

TA/TL/2022/1499

TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH B3 LOGAM KROMIUM (Cr) DI
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN MENGGUNAKAN
METODE STABILISASI/SOLIDIFIKASI

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



EGA ELITA MAHARDIKA RUSLI

18513178

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

2022

TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH B3 LOGAM KROMIUM (Cr) DI
LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN MENGGUNAKAN
METODE STABILISASI/SOLIDIFIKASI

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



Disusun Oleh :

Ega Elita Mahardika Rusli

18513178

Disetujui.

Dosen Pembimbing


Yebi Yuriandala, S.T., M.Eng

NIK : 135130503

Tanggal :


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 KROM (Cr) DI LABORATORIUM
KUALITAS LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE
STABILISASI/SOLIDIFIKASI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 17 Oktober 2022

Disusun Oleh :
EGA ELITA MAHARDIKA RUSLI
18513178

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 September 2022

Yang membuat pernyataan,



Ega Elita Mahardika Rusli

NIM : 18513178

PRAKATA

Assalamualaikum Wr Wb

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas seluruh rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengolahan Limbah B3 Logam Kromium (Cr) Di Laboratorium Kualitas Lingkungan Menggunakan Metode Stabilisasi/Solidifikasi”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dimaksudkan sebagai prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Selain itu juga Peneliti juga 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 terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya sehingga atas ridho-Nya peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua peneliti, Mama dan Papa serta Adik-adik yang senantiasa memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran penyusunan tugas akhir ini.
3. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.Es., Ph.D. dan Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan.
4. Dosen pembimbing Tugas Akhir, Bapak Yebi Yuriandala St, M.Eng dan Bapak Dr. Ir. Kasam M. T yang telah membimbing serta berkenan memberikan waktu dan masukan selama penyusunan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang sudah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi peneliti.
6. Rekan Tugas Akhir saya, Andifa Khalida A yang telah membantu dan berjalan bersama sampai akhir demi menyelesaikan tugas akhir dan kebersamai selama masa perkuliahan.
7. Kepada Syahrina, Husna, Amara, Rheno, Uli, dan Ilham selaku teman dekat saya selama menjalani kuliah, yang tak henti-hentinya memberikan motivasi, membantu secara langsung dan menemani di masa-masa penyusunan tugas akhir.

8. Keluarga Besar Teknik Lingkungan Angkatan 2018 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberi dukungan kepada peneliti.

Peneliti berharap semoga amal baik dari seluruh pihak yang terlibat mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat baik bagi pembaca maupun penulis sendiri.

Wassalamualaikum Wr Wb

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Ega Elita Mahardika Rusli





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية في اندونيسيا

ABSTRACT

EGA ELITA MAHARDIKA RUSLI. Hazardous Waste Treatment Chromium (Cr) in Environmental Quality Laboratory of FTSP UII Using Stabilization/solidification Method. Supervised by YEBI YURIANDALA S.T., M.Eng and Dr. Ir. KASAM M.T.

In Environmental Quality laboratory Faculty of Civil Engineering and Planning there are many practice activities. The testing activities used chemical materials as main materials or complementary material and also generated waste of residual after the test. The waste produced by the laboratory is included the category of Hazardous and Toxic Materials waste because of its nature that has been mixed with various types of chemical substances left over from testing. Hazardous waste is solid and liquid waste in which there are hazardous and toxic materials, both metals and non-metals. One of the contents in hazardous waste is harmful to the environment is the content of heavy metal Chrome (Cr) so that if not processed properly, it will be harmful to the environment. The purpose of this study is to determine the characteristics and levels of chromium (Cr) metal in wastewater and carry out treatment with a stabilization /solidification method using Ca (OH) 2. Metal testing instruments use Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) instruments. The results of this study found that the characteristics of laboratory hazardous wastewater, turbidity, TDS, and pH produced exceeded the quality standards stated in Ministerial Regulation No. 5 of 2014. After stabilization with the addition of 6 gr, 9 gr, and 12 gr Ca (OH) 2, lower results were obtained but still above the established wastewater quality standards. After stabilization, the formed sediment is solidified by the manufacture of paving blocks with 3 different variations. The TCLP test results from the finished paving blocks are below the TCLP quality standard of chromium metal, which is <0.09 mg / Kg. Results of the TCLP test can be concluded that chromium (Cr) metal immobile and binds strongly in paving blocks so they do not come out into the environment.

