 2022. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia (TL FTSP UII) Kampus Terpadu Gedung Mohammad Natsir jalan Kaliurang Km 14,5, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang diteliti di laboratorium ini adalah limbah B3 cair yang dihasilkan di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, sumber data diperlukan untuk menunjang kualitas dan keakuratan data. Data yang digunakan terbagi menjadi dua yaitu data sekunder dan data primer.

3.3.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data di luar penelitian untuk mendukung data primer dalam menganalisis data. Seperti data yang dibutuhkan dan peraturan yang terkait dengan pengolahan limbah B3 cair logam berat Cd. Data yang dibutuhkan antara lain :

1. Data jenis limbah B3 cair yang dihasilkan di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.
2. Data jumlah limbah B3 cair yang dihasilkan di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.
3. Data pengelolaan dan pengolahan limbah B3 cair yang dilakukan di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII.
4. Peraturan terkait yang digunakan antara lain :
 - a. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
 - b. Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun.

- c. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 10 Tahun 2020 Tentang Tata Cara Uji Karakteristik dan Penetapan Status Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- d. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- e. Uji TCLP 1311-United States Environmental Protection Agency (US-EPA).
- f. Standar Nasional Indonesia (SNI) yang mengatur mengenai tata cara pengujian air dan air limbah, serta pengujian air limbah berbahaya dan beracun.

3.3.2 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung berasal dari subjek penelitian. Data primer diperoleh dari hasil melakukan observasi lokasi dengan mengunjungi laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII. Pengumpulan data primer dihasilkan dari pengujian karakteristik limbah B3 cair dan logam berat Cd, pengujian menggunakan metode stabilisasi/solidifikasi, dan pengujian TCLP.

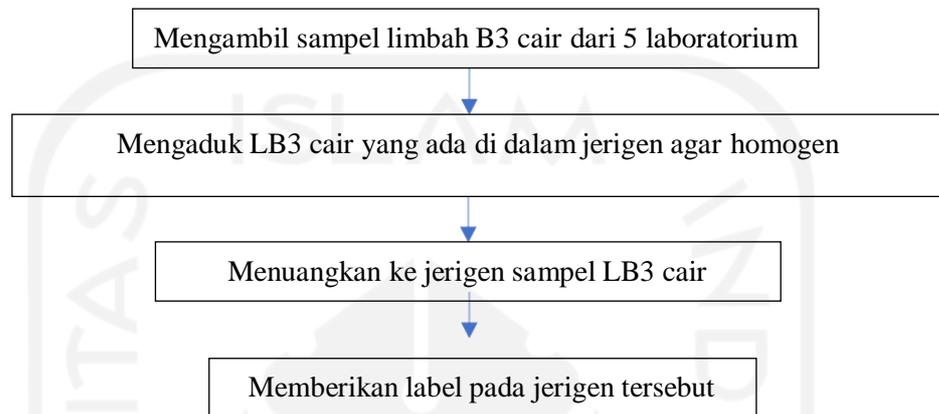
3.4 Prosedur Analisis Data

Pada penelitian ini, prosedur analisis data dibagi menjadi pengambilan sampel limbah B3 cair, pengujian karakteristik limbah B3 cair (kekeruhan, TDS, dan pH), pengujian kadar limbah B3 cair logam berat Cd, stabilisasi/solidifikasi, dan uji TCLP.

3.4.1 Pengambilan Sampel Limbah B3 Cair

Pengambilan sampel limbah B3 cair yang berada di laboratorium kualitas lingkungan TL FTSP UII diambil menyesuaikan dengan jumlah limbah B3 cair yang tersedia dari lima laboratorium, yaitu laboratorium kualitas air, laboratorium kualitas udara, laboratorium bioteknologi lingkungan, laboratorium analisis resiko lingkungan, dan laboratorium sampah dan limbah bahan berbahaya dan beracun.

Sampel diambil kemudian ditaruh pada wadah berupa jerigen bening agar terlihat warna dan padatan yang tersedia. Jerigen diberikan simbol dan label tanda limbah B3, lalu ditempatkan di tempat teduh. Berikut merupakan tahapan pengambilan sampel LB3 cair :



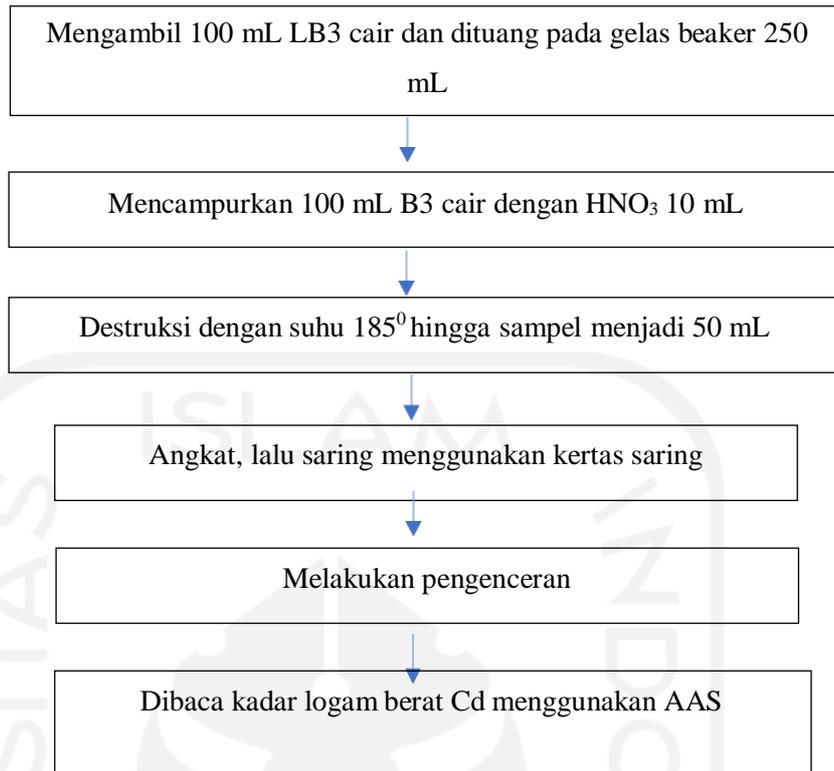
Gambar 3.2 Tahapan Pengambilan Sampel LB3 Cair

3.4.2 Uji Karakteristik Limbah B3 cair

Karakteristik limbah B3 cair logam berat Cd ditentukan berdasarkan parameter fisika dan kimia. Parameter fisika meliputi kekeruhan (SNI 6989.24-2005), dan TDS (SNI 6989.27-2019). Parameter kimia yang diuji adalah pH (SNI 6989.11-2019). Prosedur analisis data terdapat pada lampiran 1-4 pengujian karakteristik limbah B3 cair.

3.4.3 Uji Kadar Logam Berat Cd

Data yang diperlukan selanjutnya adalah pengujian kadar logam berat Cd setelah dilakukan pengambilan sampel limbah B3 cair. Pengujian kadar logam berat Cd pada air dan air limbah mengacu pada SNI 6989.16-2009 mengenai cara uji Cd secara SSA yang prosedur lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 4 uji kadar Cd. Berikut merupakan tahapan uji kadar logam berat Cd :



Gambar 3.3 Tahapan Uji Kadar Cd



Gambar 3.4 SSA alat untuk mendeteksi Logam Berat

3.4.4 Stabilisasi/Solidifikasi

Stabilisasi merupakan proses penambahan bahan aditif untuk mengurangi sifat beracun dari limbah B3. Proses stabilisasi dilakukan dengan cara mengubah limbah dan komponen berbahayanya ke bentuk yang dapat mengurangi laju kontaminan ke lingkungan atau mengurangi sifat beracun limbah tersebut.

Sedangkan solidifikasi adalah proses penambahan bahan yang dapat memadatkan limbah agar limbah tersebut berbentuk padat (Royyan, 2017). Stabilisasi/solidifikasi dapat dicapai dengan reaksi kimia antara limbah pematid dengan proses mekanis. Perpindahan kontaminan biasanya dibatasi dengan mengurangi luas permukaan yang terkena pelindian atau dengan melapisi limbah dengan material yang memiliki permeabilitas rendah (Trihadiningrum, 2016). Tujuan dari stabilisasi/solidifikasi adalah mengonversi limbah B3 menjadi massa yang secara fisik memiliki daya leaching rendah, serta kekuatan mekanik yang cukup aman untuk dibuang ke landfill limbah B3 (Royyan, 2017).

Setelah dilakukan stabilisasi dengan NaOH maka selanjutnya dilakukan pengendapan agar terbentuk padatan menggunakan kalsium karbonat (CaO). Kadar logam berat dalam air limbah dapat berkurang dan selanjutnya proses solidifikasi atau pematid. Proses solidifikasi dilakukan dengan pengikatan semen. Pencampuran semen menggunakan semen Portland dikarenakan semen Portland digunakan untuk pengolahan limbah B3 logam berat. Komposisi material semen portland : agregat yang digunakan dalam pembuatan *paving block* adalah variasi 1 pc : 7 ps (digunakan dalam komersil). *Paving block* dibuat dengan 3 variasi, pertama variasi kontrol dengan pencampuran anatar semen, agregat, dan air. Kedua, variasi padatan limbah B3 dengan pencampuran antara semen, agregat, padatan limbah B3, dan air. Ketiga, variasi air limbah B3 dengan pencampuran antara semen, agregat, dan air sisa limbah B3 cair.