Keywords : Hazardous waste, wastewater, Chromium (Cr), stabilization/solidification

ABSTRAK

EGA ELITA MAHARDIKA RUSLI. Pengolahan Limbah B3 Logam Kromium (Cr) Di Laboratorium Kualitas Lingkungan Menggunakan Metode Stabilisasi/Solidifikasi. Dibimbing oleh YEBI YURIANDALA S.T., M.Eng dan Dr. Ir. KASAM M.T.

Terdapat berbagai jenis kegiatan pengujian setiap harinya yang di lakukan di laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII. Dalam kegiatan penelitian itu sendiri juga dihasilkan limbah dari sisa pengujian. Sehingga dalam melakukan penelitian terdapat berbagai macam resiko kerja hingga resiko terhadap lingkungan. Limbah yang dihasilkan laboratorium termasuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dikarenakan sifatnya yang sudah bercampur dengan berbagai jenis zat kimia sisa pengujian. Limbah B3 adalah limbah padat dan cair yang dimana di dalamnya terdapat Bahan berbahaya dan beracun baik logam maupun non logam. Salah satu kandungan dalam limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan adalah kandungan logam berat Krom (Cr) sehingga jika tidak dilakukan pengolahan dengan baik akan berbahaya bagi lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan kadar logam Kromium (Cr) dalam air limbah serta melakukan pengolahan dengan metode stabilisasi/solidifikasi dengan menggunakan Ca(OH)_2 . Instrument pengujian logam menggunakan instrument Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil dari penelitian ini di dapatkan bahwa karakteristik dari air limbah B3 laboratorium baik kekeruhan, TDS, dan pH yang dihasilkan melebihi baku mutu yang tertera pada Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014. Setelah dilakukan stabilisasi dengan penambahan 6 gr, 9 gr, dan 12 gr Ca(OH)_2 didapatkan hasil yang lebih rendah tetapi masih di atas baku mutu air limbah yang sudah di tetapkan. Setelah dilakukan stabilisasi dengan penambahan Ca(OH)_2 diketahui kondisi optimum pengikatan logam Cr pada air limbah dilakukan dengan kadar 9 gr dengan hasil 0,3502 mg/L dan menghasilkan endapan. Endapan yang terbentuk di padatkan dengan pembuatan paving blocks dengan 3 variasi yang berbeda. Di dapatkan hasil uji TCLP dari paving blocks yang ketiga variasi berada di bawah baku mutu TCLP logam Kromium yaitu <0,09 mg/Kg. Hasil dari pengujian TCLP tersebut dapat disimpulkan bahwa logam Kromium (Cr) immobile dan berikatan kuat di dalam paving blocks sehingga tidak keluar ke lingkungan.

Kata Kunci : Limbah B3, Logam Krom (Cr), Stabilisasi/solidifikasi, Ca(OH)_2 , Limbah laboratorium.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iv
PRAKATA.....	v
ABSTRACT.....	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah B3 Laboratorium.....	5
2.2 Sifat dan Karakteristik Limbah B3 Laboratorium.....	6
2.3 Logam Kromium (Cr).....	7
2.4 Logam Kromium (Cr) dalam Air Limbah.....	8
2.5 Senyawa Kapur (Ca(OH) ₂).....	9
2.6 Stabilisasi/solidifikasi.....	10
2.7 Uji TCLP.....	11
2.8 Penelitian Terdahulu.....	13
BAB III.....	15
METODE PENELITIAN.....	15
2.1 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 kadar logam Kromium (Cr) dalam limbah B3 cair.....	18
3.4.3 Uji Karakteristik Limbah B3.....	19
3.4.4 Stabilisasi/solidifikasi	19
3.4.5 Uji TCLP.....	20
BAB IV	24
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1 Kondisi Eksisting Pengelolaan Limbah B3 Cair	24
4.2 Karakteristik Limbah B3 Cair	25
4.2.1 Total Dissolved Solid (TDS)	25
4.2.2 Kekeruhan.....	27
4.2.3 pH.....	28
4.2.4 Kadar Logam Kromium (Cr) dalam Air Limbah B3 Cair.....	29
4.3 Pengolahan dengan Metode Stabilisasi/solidifikasi	30
4.3.1 Stabilisasi	30
4.3.2 Solidifikasi	34
4.4 Uji TCLP	35
4.5 Prosedur Perizinan Pengolahan Limbah B3	38
BAB V.....	40
KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	44