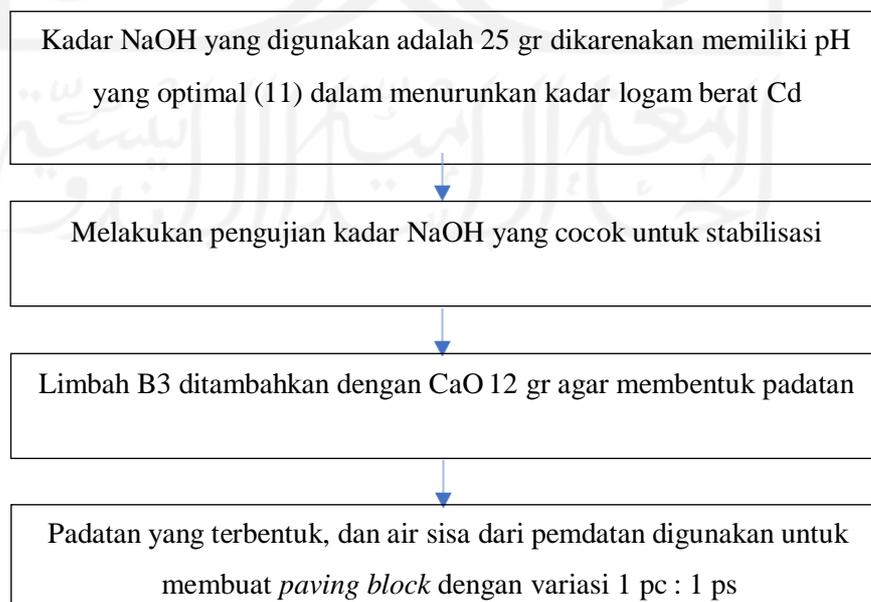
Solidifikasi limbah B3 cair menggunakan 15 liter limbah B3 cair dicampur dengan CaO, kemudian dilakukan pengadukan cepat dengan putaran 100 rpm dengan waktu 10 menit. Kecepatan pengadukan dengan 100 rpm akan menimbulkan terbentuknya CaO yang besar disebabkan dengan tumbukan antar molekul rekatan menjadi lebih besar (Fikry Rhidany, 2005). Setelah dilakukan pengadukan, sampel didiamkan lalu dipisahkan antara padatan dan cairan dengan hasil yang didapatkan adalah dari 15 liter limbah B3 cair padatan yang terbentuk sebanayak 5 kg dan cairan limbah B3 sisa sebesar 10 liter. Padatan dan air sisa yang tidak mengendap ini dilakukan sebagai bahan pencampur dalam pembuatan *paving block*. Kemudian dilakukan solidifikasi dengan 3 variasi yaitu kontrol (agregat dan

semen), campuran padatan (semen, air, kerikil, dan padatan limbah), dan campuran air limbah (agregat, semen, dan air limbah sisa), variasi digunakan agar seluruh limbah B3 terpakai dan tidak menimbulkan limbah sisa yang dapat dilihat pada lampiran 14 pengujian solidifikasi. Cetakan dan hasil pembuatan *paving block* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Cetakan Paving Blocks

Pembuatan *paving block* dilakukan secara manual sesuai dengan lampiran 7 prosedur pembuatan *paving block* dengan menggunakan alat gablokan. Pembuatan *paving block* secara manual mengacu pada SNI 03-0691-1996. Tahapan stabilisasi/solidifikasi dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.

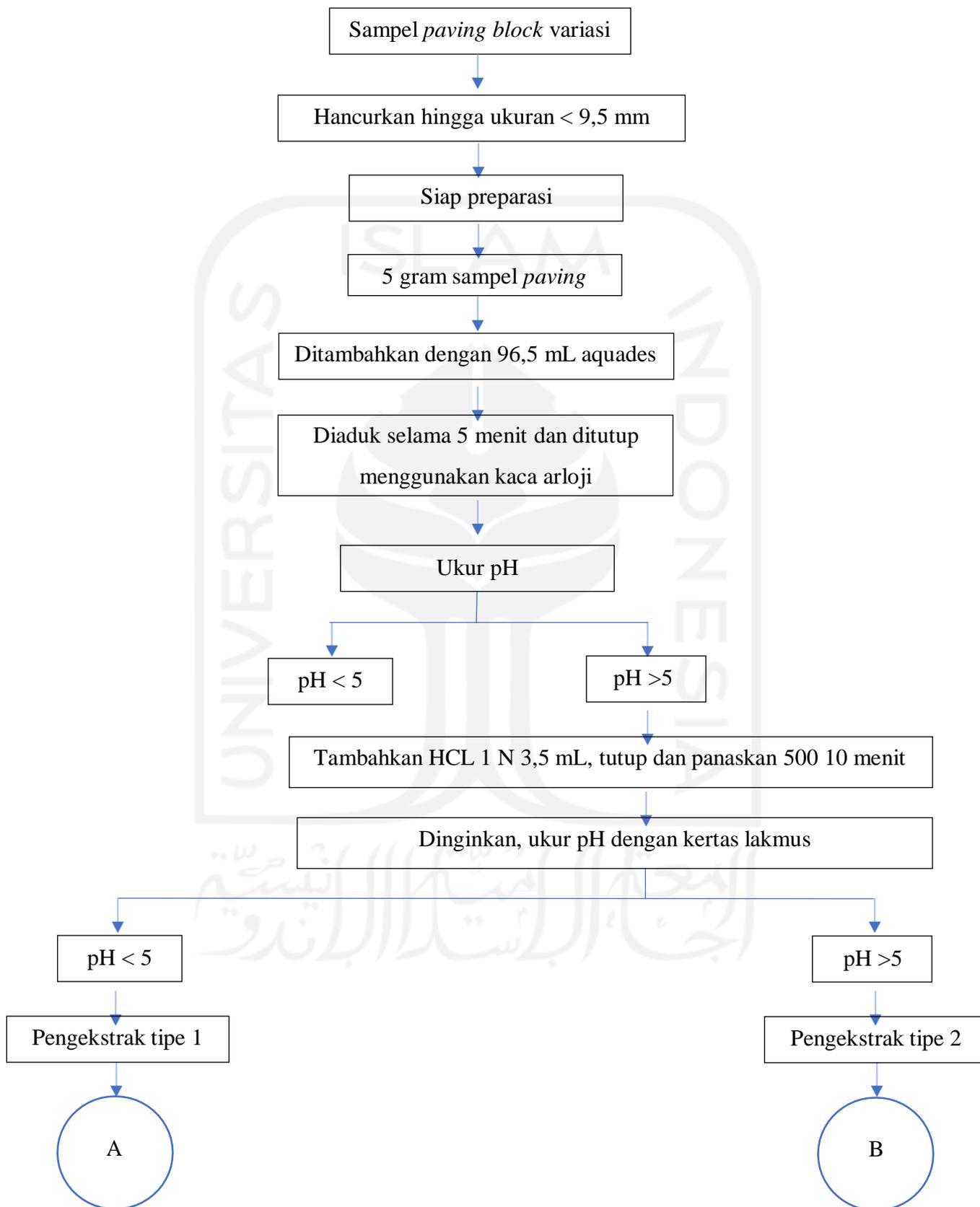


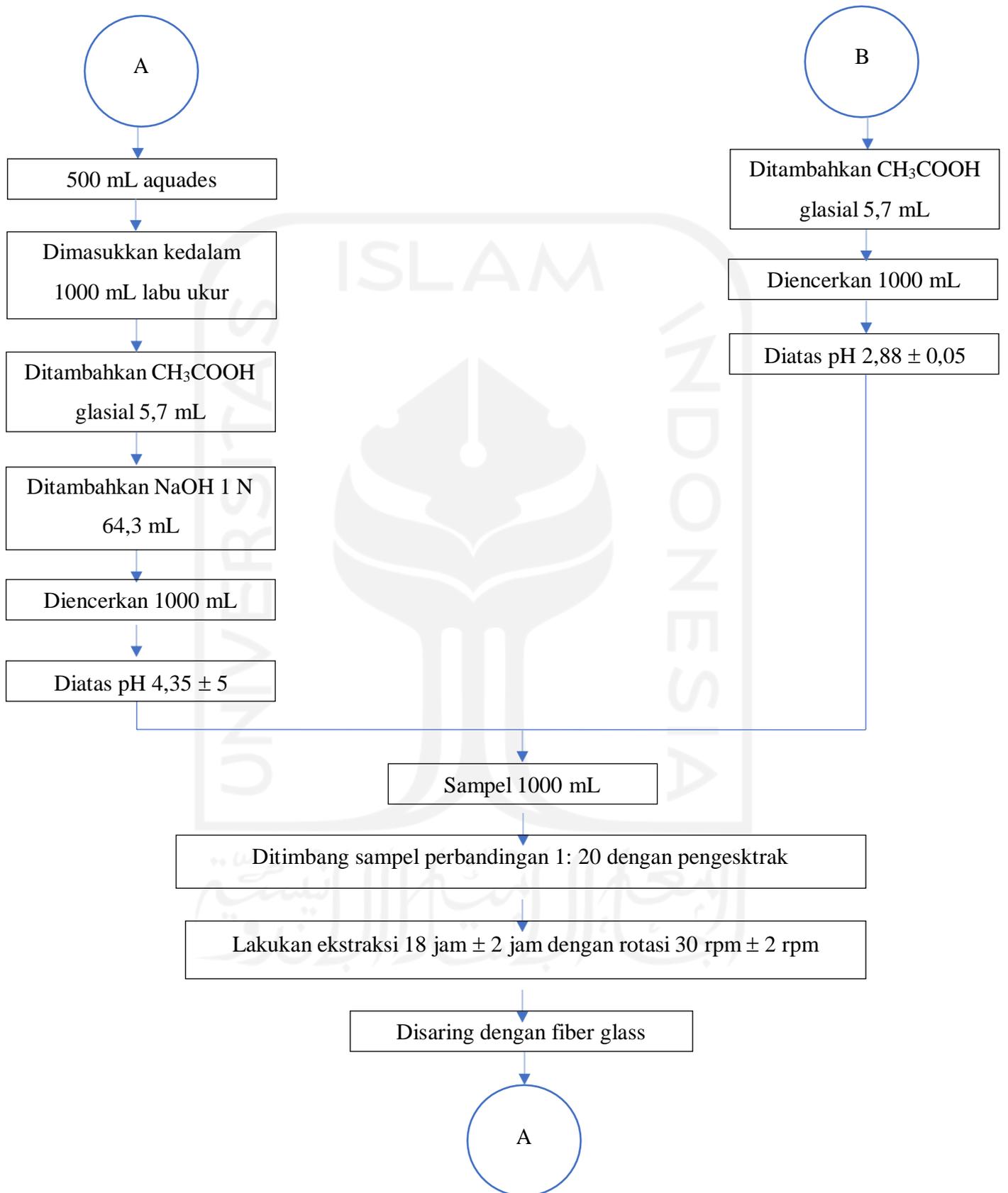
Gambar 3.6 Tahapan Uji TCLP

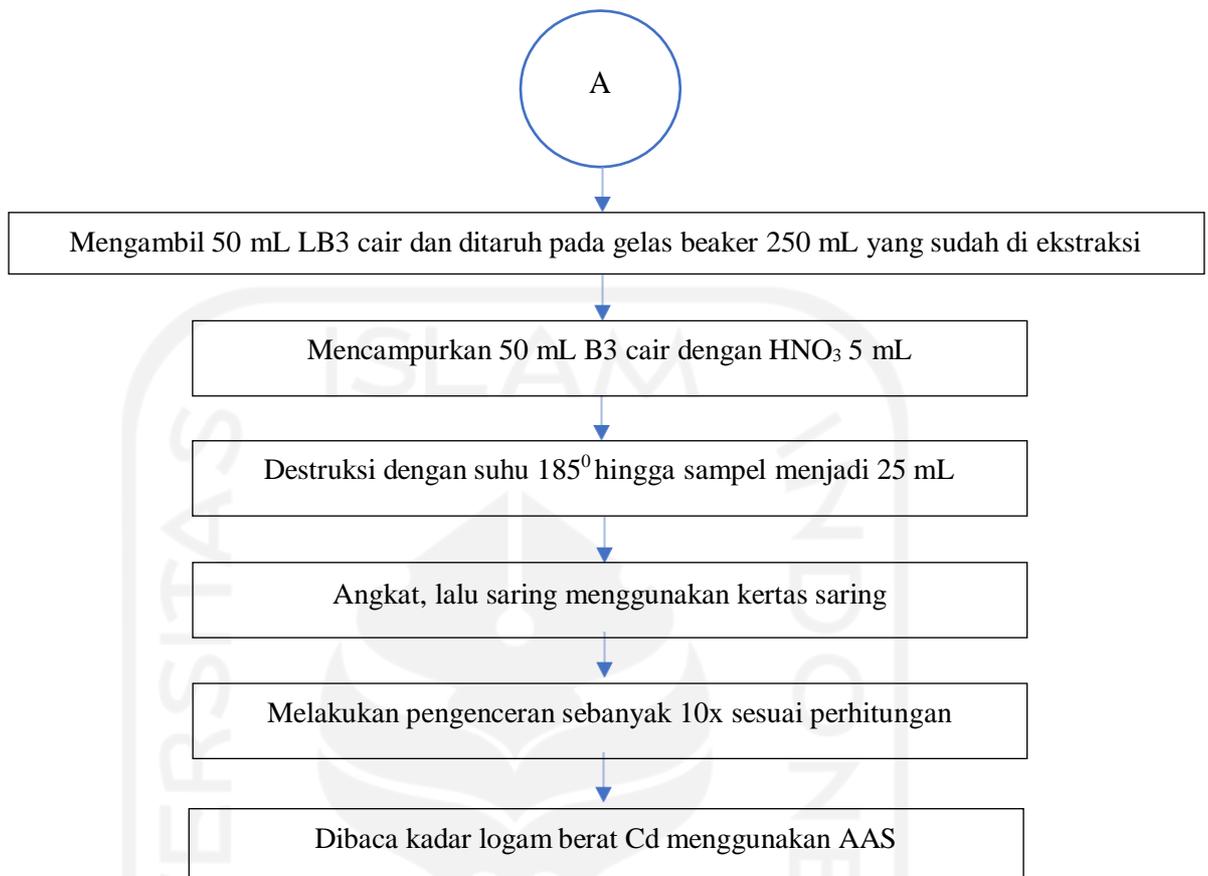
3.4.5 Uji TCLP

Pengujian TCLP digunakan untuk mengetahui penentuan sifat beracun suatu logam berat apakah memenuhi ambang baku mutu atau diatas baku mutu. Uji TCLP dilakukan dengan metode uji 1311-*United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) prosedur dapat dilihat pada lampiran 8 uji TCLP . Berikut tahapan uji TCLP :









Gambar 3.7 Tahapan Penentuan TCLP Cd

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Kondisi Lingkungan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Laboratorium Kualitas Lingkungan Gedung Mohammad Natsir FTSP UII. Laboratorium kualitas lingkungan terdiri dari laboratorium kualitas air yang memiliki cakupan layanan uji meliputi pengujian air minum, air limbah, tanah, dan kualitas udara dengan parameter-parameter yang ada di dalam standar baku mutu Indonesia. Laboratorium kualitas udara memiliki cakupan layanan uji meliputi pencemaran udara, gas rumah kaca, kebisingan, dan pengelolaan lingkungan mikro. Laboratorium bioteknologi lingkungan merupakan perluasan dari laboratorium mikrobiologi lingkungan yang melakukan pengujian berupa pengolahan limbah secara biologi, remediasi lingkungan tercemar, dan microbial *trace*. Laboratorium analisis resiko lingkungan yang meliputi pengujian mengenai Analisa polutan, daya tampung dan daya dukung lingkungan, mekanisme paparannya terhadap ekosistem dan manusia. Terakhir merupakan laboratorium sampah dan limbah B3 yang melakukan pengujian mengenai daur ulang limbah, karakterisasi hasil solidifikasi dan pencampuran bahan. Setiap laboratorium menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa kimia berasal dari kegiatan praktikum dan pengujian yang dilakukan di laboratorium tersebut. Menurut Raimon (2011), air limbah laboratorium berasal dari sisa buangan pengujian yang terbuang bersama dengan limbah lainnya. Limbah cair ini ditempatkan di dalam jerigen yang tersedia di setiap laboratorium. Kondisi limbah B3 cair yang berada di laboratorium ditampilkan pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Kondisi Limbah B3 Cair

Kondisi limbah B3 cair di tempatkan di dalam jerigen yang tersedia di seluruh laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII. Limbah B3 cair ini kemudian ditutup dan diangkut melalui pihak ketiga. Selain itu, kondisi lingkungan Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah B3 terdiri dari rak-rak yang berisi limbah B3 padat seperti alat-alat elektronik, dan kain bekas. TPS limbah B3 memiliki *logbook* mengenai identitas limbah B3 padat yang tersimpan. Limbah B3 padat ditaruh dalam wadah yang memiliki nama dan jenis limbah B3 padat dan disusun di dalam rak yang bertingkat. Limbah B3 padat diolah bekerjasama dengan pihak ketiga seperti limbah B3 cair.

4.2 Karakteristik Limbah B3 Cair

Pengujian karakteristik limbah B3 cair dibagi menjadi karakteristik fisika meliputi kekeruhan, dan TDS dan karakteristik kimia meliputi pH dan konsentrasi logam berat Cd di dalam air limbah.

4.2.1 Kekeruhan

Karakteristik kekeruhan digunakan untuk mengukur keadaan air dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) yang menggunakan efek cahaya untuk

pengukurannya. Pengukuran kekeruhan berdasarkan SNI 6989.24-2005 yang prosedur pengujiannya terdapat pada lampiran 1 mengenai uji kekeruhan.

Menurut Mutiara (2018), kekeruhan yang tinggi di dalam air limbah laboratorium disebabkan oleh tercampurnya zat, senyawa kimia atau benda koloid di dalam air limbah. Kekeruhan di dalam air limbah ditimbulkan oleh bahan kimia organik dan anorganik yang dihasilkan oleh kegiatan pengujian di dalam laboratorium. Pengujian kekeruhan ditampilkan pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji Kekeruhan

No	Sampel	Hasil Pengujian (NTU)	BML* (NTU)
1.	Sampel 1	200	
2.	Sampel 2	203	
3.	Sampel 3	188	10
	Rata-Rata	197	

Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata kekeruhan sebesar 197 NTU, sampel 2 memiliki nilai kekeruhan tertinggi di angka 203 NTU, sedangkan sampel 3 memiliki angka terendah yaitu 188 NTU. Untuk membandingkan besaran kekeruhan dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Air Limbah, Baku Mutu Lingkungan (BML) kadar kekeruhan di dalam air limbah sebesar 10 NTU. Berdasarkan pengujian, sampel 1, 2, dan 3 memiliki angka yang melebihi baku mutu. Kekeruhan yang tinggi dalam limbah B3 cair disebabkan oleh air limbah bekas pengujian dan praktikum yang bercampur. Pengujian di laboratorium menggunakan sampel dari luar laboratorium lalu dilakukan pengujian dan dibuang di dalam jerigen, selain itu kegiatan praktikum di dalam laboratorium menggunakan senyawa-senyawa kimia seperti praktikum kimia lingkungan yang memiliki pengujian kekeruhan dalam sampel air menghasilkan air yang berwarna keruh akibat pengujian. Praktikum mikrobiologi lingkungan, praktikum kimia dasar, dan praktikum laboratorium lingkungan yang menimbulkan padatan sehingga membuat angka kekeruhan menjadi tinggi akibat padatan tersuspensi dan padatan yang terlarut di dalam air

limbah. Sehingga, kekeruhan yang tinggi di dalam air limbah B3 laboratorium disebabkan oleh bercampurnya hasil air sisa pengujian dan praktikum. Menurut Elida Novita (2021) kekeruhan air limbah dalam rumah pemotongan ayam disebabkan oleh air yang mengandung partikel tersuspensi berupa zat berbahaya bagi kesehatan, semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi nilai kekeruhan, kandungan air limbah industri Pemotongan Ayam memiliki angka kekeruhan sebesar 111 NTU sehingga melebihi angka BML.

4.2.2 TDS

Karakteristik TDS merupakan padatan terlarut yang memiliki ukuran lebih kecil dari padatan yang tersuspensi. Pengujian dilakukan sesuai dengan SNI 6989.27-2019 yang prosedur pengujiannya terdapat pada lampiran 2 mengenai uji TDS. Hasil pengujian tercantum pada tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji TDS

No	Sampel	TDS (gram/L)	Suhu (⁰ C)	Konduktivitas (ms/cm)	BML* (gram/L)
1.	Sampel 1	37,1	26,4	52,5	2
2.	Sampel 2	38,2	26,6	53,7	
3.	Sampel 3	35,3	26,5	51,0	
Rata-Rata		36,86	26,5	52,4	

Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata TDS sebesar 36,86 gram/L, sampel 2 memiliki nilai TDS tertinggi yaitu 38,2 gram/L dengan suhu 26,6⁰C dan konduktivitas 53,7 ms/cm. Nilai TDS terendah yaitu pada sampel 3 sebesar 35,3 gram/L, suhu 26,5⁰C dan konduktivitas 51,0 ms/cm. Pada pengujian ini menandakan bahwa semakin tinggi suhu dan konduktivitas semakin tinggi pula angka TDS yang saling memengaruhi. Menurut Fendra Nicola (2015), konduktivitas merupakan kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Semakin banyak garam-garam terlarut yang dapat terionisasi, semakin tinggi nilai konduktivitas di dalam air. Nilai TDS biasanya lebih kecil dibandingkan dengan nilai konduktivitas. Hadirnya TDS di dalam air limbah laboratorium disebabkan

oleh bahan *anorganik* berupa ion-ion yang digunakan dalam pengujian di laboratorium seperti Asam Klorida (HCl), Bikarbonat (HCO_3), kalsium (Ca), dan lain sebagainya.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar BML untuk TDS adalah 2 mg/L. Hasil ketiga sampel yang didapatkan menunjukkan bahwa sampel melebihi BML yang telah ditetapkan. Menurut Irwan dan Afdal (2016), TDS air limbah laboratorium tinggi dikarenakan sumber pencemar dalam limbah laboratorium berasal dari produk penanganan limbah, sisa bahan kimia, air bekas cucian peralatan, dan sampel uji yang mudah larut dalam air. Angka TDS dipengaruhi oleh pH yang rendah dikarenakan ion-ion logam larut dalam air pada pH rendah sehingga kadar TDS tinggi dan dapat mempengaruhi tingginya salinitas dan konduktivitas di dalam air limbah (Suprihatin dan Indrasti, 2010). Menurut Elida Novita (2021) TDS dalam air limbah pemotongan ayam tinggi disebabkan oleh kandungan zat organik terlarut yang bergabung dalam bentuk molekuler, terionisasi, atau berbentuk koloid yang memiliki angka BML sebesar 2 gram/L, industri pemotongan ayam memiliki angka TDS sebesar 625 mg/L melebihi angka BML. Pengujian dan praktikum yang dilakukan di laboratorium seperti praktikum mikrobiologi lingkungan dan praktikum laboratorium lingkungan yang menghasilkan padatan dapat memicu tingginya nilai TDS di dalam limbah B3 cair. Selain itu, kegiatan pengujian dan praktikum kimia lingkungan dengan melakukan pengujian TDS dalam sampel air yang menggunakan senyawa kimia organik seperti alkohol, senyawa kimia *anorganik* seperti NaOH, dan HNO_3 yang dibuang dalam jerigen dapat meningkatkan kadar TDS di dalam limbah B3 cair laboratorium.