DAFTAR NOTASI

Fp	: Faktor Pengenceran	
C	: Konsentrasi	[mg/L]
Cr	: Kromium	
BML	: Baku Mutu Limbah	
TDS	: Total Dissolved Solid	[gr/L]



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	13
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian TDS	26
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kekerusuhan.....	27
Tabel 4. 3 Hasil Uji pH	28
Tabel 4. 4 Hasil Uji Pembacaan AAS Logam Cr.....	29
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian AAS	31
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Kekerusuhan.....	32
Tabel 4. 7 Hasil Uji TDS.....	33
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran pH	33
Tabel 4. 9 Hasil Endapan dan Sisa Air	34
Tabel 4. 10 Komposisi Paving Blocks	35
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran pH	36
Tabel 4. 12 Tipe Ekstraksi	36
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian TCLP	37
Tabel 4. 14 Perhitungan Imobilisasi Cr.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengambilan Sampel.....	18
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengujian Kadar Cr.....	19
Gambar 3. 4 Diagram Alir Persiapan Sampel	21
Gambar 4. 1 Penyimpanan Limbah B3	24
Gambar 4. 2 Sampel Pengujian Karakteristik	25
Gambar 4. 3 Pengendapan Ca(OH) ₂	32
Gambar 4. 4 Pengendapan Ca(OH) ₂	32
Gambar 4. 5 Pembuatan Paving Block	35
Gambar 4. 6 Pengujian TCLP	37



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan Uji Kekeruhan.....	48
Lampiran 2 Alat dan Bahan Uji TDS.....	49
Lampiran 3 Alat dan Bahan Uji pH	50
Lampiran 4 Alat dan Bahan Uji Kadar Kromium (Cr)	51
Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Kromium dalam Air Limbah.....	52
Lampiran 6 Alat dan Bahan Stabilisasi dengan Ca(OH) ₂	53
Lampiran 7 Hasil Pengujian Kadar Kromium Setelah Stabilisasi	55
Lampiran 8 Alat dan Bahan Pembuatan Paving Blocks Konvensional	57
Lampiran 9 Alat dan Bahan Uji TCLP	58
Lampiran 10 Hasil Pengujian TCLP	59
Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian.....	60



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Islam Indonesia merupakan universitas yang termasuk kedalam lima besar kampus swasta terbaik di Indonesia. Universitas Islam Indonesia menjunjung tinggi kebebasan dalam akademik serta mendorong seluruh akademisi dalam mengembangkan inovasi dan pemikiran dalam mengasah kompetensi dalam pemecahan masalah baik di bidang sains dan humaniora. Dalam mewujudkan kebebasan akademik tersebut, Universitas Islam Indonesia memberikan fasilitas Pendidikan dimana diantaranya memiliki 58 Laboratorium yang berada di bawah naungan Program Studi dan laboratorium terpadu yang dikelola langsung oleh universitas. Salah satu program studi yang memiliki laboratorium adalah program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Terdapat empat laboratorium yang dikelola langsung oleh program studi Teknik Lingkungan, diantaranya adalah Laboratorium Kualitas Air, Laboratorium Kualitas Udara, Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, dan Laboratorium Kualitas Lingkungan. Terdapat berbagai jenis kegiatan penelitian setiap harinya yang dapat dilakukan di tiap-tiap laboratorium tersebut. dalam setiap aktivitas penelitian juga terdapat penggunaan bahan kimia yang berbahaya guna menunjang dalam mencapai tujuan penelitian.

Penggunaan bahan kimia di laboratorium sendiri di fungsikan sebagai bahan utama hingga pelengkap penunjang penelitian. Sehingga dalam melakukan penelitian terdapat berbagai macam resiko kerja hingga resiko terhadap lingkungan. Resiko terhadap lingkungan yang mungkin terjadi adalah saat zat kimia atau bahan sisa penelitian tersebut tidak diolah dan langsung dibuang ke lingkungan. Hal tersebut membawa dampak yang sangat besar kepada lingkungan jika tidak dilakukan identifikasi dan pengelolaan serta pengolahan dengan benar. Salah satu karekteristik yang umum dari limbah cair yang dihasilkan dalam proses penelitian adalah limbah yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun. Menurut PP No.