4.2.3 pH

Pengujian pH menyesuaikan dengan SNI 6989.11-2019 yang prosedur pengujian tercantum pada lampiran 3 uji pH. Hasil pengujian pH dicantumkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji pH

No	Sampel	Hasil Pengujian	BML*
1.	Sampel 1	1	
2.	Sampel 2	1	
3.	Sampel 3	1	6,0-9,0
Rata-Rata		1	

Hasil pengujian pH diatas menyatakan bahwa sampel 1, 2, dan 3 memiliki nilai pH sebesar 1. Air limbah asam bersifat korosif, oleh karena itu jika terbuang ke lingkungan akan merusak mikroorganisme dan material sekitarnya (Susana, 2009). Menurut Mutiara (2018), pH menyatakan keasaman atau basa suatu cairan, konsentrasi ion hidrogen, serta parameter dalam analisis kualitas air karena pengaruhnya terhadap proses di dalamnya.

Perbandingan antara pH dalam pengujian dengan BML sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menyatakan bahwa pH limbah B3 cair laboratorium melebihi BML yang sudah di ditetapkan yaitu, pH sebesar 1. Sedangkan BML mencantumkan bahwa BML untuk pH dalam air limbah adalah 6,0-9,0. Menurut Febrian Sayow (2020), pada industri tahu dan tempe rahayu di Kabupaten Minahasa memiliki pH sebesar 5 tidak sesuai angka BML yaitu bersifat asam dikarenakan limbah cair tahu mengandung asam cuka sisa dari proses penggumpalan dan perendaman tahu dan tempe sehingga limbah cair bersifat asam. pH pada pengujian menunjukkan bahwa limbah B3 cair memiliki kadar asam yang disebabkan oleh senyawa kimia yang digunakan dalam pengujian laboratorium merupakan senyawa asam serta memiliki kandungan logam berat di dalam air limbah B3 tersebut. Praktikum kimia lingkungan, dan praktikum kimia dasar menggunakan bahan-bahan kimia bersifat asam, selain itu kegiatan destruksi yang menggunakan HNO_3 lalu sisanya dibuang di jerigen dapat menyebabkan kadar pH yang rendah di dalam limbah B3 cair laboratorium.

4.2.4 Karakteristik Logam Berat Cd

Pengujian kadar logam berat Cd berdasarkan SNI 6989.16-2009 yang prosedur uji sesuai dengan lampiran 4 uji karakteristik logam berat dengan menggunakan SSA dengan Panjang gelombang 228,8 nm yang dapat dilihat pada lampiran 12 alat SSA. Hasil kadar logam berat Cd yang telah di SSA dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Uji Kadar Cd

No	Sampel	Konsentrasi (mg/L)	BML* (mg/L)
1.	Sampel 1	20,60	0,05
2.	Sampel 2	22,29	
Rata-rata		21,44	

Dari penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa konsentrasi Cd dalam limbah B3 cair laboratorium berkisar antara 20,60-22,29 mg/L dengan nilai rata-rata sebesar 21,44 mg/L yang dapat dilihat pada lampiran 5 hasil pengujian kadar Cd sebelum stabilisasi. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah B3 laboratorium memiliki kandungan Cd melebihi BML sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yaitu melebihi 0,05 mg/L. Kandungan logam berat Cd di dalam air limbah B3 laboratorium berasal dari pengujian yang mengandung bahan-bahan Cd di dalamnya. Menurut Mugal et al. (2010), Cd merupakan senyawa yang larut di dalam air dibandingkan dengan logam lainnya, mudah melakukan bioakumulasi. Kadar Cd yang tinggi di dalam limbah B3 cair laboratorium disebabkan oleh pengujian yang dilakukan sebanyak 22 pengujian yang menggunakan parameter Cd di dalam laboratorium dari tahun 2020 hingga 2022 sehingga kadar Cd yang tinggi disebabkan oleh pengujian yang dilakukan (Data Sekunder, 2022). Menurut Rindu Wahyu (2017), tingkat toksisitas Cd dapat meningkat pada pH rendah. Selain itu, Cd merupakan logam berat yang terdapat di dalam sedimen air limbah, sehingga konsentrasi TDS yang tinggi membuat konsentrasi Cd semakin tinggi berikatan dengan bahan organik, lalu mengendap, dan membentuk sedimen. Menurut Muhammad Khairi (2018), pada limbah cair industri batik memiliki konsentrasi Cd

sebesar 2 mg/L yang disebabkan oleh proses pembuatan batik melibatkan bahan kimia yang mengandung unsur logam berat sehingga melebihi BML.

4.3 Pengolahan Limbah B3 Laboratorium

Pengujian pengolahan limbah B3 cair laboratorium dilakukan dengan metode stabilisasi/solidifikasi untuk mengurangi kadar logam berat Cd di dalam air limbah B3 laboratorium.

4.3.1 Stabilisasi

Pengolahan limbah B3 Cd menggunakan stabilisasi/solidifikasi dengan mengubah cairan menjadi padatan berupa *paving block*. Pertama, dilakukan proses stabilisasi untuk mengurangi kadar Cd menggunakan senyawa NaOH. pH optimal NaOH untuk mengurangi kadar limbah B3 Cd adalah 11. Kadar NaOH yang diuji sebesar 5 gram; 10 gram; 15 gram; 20 gram; 25 gram; dan 30 gram ke dalam 100 mL limbah B3 cair untuk menentukan di kadar berapa limbah B3 cair dapat stabil. Setelah dilakukan pengujian, didapatkan hasil bahwa NaOH dengan kadar 25 gram yang memiliki pH optimum dalam stabilisasi logam berat Cd. Kadar NaOH dan pH yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Kadar NaOH dan pH

No	NaOH (gram/L)	pH	pH Optimum	Endapan
1.	5	7		Tidak terbentuk endapan
2.	10	8		Tidak terbentuk endapan
3.	15	8		Tidak terbentuk endapan
4.	20	10	11	Terbentuk endapan hanya di permukaan
5.	25	11		Terbentuk endapan di permukaan dan di dalam wadah
6.	30	12		Tidak terbentuk endapan

Dari pengujian di atas menjelaskan bahwa pada kadar 5 gram, 10 gram, 15 gram pH berada dalam keadaan tidak optimum (<11) dan tidak membentuk endapan. Kadar NaOH 20 gram menghasilkan pH 10 (tidak optimum <11) dan membentuk sedikit endapan. Pada kadar 25 gram menunjukkan keadaan limbah B3 cair dalam keadaan pH optimum 11 dan membentuk endapan, serta kadar NaOH 30 gram memiliki pH >12 dan tidak membentuk endapan.

Senyawa NaOH yang dibutuhkan untuk stabilisasi Limbah B3 cair adalah 25 gram dikarenakan memiliki suhu optimum yaitu 11 dan menimbulkan endapan. Menurut Nusa Idaman Said (2010), penurunan konsentrasi Cd di dalam air limbah tidak dapat dilakukan dengan pengaturan pH dengan NaOH saja, namun diperlukan pengendapan logam Cd dengan senyawa karbonat, fosfat, atau sulfida. Maka dari itu setelah dicampurkan dengan NaOH 25 gram, limbah B3 cair dilakukan pengendapan dengan penambahan Kalsium Oksida (CaO) atau gamping yang dapat mengendapkan limbah B3 cair Cd dokumentasi pengujian stabilisasi dapat dilihat pada lampiran 13.

Setelah dilakukan pengendapan menggunakan CaO, dilakukan pengujian pH, kekeruhan, dan TDS. Sampel yang diuji yaitu dengan kadar 15 gram yang memiliki pH <11 dan tidak membentuk endapan. Sampel 20 gram yang memiliki pH <11 namun terdapat endapan di permukaan, serta sampel 25 gram yang memiliki pH 11 dan terbentuk endapan. Hasil kekeruhan yang telah dilakukan stabilisasi pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.6 Kekeruhan Setelah Stabilisasi

No	NaOH (gram/L)	Kekeruhan (NTU)	BML* Kekeruhan (NTU)
1.	15	7,01	
2.	20	5,16	10
3.	25	1,65	

Kekeruhan Setelah Stabilisasi menunjukkan bahwa terdapat penurunan angka kekeruhan sebelum dan setelah stabilisasi. Kekeruhan terendah berada pada

sampel yang memiliki kadar 25 gram yaitu sebesar 1,65 NTU dan kekeruhan tertinggi pada sampel 15 gram yaitu 7,01 NTU yang memenuhi BML yaitu sebesar 10 NTU sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Air Limbah. Terjadi penurunan angka kekeruhan mengikuti kadar sampel, semakin tinggi kadar NaOH di dalam air limbah B3 maka semakin rendah angka kekeruhan. Selain kekeruhan, diperlukan pengukuran TDS setelah stabilisasi yang ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 TDS Setelah Stabilisasi

No	NaOH (gram/L)	TDS (g/L)	Suhu (⁰ C)	BML* (gram/L)
1.	15	3,8	26,1	2
2.	20	2,8	26,1	
3.	25	1,3	26,1	

Pada tabel 4.7 TDS setelah stabilisasi menunjukkan angka penurunan yang sama, dimana semakin banyak kadar NaOH yang dilarutkan dalam air limbah B3 maka semakin menurun angka TDS. Sampel 25 gram menunjukkan angka TDS terendah yaitu sebesar 1,3 g/L dengan suhu 26,1⁰C. Sampel 15 gram menunjukkan angka TDS tertinggi yaitu 3,8 gram/L dengan suhu 26,1⁰C yang melebihi BML yaitu 2 sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Selanjutnya, terdapat parameter pH yang penting diuji dikarenakan pH yang optimal untuk NaOH bekerja di dalam air limbah B3 yaitu 11 terdapat pada tabel 4.8 dibawah ini:

Tabel 4.8 pH Setelah Stabilisasi

No	NaOH (gram/L)	pH	BML*
1.	15	8	6,0-9,0
2.	20	10	
3.	25	11	

Pada tabel di atas menunjukkan angka pH yang menunjukkan diatas suhu optimum yaitu 11. Hal ini menunjukkan bahwa NaOH bekerja optimal untuk membuat limbah tetap stabil pada sampel 25 gram dengan pH 11. Angka tersebut melebihi BML sehingga diperluka pengolahan lanjutan dengan solidifikasi.

Setelah dilakukan pengujian karakteristik limbah B3 dengan penambahan NaOH, selanjutnya dilakukan pembacaan kadar logam berat Cd setelah dilakukan penambahan NaOH. Kadar logam berat Cd dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 9 Kadar Cd Setelah Stabilisasi

No	NaOH (mg/L)	Kadar Cd (mg/L)	BML* (mg/L)
1.	15	6,03	
2.	20	2,67	0,05
3.	25	2,40	

Pada pengujian kadar logam berat Cd setelah dilakukan stabilisasi menunjukkan angka tertinggi yaitu sampel 15 mg/L dengan kadar Cd 6,03 mg/L dan angka terendah sampel 25 mg/L dengan kadar Cd 2,40 mg/L yang terdapat pada lampiran 6 hasil pengujian Cd. Pengujian kadar logam berat Cd setelah stabilisasi melebihi BML yang telah ditetapkan yaitu 0,05 sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar logam berat Cd dalam limbah B3 cair laboratorium dengan sebelum ditambahkan NaOH namun masih menunjukkan angka diatas baku mutu dikarenakan kadar Cd di stabil terlebih dahulu agar tidak terjadinya fluktuasi kadar Cd di dalam air limbah, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan berupa solidifikasi untuk mengikat kadar Cd menjadi padatan.

4.3.2 Solidifikasi

Limbah B3 cair yang telah dilakukan stabilisasi dengan NaOH kemudian ditambahkan dengan CaO untuk proses pemdatan. Pengendapan limbah B3 cair menggunakan CaO membutuhkan kadar yang sesuai agar terbentuknya endapan. Menurut Fikry Rhidany (2005), penambahan 9 gram CaO mampu memberikan

harga efisiensi pemisahan sebesar 96,08%. Sehingga, untuk mengendapkan limbah B3 cair logam berat Cd dibutuhkan CaO sebanyak 9 gram.

Komposisi yang digunakan dalam pembuatan *paving block* yaitu perbandingan 1 pc : 7 ps. Menurut Fitria Laila (2018), penentuan campuran *paving block* yang sesuai penting dilakukan karena akan mempengaruhi kualitas *paving block* berdasarkan variasi campuran antara agregat dan semen yang biasanya digunakan adalah 1:3; 1:5; dan 1:7. Komposisi perbandingan agregat dan semen serta bahan campuran dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Komposisi Paving Block

No	Variasi Sampel Paving Block	Komposisi				Jumlah Sampel Dhasilkan (buah)
		Air Biasa (Liter)	Agregat (kg)	Semen (kg)	Pdt/Cairan (Kg/L)	
1.	Kontrol	1	7	1	-	10
2.	Limbah Padatan	1	6	1	1	10
3.	Air Sisa Limbah Padatan	-	7	1	1	10

Paving block memiliki panjang 20 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 6 cm dengan berat 3320 gr. Bentuk *paving block* yang digunakan adalah berbentuk segi empat yang digunakan untuk perkerasan *non* struktural seperti taman, trotoar jalan, jalan rumah serta untuk lingkungan berdaya beban rendah (Makhfudin, 2021). Setelah menjadi *paving block* diperlukan pengujian pH dikarenakan dengan penambahan 25 gram NaOH memiliki hasil pH 11 melebihi BML yang telah ditetapkan. Hasil pH setelah solidifikasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11 pH Setelah Solidifikasi

No	Sampel (gram/L)	pH	BML*
1.	<i>Paving Block</i> Kontrol	7	
2.	<i>Paving Block</i> Padatan	6	6,0-9,0
3.	<i>Paving Block</i> Air Sisa	6	

Hasil pH yang terdapat di dalam *paving block* setelah dilakukan solidifikasi menunjukkan angka penurunan untuk *paving block* kontrol sebesar 7 dan untuk *paving block* padatan serta air sisa sebesar 6. Angka ini memenuhi BML Permen LH No.5/2014, dimana dengan adanya penambahan agregat dan semen Portland di dalam komposisi *paving block* dapat menyebabkan angka pH menjadi turun. Menurut Nusa Idaman (2010), diperlukan proses lanjutan dengan solidifikasi agar nilai pH 11 yang sudah stabil dapat memenuhi BML.

4.4 Uji TCLP

Pengujian TCLP sesuai dengan metode uji 1311- US-EPA dengan prosedur uji terdapat pada lampiran 8 pengujian TCLP dan lampiran 15 dokumentasi uji TCLP. Menurut Gailius (2010), uji TCLP bertujuan untuk mengetahui toksisitas pada uji proses stabilisasi/solidifikasi akibat proses *leaching*. Uji TCLP terdapat proses ekstraksi untuk melepaskan logam berat atau kontaminan dalam air limbah B3. Uji TCLP kadar logam berat Cd meliputi uji TCLP kontrol, uji TCLP air *paving block*, dan uji TCLP padatan, Hasil pengujian yang didapatkan pada tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Hasil TCLP

No	Sampel	Kadar	BML*	BML*
		Cd (mg/Kg)	TCLP A (mg/Kg)	TCLP B (mg/Kg)
1.	<i>Paving Block</i> Air	0,23		
2.	<i>Paving Block</i> Padatan	0,17		
3.	<i>Paving Block</i> Kontrol	0,41	0,9	0,15
4.	Pasir <i>Paving Block</i>	0,45		

Hasil pengujian TCLP menunjukkan bahwa semua sampel memenuhi BML TCLP A yaitu 0,9 mg/L dan TCLP B 0,15 mg/L. Kadar Cd pada *paving block* yang mengandung air Limbah sebesar 0,17 mg/Kg merupakan kadar terendah, sedangkan kadar Cd tertinggi terdapat pada *paving block* kontrol sebesar 0,41 mg/Kg namun masih memenuhi BML TCLP A. Air hasil dari stabilisasi yang digunakan untuk komposisi *paving block* sebanyak 1 liter dan menghasilkan 10 buah *paving block* mengandung kadar Cd sebesar 0,23 mg/Kg. Kadar yang dihasilkan air sisa stabilisasi tinggi diantara disebabkan oleh penggunaan komposisi semen dan agregat yang masih 1:7 sehingga di dalam agregat yang digunakan dan semen mengandung Cd dikarenakan dalam komposisi ini menggunakan 1 Kg agregat, 1 Kg semen Portland, dan 1 Kg air limbah stabilisasi sehingga terdapat kandungan Cd yang ada di dalam agregat dan menyebabkan tingginya kadar Cd di dalam *paving block* air limbah. Kemudian, padatan yang dihasilkan dari proses pengendapan CaO sebanyak 1 kg yang menghasilkan 10 buah *paving block* mengandung kadar Cd sebesar 0,17 mg/Kg yang cukup rendah dibandingkan dengan *paving block* air limbah dikarenakan agregat yang digunakan untuk pembuatan *paving block* diganti dengan padatan sehingga kadar Cd *paving block* padatan lebih rendah dibandingkan *paving block* air limbah .

Kontrol memiliki kadar Cd yang tinggi 0,41 mg/Kg dan memenuhi baku mutu TCLP A. Kontrol yang memiliki kadar Cd dapat disebabkan oleh kandungan semen Portland dan agregat yang mengandung bahan-bahan yang memicu tingginya kadar Cd. Cd terdapat bersama dengan logam lainnya seperti Zn, Cu, Pb,

dalam jumlah tertentu (Festri Istarani, 2014). Menurut Pranjoto (2008), sampel semen portland mengandung 20% dan 30% Zn serta ikatan silikat dalam semen mengandung banyak Zn. Selain itu, menurut Darmono (2008), kandungan Cd terdapat dalam kerak bumi, dan di dalam tanah dapat meningkat oleh proses alamiah seperti bencana alam (peristiwa gunung Meletus) dan oleh ulah manusia yang menyebabkan pencemaran lingkungan seperti proses pemupukan yang berlebihan dalam tanah. Menurut Endang Tri (2012), unsur logam berat Cd terdeteksi walaupun dalam jumlah yang sedikit dari erupsi gunung Merapi dengan kadar <10 mg/Kg yang berbahaya dan dapat mengganggu kesehatan manusia. Karakteristik debu vulkanik pada Gunung Merapi memiliki kandungan Cd cukup rendah berkisar 0,03-0,1 mg/Kg (Sukarman, 2015). Penggunaan agregat yang dicampurkan dalam *paving block* menggunakan agregat yang berasal dari pasir Gunung Merapi, *paving block* variasi kontrol dapat mengandung Cd dikarenakan terdapat keberadaan Cd di dalam lingkungan. Selain itu, Cd terdapat bersamaan dengan Zn dimana Zn terdapat dalam kandungan semen Portland yang menyebabkan variasi kontrol memiliki kadar Cd. Setelah dilakukan pengujian agregat bahan campuran *paving block*, menunjukkan bahwa agregat yang digunakan memiliki kadar Cd sebesar 0,45 mg/Kg yang masih memenuhi BML TCLP A yaitu, 0,9 mg/Kg namun memiliki kadar yang tinggi di lingkungan yang menyebabkan tingginya nilai *paving block* kontrol akibat proses alam.