22 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah zat, energi, dan atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, Kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Limbah B3 adalah limbah padat dan cair yang dimana di dalamnya terdapat Bahan berbahaya dan beracun baik logam maupun non logam. Kandungan berbagai logam berat dalam air limbah B3 dapat memperburuk pencemaran dan memberikan dampak yang signifikan. Limbah B3 membawa permasalahan yang dapat berdampak dalam pencemaran lingkungan. Dalam kegiatan penelitian di laboratorium dapat menyebabkan pencemaran baik secara langsung maupun tidak langsung. Proses pencemaran secara langsung yaitu saat bahan/zat kimia dapat langsung berdampak terhadap Kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan serta mengganggu keadaan ekologis baik tanah, air, dan udara. Sedangkan proses tidak langsung adalah saat zat kimia/berbahaya tersebut bereaksi dengan air, udara, maupun tanah.

Salah satu kandungan dalam limbah B3 yang berbahaya bagi lingkungan adalah kandungan logam berat Krom (Cr) sehingga jika tidak dilakukan pengolahan dengan baik akan berbahaya bagi lingkungan. Proses pengelolaan dan pengolahan limbah B3 yang baik dan benar dapat membantu menghindarkan manusia dan lingkungan terhadap resiko penyakit dan kerusakan terhadap pencemaran. Pengelolaan limbah B3 yang ada di Laboratorium dibawah Program Studi Teknik Lingkungan diperlukan karena setiap harinya terdapat zat sisa/limbah penelitian yang memiliki jumlah yang cukup banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fisika dan kimia limbah cair yang dihasilkan di Laboratorium Kualitas Air?
2. Bagaimana pengolahan yang sesuai terhadap limbah cair yang mengandung logam berat Krom (Cr)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan analisis mengenai karakteristik fisika dan kimia limbah cair di laboratorium kualitas lingkungan FTSP UII
2. Melakukan pengolahan menggunakan metode stabilisasi/solidifikasi terhadap limbah cair yang mengandung logam berat Krom (Cr).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menambah wawasan terkait pengolahan limbah cair Bahan Berbahaya dan Beracun pada laboratorium serta hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan studi literatur dan sebagai acuan dalam pelaksanaan pengolahan limbah yang mengandung logam berat Krom pada laboratorium Kualitas Lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
2. Parameter yang di uji berupa kadar logam berat Krom (Cr) dalam air limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang dihasilkan dalam Laboratorium Kualitas

Lingkungan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom sesuai dengan SNI 6989.17:2009

3. Parameter fisika dan kimia air limbah B3 yang uji adalah pH sesuai dengan SNI 6989.11:2019, Kekeruhan sesuai SNI 6989.24-2005, dan TDS sesuai dengan SNI 6989.27:2019.
4. Pengolahan limbah Bahan berbahaya dan beracun dengan mengurangi kadar Krom dalam air limbah B3 menggunakan metode Stabilisasi/solidifikasi. Stabilisasi adalah proses pengikatan logam berat kromium dengan penambahan kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan solidifikasi adalah pencampuran endapan yang terbentuk dari proses stabilisasi dengan semen Portland menjadi *paving block*.
5. Pengujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) Sesuai dengan SNI 8808 : 2019



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah B3 Laboratorium

Menurut PP No. 22 Tahun 2021 Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) adalah zat, energi, dan atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, Kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Sedangkan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disebut Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Limbah B3 juga didefinisikan sebagai limbah padat atau kombinasi dari limbah padat, disebabkan karena jumlah, konsentrasinya, sifat fisik, kimia maupun yang bersifat infeksi yang tidak sering dapat menyebabkan kematian dan penyakit yang tidak dapat pulih, yang substansinya dapat menyebabkan bagi kesehatan manusia atau lingkungan dikarenakan pengelolaan yang tidak tepat, baik itu penyimpanan, transport, ataupun dalam pembuangannya (Mukhlisoh 2012).