Untuk mengetahui efisiensi immobilisasi logam berat Cd di dalam *paving block* dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

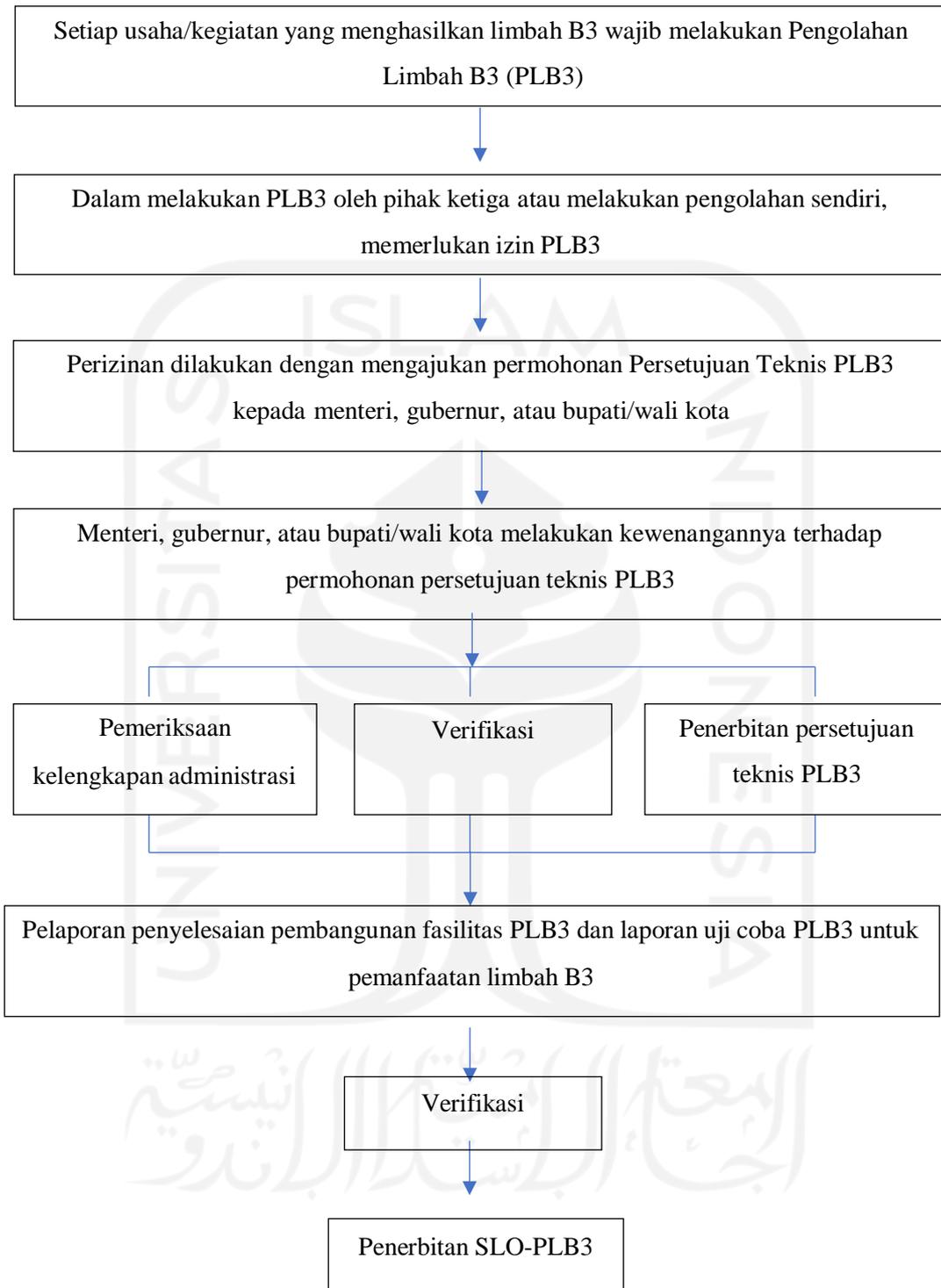
Tabel 4.13 Efisiensi Immobilisasi Logam Berat

No	Sampel	Cd		
		Dalam <i>Paving Block</i> mg/Kg	Yang Keluar mg/Kg	Efisiensi %
1.	Kontrol	0	0	0
2.	Padat	2,67	0,17	93,63
3.	Air Limbah	2,40	0,23	90,41

Hasil pengujian efisiensi immobilitas logam berat Cd menunjukkan bahwa pada *paving block* padat terdapat 2,67 dan air limbah terdapat 2,40 mg kadar logam berat yang tersedia, kemudian pada *paving block* padat keluar sebesar 0,17 mg dengan efisiensi 93,63% dan *paving block* air limbah keluar sebesar 0,23 mg dengan efisiensi sebesar 90,41%. Dari data efisiensi immobilisasi yang didapat menunjukkan hasil yang bervariasi, hal ini tergantung dari jumlah atau konsentrasi logam berat yang terlepas atau keluar. Semakin kecil jumlah logam berat yang terlepas maka semakin besar efisiensi immobilisasi yang didapat.

4.5 Strategi Pengolahan Limbah B3

Menurut PP No.22/2021 pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara termal, stabilisasi/solidifikasi, dan teknologi lain yang mendukung. Pengolahan limbah B3 (PLB3) dapat dilakukan oleh pihak ketiga atau laboratorium yang telah memiliki izin dalam pengolahan limbah B3. Setelah mendapatkan perizinan PLB3, laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII dapat melakukan PLB3 di tempat dan bangunan yang memiliki kriteria penyimpanan limbah B3 sesuai dengan PP No.22/2021 pasal 285-295. Tempat pembangunan fasilitas penyimpanan dan PLB3 dapat dibangun di Pusat Inovasi Material Vulkanis UII dikarenakan memiliki lahan yang luas dan jauh dari pemukiman warga dan bebas dari banjir serta bencana alam yang memenuhi kriteria sesuai dengan PP No.22/2021. Perizinan pengolahan limbah B3 dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.2 Diagram Alir Perizinan PLB3

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Cd di Laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII dengan Metode Stabilisasi/Solidifikasi” dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik limbah B3 cair di laboratorium Kualitas Lingkungan meliputi kekeruhan dengan rata-rata 197 NTU melebihi BML Permen LH No.51/1995. Parameter TDS dengan rata-rata 36,86 gram/L. Parameter pH sebesar 1. Serta konsentrasi Cd dengan rata-rata 21,44 mg/L. Parameter TDS, pH, dan Cd melebihi BML Permen LH No.5/2014.
2. Pengolahan limbah B3 cair laboratorium menggunakan metode stabilisasi/solidifikasi, memperoleh hasil yang optimum dengan penambahan 25 gram NaOH serta 9 gram CaO dalam air limbah B3. Hasil menunjukkan adanya penurunan kadar kekeruhan menjadi 1,65 NTU memenuhi BML Permen LH No.5/1995. Untuk TDS menjadi 1,3 gram/L, memenuhi BML Permen LH No.5/2014, sedangkan perubahan pH menjadi 11 belum memenuhi BML Permen No.5/2014 . Hasil kadar logam berat Cd untuk air *paving block*, padatan, dan kontrol sebesar 0,17 mg/Kg ; 0,23 mg/Kg ; 0,41 mg/Kg dan memenuhi BML TCLP A PP No.22/2021. Limbah B3 cair laboratorium logam berat Cd menghasilkan 20 buah sampel.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti memiliki beberapa saran untuk dapat diaplikasikan khususnya di laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII. Adapun saran yang peneliti berikan adalah sebagai berikut :

1. Bagi praktikan di Laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII
Diharapkan bagi seluruh praktikan yang sedang melakukan pengujian untuk patuh menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) yang lengkap saat melakukan pengujian dikarenakan praktikan akan rentan terkena paparan dari berbagai macam logam berat yang ada di laboratorium yang memiliki hasil nilai limbah B3

melebihi BML. Selain itu juga, praktikan saat mencuci alat-alat hasil pengujian diharapkan air buangan bahan kimia untuk dibuang dalam jerigen limbah B3 cair

2. Bagi Laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII

Pihak laboratorium Kualitas Lingkungan TL FTSP UII dapat melakukan pelabelan dan simbol pada setiap jerigen yang ada di laboratorium kualitas lingkungan. Label dan symbol tidak hanya diberikan pada saat pengangkutan saja, namun perlu diberikan untuk jerigen yang ada di laboratorium kualitas lingkungan. Selain itu, pihak laboratorium dapat meletakkan jerigen limbah B3 cair yang menunggu diangkut di Tempat Pembuangan Sementara (TPS) limbah B3, sehingga jerigen-jerigen yang akan diangkut tetap berada pada suhu dan pencahayaan stabil tidak terkena sinar matahari langsung dan tidak ditaruh langsung ke udara bebas. Pihak laboratorium kualitas lingkungan juga dapat melakukan pengecekan jerigen limbah B3 cair secara rutin agar jerigen yang penuh tidak terjadi tumpahan. Pihak laboratorium kualitas lingkungan juga diharapkan dapat melakukan pengolahan limbah B3 cair maupun padat sehingga tidak memerlukan pihak ketiga untuk melakukan pengolahan limbah B3.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terkait logam berat lain yang terdapat di limbah B3 cair laboratorium kualitas lingkungan. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan agar stabilisasi/solidifikasi dapat diaplikasikan dan memenuhi pasal 139 Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan dan Perlindungan Lingkungan Hidup. Penelitian selanjutnya juga diharapkan dapat melakukan uji kuat tekan untuk memastikan bahwa stabilisasi/solidifikasi dapat digunakan secara komersil, dan memisahkan per variasi jika melakukan perendaman *paving block*.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, Hadyan. 2012. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Absorpsi untuk Penurunan Kadar Logam Berat*. Jurnal Ilmu Lingkungan, Vol. 2, No.2, Hal 79-89. Jakarta. Universitas Indonesia
- Darmono. 2008. *Cd dalam Lingkungan dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan dan Produktivitas Ternak*. Jurnal Wartazoa, Vol. 8, No. 1. Bogor
- Elida Novita. 2021. *Pengendalian Potensi Pencemaran Air Limbah Rumah Pemotongan Ayam Menggunakan Metode Fitoremediasi*. Jurnal Agroteknika, Vol 4, No. 2, Hal 106-119
- Emzir. 2010. *Metodologi Penelitian Pendidikan : Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta. PT. Raja Grafindo Persada
- Endang Tri Wahyuni. 2012. *Penentuan Komposisi Kimia Abu Vulkanik Dari Erupsi Gunung Merapi*. Jurnal Manusia dan Lingkungan, Vol. 19, No. 2, Hal 150-159
- Fajri, Arinal. 2018. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana*. Jurnal Saintek, Vol.10, No. 1, Hal 20-23
- Febrian Sayow. 2020. *Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kabupaten Minahasa*. Jurnal Nasional Sinta, Vol. 16, No. 2, Hal 245-252
- Festri, Istarani. 2014. *Studi Dampak As dan Cd terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan*. Jurnal Teknik POMTIS, Vol. 3, No.1, Hal 2301
- Fendra, Nicola. 2015. *Hubungan Konduktivitas, TDS, dan TSS*. Skripsi. Diterbitkan. Jember