Limbah laboratorium didefinisikan sebagai limbah cair dengan kandungan logam berat yang tinggi disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia (Trisnawati, dkk., 2016). Limbah laboratorium tergolong dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan memerlukan penanganan khusus. Limbah cair yang dihasilkan umumnya relatif sedikit, namun limbah tercemar oleh berbagai jenis bahan kimia toksik (Suprihatin, dkk., 2010)

Selain itu, pencemaran ada yang langsung terasa dampaknya, misalnya berupa gangguan kesehatan langsung (penyakit akut), atau akan dirasakan setelah jangka waktu tertentu (penyakit kronik). Alam memiliki kemampuan sendiri untuk mengatasi pencemaran (self recovery), namun alam memiliki keterbatasan. Setelah batas itu terlampaui, maka pencemaran akan berada di alam secara tetap atau

terakumulasi dan kemudian berdampak pada manusia, material, hewan, tumbuhan dan ekosistem (Ginting, 2007).

2.2 Sifat dan Karakteristik Limbah B3 Laboratorium

Meskipun hasil buangan limbah sisa praktikum relatif kecil dibanding limbah pada industri, akan tetapi dapat terjadi akumulasi jumlah residu hasil praktikum atau penelitian yang dapat menumpuk begitu saja yang tentu saja membahayakan lingkungan dan makhluk hidup (Niken Hayudanti Anggarini, dkk. 2014).

Berbagai zat kimia spesifik dengan penggunaan yang luas adalah berbahaya karena reaktivitas kimianya, bahaya kebakaran, bahaya keracunan, dan kandungan-kandungan lainnya. Ada berbagai macam zat yang berbahaya yang biasanya mengandung campuran kimia spesifik (Riyanto, 2013).

Karakteristik limbah B3 diklasifikasikan menjadi 4 yaitu bersifat mudah terbakar yaitu limbah yang bersifat likuida dengan titik nyala sama dengan atau di bawah 60°C. sedangkan untuk non likuida yang terbakar di bawah kondisi normal dikarenakan adanya gesekan, atau perubahan sifat kimia secara spontan yang dapat menimbulkan bahaya, bersifat korosif yaitu limbah yang bersifat cair yang memiliki pH 2 atau 12,5 atau cairan yang menyebabkan perkaratan pada besi yang lebih tinggi dari 6,35 mm/tahun, bersifat reaktif yaitu limbah yang tidak stabil, dan mengalami perubahan yang besar tanpa adanya pemicu langsung bereaksi dengan air, limbah ini berpotensi terjadi ledakan apabila bertemu dengan air, limbah bersifat beracun yaitu limbah yang melalui tes Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dinyatakan bersifat racun, dengan membandingkan konsentrasi leachate mengandung 31 senyawa organik dan 8 senyawa anorganik. Jika test Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) melebihi konsentrasi tersebut diatas maka limbah tersebut dinyatakan beracun (Mukhlisoh 2012).

Menurut Ginting (2007) mengatakan bahwa efek limbah B3 terhadap kesehatan antara lain adalah pernapasan hal tersebut dikarenakan konsentrasi uap

yang tinggi akan berbahaya jika dihirup. Konsentrasi yang tinggi dapat mengganggu saluran pernapasan (hidung, tenggorokan dan paru-paru). Menyebabkan mual, muntah, sakit kepala, pusing, kehilangan koordinasi, rasa dan gangguan saraf lainnya. Paparan dengan konsentrasi akut dapat menyebabkan depresi saraf, pingsan, koma dan atau kematian.

2.3 Logam Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu unsur kimia transisi yang dalam Tabel periodic berada pada periode ke empat golongan pendam dengan nomor atom 24. Sejarah penemuan logam kromium berawal dari perjalanan yang dilakukan oleh Johann Gottlob Lehmann pada 26 Juli 1761 ke sebuah lokasi penambangan mineral Beryozovskoye di Pegunungan Ural. Saat itu dia menemukan mineral merah-jingga dan menamakannya dengan timbal merah Siberia. Kemudian setelah Kembali ke st. Petersburg pada 1766, ia menganalisis mineral yaitu sebuah kromat timbal ($PbCrO_4$).

Logam Cr murni tidak pernah ditemukan di alam. Logam ini ditemukan dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur- unsur lainnya. Sebagai bahan mineral, Cr paling banyak ditemukan dalam bentuk chromite (FeO, Cr_2O_3). Kadang-kadang pada batuan mineral chromite juga ditemukan logam-logam Mg, Al, dan senyawa SiO_3 . Logam-logam dan senyawa silikat tersebut dalam mineral chromite bukanlah merupakan penyusun pada chromite melainkan berperan sebagai pengotor (impurities) (Palar, 2008).