- Fikri, Rhidany. 2005. *Solidifikasi Limbah Kromium Industri Penyamakan Kulit dengan Teknologi Keramik*. Tugas Akhir. Diterbitkan. Yogyakarta
- Fitria, Laila. 2018. *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Substitusi Pasir pada Paving Block*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, Vol. 1, No. 1, Hal 118-122
- Ghayda, Yaseen. 2019. *Evaluation The Solidification/stabilization of Heavy Metals by Portland Cement*. Journal of Ecological Engineering, Vol. 20, pages 91-100
- Indah, Nurhayati. 2018. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi*. Jurnal Sain dan Teknologi Lingkungan, Vol. 10, No. 2, Hal 125-138
- Irwan, Afdal. 2016. *Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan TDS dan Suhu Pada Beberapa Jenis Air*. Jurnal Fisika Unand, Vol. 5, No. 1, Hal 85
- Jamhari. 2009. *Reduksi Logam Berat Hg, Ag, dan Cr Limbah Laboratorium Menggunakan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 1, No. 2, Hal 40-43
- Khiliff, H. Hamza. 2010. *Environmental and Public Health Risks Associated with Chemical from Research and Educational Laboratories in Dar es Salam*. Journal of Chemical Health and Safety, Hal-19-25
- Kinnari, Vaddoriya. 2016. *Immobilization of Heavy Metals Stabilization/Solidification Treatment : A Review*. Journal of Environmental Engineering, Vol 2, Issue 3, Pages 49-53
- Narulita, D. 2011. *Analisis Tingkat Pencemaran Bakteri Coliform*. FIKD. Makassar
- Nusa, Idaman. 2010. *Metode Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni, dan Zn) di dalam Air Limbah Industri*. Jurnal Air Indonesia, Vol. 6, No. 2, Hal 136-148

- Makhfudin. 2021. *Studi Pemanfaatan Abu Limbah Terhadap Kuat Paving Block. Tugas Akhir. Diterbitkan. Lamongan*
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun
- Pranjoto, Utomo. 2007. *Kajian tentang Proses Solidifikasi/Stabilisasi Logam Berat dalam Limbah dengan Semen Portland*. Jurusan Pendidikan Kimia. ISBN : 978-979-993. Yogyakarta
- Putri, A. 2012. *Desain Pengolahan Limbah Kimia Laboratorium dengan Prinsip Reduce, Reuse, Recycle*. Seminar Nasional dan Pendidikan Kimia. Universitas Sebelas Maret
- Royyan, Arnozi. 2017. *Kajian Teknologi dan Mekanisme Stabilisasi/Solidifikasi untuk Pengolahan Limbah B3*. Jurnal Teknik ITS, Vol.6, No.2, Hal 456-461
- Riana. 2012. *Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Terhadap Derajat Putih Pulp dari Mahkota Nanas*. Palembang : Universitas Sriwijaya Press
- Riyanto. 2013. *Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Yogyakarta. Deepublish
- Said, M. 2016. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan PAC*. Jurnal Penelitian Sains, Vol. 1, No.2, Hal 38-43

- Samsu. 2017. *Metode Penelitian : Teori dan Aplikasi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, Mixed Methods, Serta Research & Development*). Jambi. PUSAKA
- Sukarman, Suprpto. 2015. *Sebaran dan Karakteristik Material Vulkanik Hasil Erupsi Gunung Sinabung*. Jurnal Tanah dan Iklim, Vol. 39, No.1, Hal 9-18
- Sutamihardja. 2007. *Toksikologi Lingkungan*. Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan. Universitas Indonesia. Jakarta
- Susana, T. 2009. *Tingkat Keasaman dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 2, No. 5, Hal 33-39
- Trihadiningrum, Y. 2016. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam : Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta. Andi Offseet
- Wei-Yi, Xia. 2017. *Stabilization/Solidification of a Heavy Metal Contaminated Soil Using a Hydroxyapatite Based Binder*. Journal of Construction. Vol 2, pages 199-207
- Yilmaz O. 2016. *Hazardous Waste Management System Design Under Population and Enviornmental Impact Consideration*. Journal of Environmental Management, Vol.1, No. 12

LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Uji Kekeruhan

A. Bahan

Air suling yang memiliki daya hantar listrik kurang dari 2s/cm

Larutan hidrazin 1 g

Larutan heksa metilen tetramine 20 gr

B. Alat

Nefelometer 1 buah

Gelas Piala 3 buah

Botol Semprot 1 buah

Pipet Volume 5 mL dan 10 mL 1 buah

Labu ukur 100 mL dan 1000 mL 1 buah

C. Prinsip Kerja

Intensitas cahaya contoh uji yang di serap dan dibiaskan, dibandingkan terhadap cahaya suspensi baku.

D. Prosedur Pengujian



Lampiran 2 Prosedur Uji TDS

A. Bahan

Sampel uji 10 mL 3 buah

B. Alat

Neraca analitik 1 buah

Cawan 1 buah

Desikator 1 buah

Oven 1 buah

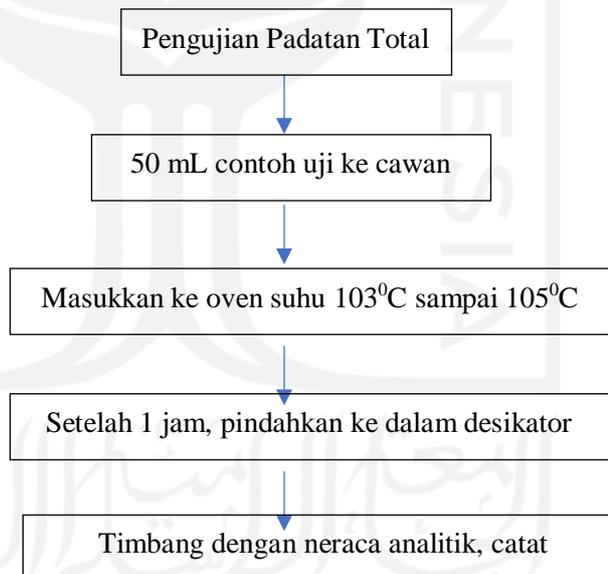
Krustang 1 buah

Alat penyaring dan pompa penghisap 3 buah

C. Prinsip Kerja

Penguapan contoh uji pada suhu 103°C sampai dengan 105°C kemudian timbang.

D. Prosedur Kerja



Lampiran 3 Prosedur Uji pH

A. Bahan

Aquades

Larutan penyangga pH 4

Larutan penyangga pH 6

Larutan penyangga pH 10

B. Alat

pH meter

pengaduk gelas 1 buah

gelas piala 250 mL 3 buah

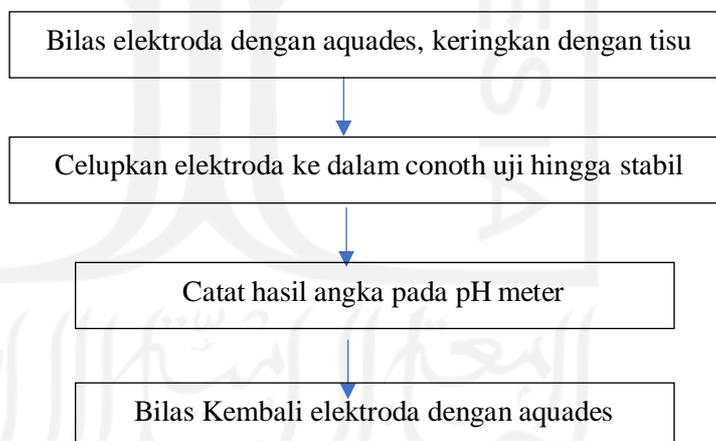
labu ukur 1000 mL 1 buah

timbangan analitik 1 buah

C. Prinsip Kerja

Pengukuran pH berdasarkan aktivitas ion hydrogen secara potensiometri dengan menggunakan pH meter.

D. Prosedur Kerja



Lampiran 4 Prosedur Uji Kadar Cd

A. Bahan

Aquades	
HNO ₃	10 mL
Larutan sampel Cd	100 mL

B. Alat

SSA	1 buah
Gelas piala 1000 mL	3 buah
Pipet volume 10 mL	2 buah
Corong gelas	3 buah
Lemari asam	1 buah

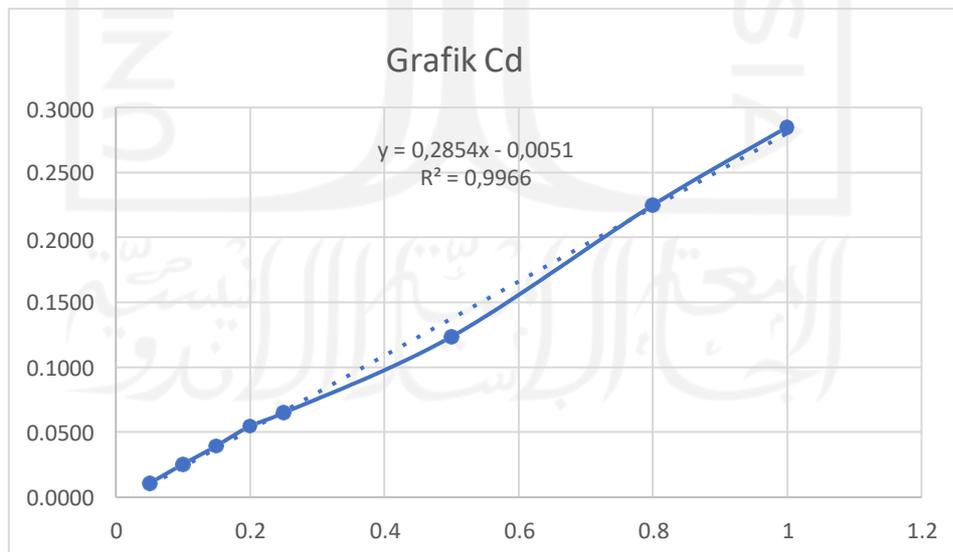
C. Prinsip Kerja

Analit logam diatomisasi dalam nyala udara asetilen diubah menjadi bentuk atom yang menyerap energi radiasi elektromagnetik dari lampu katoda berongga.

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Cd

Tabel Perhitungan Kurva Kalibrasi Standar Cd

A. Kurva Kalibrasi Standar				
Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Std-1	0,05	0,0109		
Std-2	0,1	0,0255		
Std-3	0,15	0,0397		
Std-4	0,2	0,0550		
Std-5	0,25	0,0650		
Std-6	0,5	0,1237		
Std-7	0,8	0,2250		
Std-8	1	0,285		
rerata abs		0,1037		
Koef. Korelasi, R		0,9983	R≥0,995	Diterima
Slope		0,2754		
Intersep		-0,0021		
STEYX		0,0016		
DEVSQ		0,03		
LoD (µg)		0,0178		
LoQ (µg)		0,0592		
Intersep/Slope		-0,0076		
MDL Estimasi		0,0237	Intersep	Diterima
C. Hasil Pengujian				
Kode	Abs	Fp	C (mg/L)	
Sampel 1	0,1114	50	20,6046	
Sampel 2	0,12070	50	22,2930	



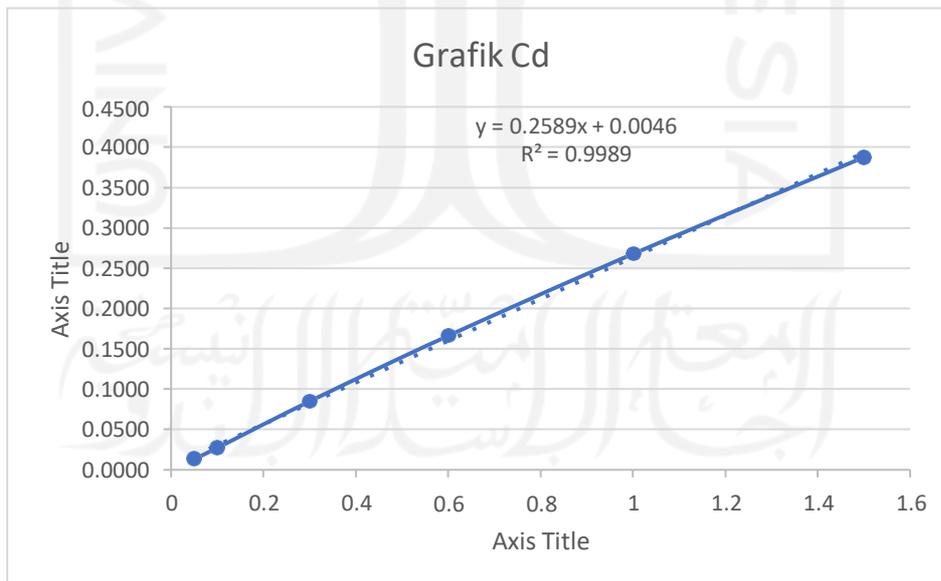
Gambar Grafik Angka Cd sebelum Stabilisasi

Lampiran 6 Hasil Pengujian Kadar Cd Setelah Stabilisasi

Tabel Perhitungan Kurva Kalibrasi Standar Cd Setelah Stabilisasi

A. Kurva Kalibrasi Standar				
Kode	C std (ppm)	Abs	Syarat	Kesimpulan
Std-1	0,05	0,0132		
Std-2	0,1	0,0273		
Std-3	0,3	0,0850		
Std-4	0,6	0,1662		
Std-5	1	0,2677		
Std-6	1,5	0,3876		
rerata abs		0,1578		
Koef. Korelasi, R		0,9994	R≥0,995	Diterima
Slope		0,2684		
Intersep		0,0018		
STEYX		0,0032		
DEVSQ		0,62		
LoD (µg)		0,0357		
LoQ (µg)		0,1190		
Intersep/Slope		0,0068		
MDL Estimasi		0,0476	Intersep/Slope ≤ MDL Estimasi	Diterima

C. Hasil Pengujian				
Kode	Abs	Fp	C (mg/L)	
Sampel 1	0,16370	10	6,0306	
Sampel 2	0,3612	2	2,6777	
Sampel 3	0,0683	10	2,4764	



Gambar Grafik Kurva Kalibrasi Standar Cd Setelah Stabilisasi

Lampiran 7 Pembuatan *Paving Block* Konvensional

A. Bahan

Semen	1 kg
Agregat	7 kg
Air	1 L
Padatan Setelah Stabil	1 Kg
Air Sisa Stabil	1 L

B. Alat

Cetakan *paving block*

Mesin pengaduk

Penekan

C. Prosedur Pembuatan

Mencampurkan semua bahan tergantung dengan variasi yang diinginkan

Diaduk hingga tercampur rata

Dimasukkan kedalam cetakan

Ditekan hingga padat

Dicetak, didiamkan selama 7 hari lalu direndam

Lampiran 8 Uji TCLP

A. Bahan

Sampel

HNO₃

CH₃COOH

NaOH 1 N

B. Alat

Fiber Glass

1 buah

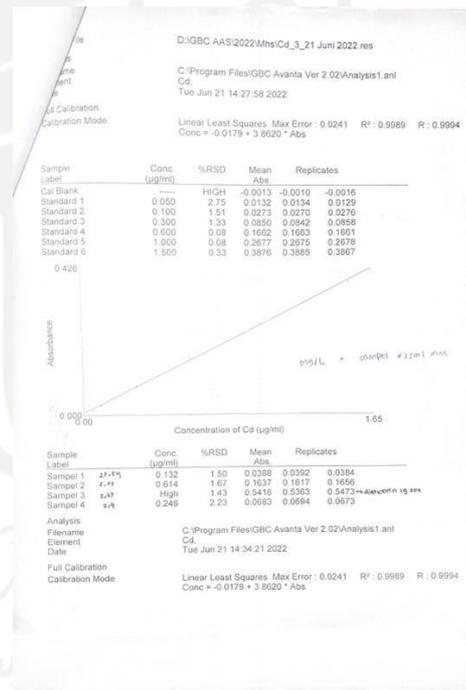
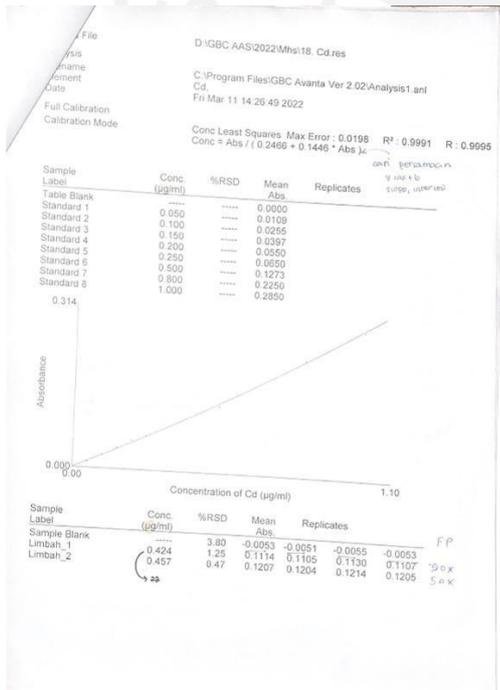
Kertas Saring

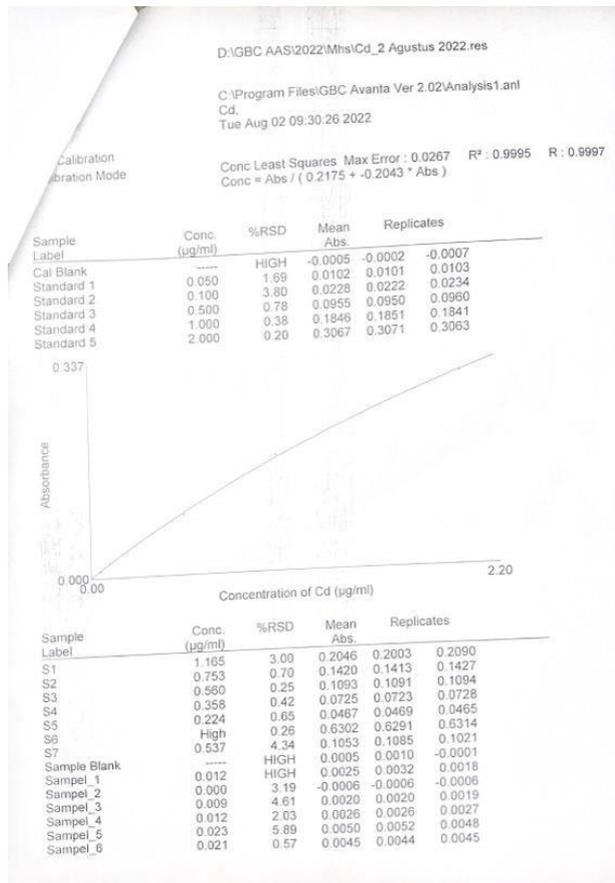
4 buah

Rotary Agigator Test

1 buah

Lampiran 9 Hasil Pengujian TCLP





Adapun untuk mendapatkan presentasi immobilisasi logam berat Cd dalam *paving block* , dilakukan dengan perhitungan dibawah ini .

Efisiensi immobilisasi padatan

$$E = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \times 100\% = \frac{(2,67 - 0,17)}{2,67} \times 100\% = 93,63\%$$

Efisiensi immobilisasi air limbah

$$E = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \times 100\% = \frac{(2,40 - 0,23)}{2,40} \times 100\%$$

$$= 90,41\%$$

Lampiran 10 Dokumentasi Kondisi Limbah



Limbah B3 cair di dalam laboratorium yang dikumpulkan, lalu dipisah untuk diuji

Lampiran 11 Dokumentasi Sampel Limbah B3 cair yang diuji karakteristik



Sampel limbah B3 cair yang dilakukan uji karakteristik serta hasil pengukuran pH

Lampiran 12 Alat yang digunakan untuk penentuan kadar logam berat



Merupakan alat SSA yang digunakan untuk menentukan kadar logam berat

Lampiran 13 Dokumentasi Pengujian Stabilisasi



Limbah B3 cair yang dilakukan pengujian menggunakan NaOH 5 gr; 10 gr; dan 15gr, serta limbah B3 cair yang dilakukan pengujian menggunakan CaO

12gr

Lampiran 14 Dokumentasi Solidifikasi



Paving Block variasi padatan (kiri) dan variasi air limbah (kanan) yang sedang dikeringkan

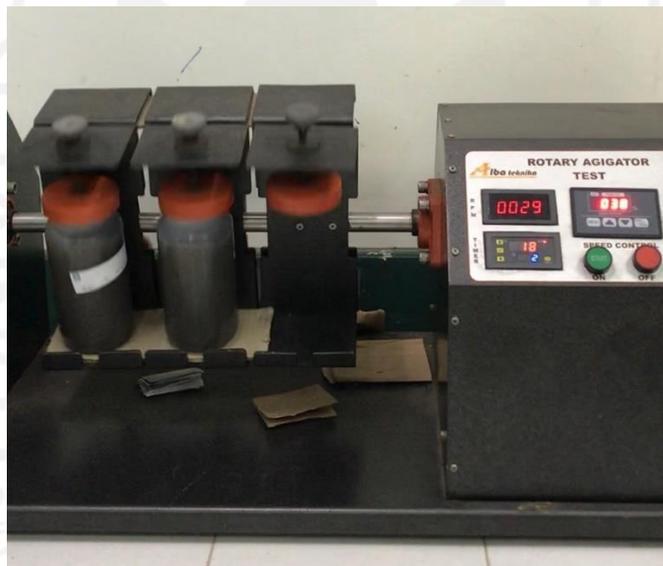


Paving Block yang sudah dikeringkan dan dilakukan perendaman selama 28 hari

Lampiran 15 Dokumentasi Uji TCLP



Penyaringan *paving block* yang sudah di hancurkan menggunakan saringan $<9,5$ mm untuk uji TCLP



Alat Rotary Agigator Test untuk uji TCLP, ekstraksi $18 \text{ jam} \pm 2 \text{ jam}$ dengan rotasi $30 \text{ rpm} \pm 2 \text{ rpm}$