Toksisitas adalah kemampuan suatu molekul atau senyawa kimia dalam menimbulkan kerusakan pada bagian yang peka di bagian dalam maupun di bagian luar tubuh makhluk hidup. Toksisitas setiap logam berat di perairan berbeda-beda tergantung pada jenis logam dan jumlahnya. Toksisitas logam berat secara umum terhadap makhluk hidup di perairan dipengaruhi oleh bentuk logam dalam air, keberadaan logam-logam lain, pengaruh lingkungan, dan kemampuan organisme beraklimatisasi terhadap bahan toksik dari logam. Sedangkan toksisitas

kromium sendiri dipengaruhi oleh bentuk oksidasi kromium, suhu, dan pH (Effendi, 2003).

Logam berat kromium yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan masuk dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh. Interaksi yang terjadi antara logam berat kromium dengan unsur biologi tubuh dapat menyebabkan terganggunya proses metabolisme, hal ini dikarenakan kromium yang masuk ke dalam sel akan terlarut dalam darah dan mempengaruhi kerja enzim. Daya racun yang dimiliki oleh bahan aktif kromium akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dalam proses fisiologi atau metabolisme tubuh, sehingga rangkaian metabolisme terputus. Ion Cr^{6+} dalam proses metabolisme tubuh akan menghambat kerja dari enzim benzopiren hidroksilase, akibatnya terjadi perubahan dalam pertumbuhan sel, sehingga sel-sel tumbuh secara liar atau dikenal dengan istilah kanker. Hal itulah yang menjadi dasar dari penggolongan Cr ke dalam kelompok logam yang bersifat karsinogenik. Biasanya, senyawa kimia yang sangat beracun bagi organisme hidup adalah senyawa yang mempunyai bahan aktif dari logam berat. Sebagai logam Cr termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh logam Cr ditentukan oleh valensi ioniknya. Ion Cr^{6+} merupakan logam Cr yang paling banyak dipelajari sifat racunnya, bila dibandingkan dengan ion-ion Cr^{3+} dan Cr^{2+} . Sifat racun yang dibawa oleh logam ini juga dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Palar, 2008).

2.4 Logam Kromium (Cr) dalam Air Limbah

Limbah yang mengandung logam krom termasuk kategori limbah B3. Krom termasuk logam berat, dan masuk ke dalam kelompok 16 besar substansi berbahaya oleh Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (Sy et al., 2016). Krom bersifat bioakumulasi di dalam makhluk hidup, melalui rantai makanan (Kristianto, Wilujeng and Wahyudiarto, 2017), di dalam tubuh akan sulit untuk dikeluarkan sehingga kadarnya akan meningkat di dalam tubuh organisme (Prastyo et al., 2016). Krom merupakan logam yang berbahaya bagi kehidupan.

Logam krom merupakan logam yang sulit didegradasi sehingga dapat bertahan lama dalam perairan (Paramita et al., 2017).

Kandungan senyawa kromium dalam lingkungan yang paling banyak ditemui adalah dalam krom trivalen (Cr^{3+}) dan krom heksa valen (Cr^{6+}). Krom heksavalen merupakan senyawa krom yang sangat berbahaya, karena dianggap sangat beracun, karsinogen, mutagenik. Ion krom dapat menyebabkan kerusakan hati, kerusakan saluran pernapasan, kerusakan ginjal, kanker paru-paru, mutasi gen, bersifat karsinogen dan teratogenic (Kristianto et al., 2017).

Khromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras. Cr didapatkan pada industri gelas, metal, fotografi, dan elektroplating. Khromium sendiri sebetulnya tidak toksik, tetapi senyawanya sangat iritan dan korosif, menimbulkan ulcus yang dalam pada kulit dan selaput lendir. Inhalasi Cr dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Di dalam paru-paru, Cr ini dapat menimbulkan kanker (Nusa, 2010).

2.5 Senyawa Kapur ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)

Secara teoritis pemisahan logam berat bisa dilakukan dengan cara pengendapan berbentuk hidroksida pada pH yang tepat, dan biasanya dalam kondisi basa. Untuk mendapatkan pH yang tepat digunakan senyawa alkali. Berbagai jenis senyawa alkali yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair antara lain, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, NaOH , dan NaHCO_3 . Senyawa alkali dapat digunakan untuk proses pengendapan kromium sebagai $\text{Cr}(\text{OH})_3$, karena senyawa alkali adalah bersifat basa kuat bila bereaksi dengan air, dan zat pereduksi yang sangat kuat, sehingga mudah kehilangan electron (Keenan, 1993).

Menurut Kenneth H. Lanoute, 1987 dalam Heavy Metal Removal (Dep. Perindustrian, 1987) menyatakan bahwa $\text{Cr}(\text{OH})_3$ mengendap sempurna pada pH 7,5 – 8,0. Sedangkan menurut Benefield (1982) $\text{Cr}(\text{OH})_3$ adalah senyawa yang bersifat ampoter akan melarut dengan minimum pada pH 7,5 – 10, dan kelarutan kromium melalui proses reduksi dan netralisasi mendekati 0 (nol) pada pH 8,5 – 9,0. Kondisi optimal pengendapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ dipengaruhi oleh unsur-unsur lain yang

terdapat dalam larutan. $\text{Cr}(\text{OH})_3$ merupakan bentuk senyawa dari proses pengendapan Cr_2O_3 menggunakan senyawa alkali yang dianggap sudah stabil dan tidak menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dibandingkan dengan senyawa kromat (krom valensi 6). Krom valensi 3 dengan adanya oksidator tertentu dan kondisi lingkungan yang memungkinkan akan teroksidasi menjadi krom valensi 6. Oleh karena itu untuk menjaga hal-hal yang tidak diinginkan dikemudian hari maka perlu segera dilakukan penanganan lanjut terhadap endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ini (Anonim, 1987).

Reaksi pada proses pembentukan kapur pada tahap awal :



2.6 Stabilisasi/solidifikasi

Stabilisasi/solidifikasi (S/S) merupakan proses yang melibatkan pencampuran limbah dengan zat pengikat untuk mereduksi pelindian kontaminan baik secara fisik dan kimia. Proses S/S mengkonversi limbah (B3) menjadi bentuk limbah yang dapat diterima oleh lingkungan untuk dibuang ke lahan pembuangan atau digunakan untuk keperluan konstruksi. S/S telah banyak digunakan untuk menangani limbah radioaktif tingkat rendah, berbahaya, dan limbah campuran (Royyan, 2017).

Stabilisasi adalah suatu proses penambahan zat kimia dalam suatu campuran air limbah dengan maksud untuk mengurangi sifat beracun limbah dengan cara mengubah limbah dan komponen berbahayanya ke bentuk yang dapat mengurangi laju migrasi kontaminan ke lingkungan. Sedangkan solidifikasi adalah proses ditambahkan bahan yang dapat memadatkan limbah agar terbentuk masa limbah yang padan dan mengurangi mobilitas limbah ke lingkungan (Yulinah, 2017).

Salah satu solusi untuk mengatasi pengolahan limbah B3 adalah stabilisasi/solidifikasi (S/S) dari limbah padat dengan cara menambahkan pengikat semen, seperti kapur dan semen. Selama aplikasi S/S, senyawa beracun yang ada

pada limbah akan stabil secara fisik dan kimia. Artinya mobilitas senyawa beracun secara signifikan berkurang hingga meminimalkan ancaman terhadap lingkungan (Dermatas, 2003).

Tujuan dari proses stabilisasi/solidifikasi adalah mengkonversi limbah beracun menjadi massa yang secara fisik inert, memiliki daya leaching rendah, serta kekuatan mekanik yang cukup agar aman untuk dibuang ke landfill limbah B3. Leaching atau pelindian adalah proses dimana kontaminan ditransfer dari matriks yang stabil menjadi sebuah zat cair seperti air (LaGrega, 2001).

2.7 Uji TCLP

Limbah beracun adalah limbah yang mengandung pencemar yang bersifat racun bagi manusia atau lingkungan yang dapat menyebabkan kematian atau sakit yang serius apabila masuk ke dalam tubuh melalui pernafasan, kulit atau mulut. Penentuan sifat racun untuk mengidentifikasi limbah ini dapat menggunakan baku mutu konsentrasi *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) pencemar organik dan anorganik dalam limbah sebagaimana yang tercantum dalam PP No. 85 Tahun 1999.

Uji toksisitas merupakan uji hayati yang berguna untuk menentukan tingkat toksisitas dari suatu zat atau bahan pencemar dan digunakan juga untuk pemantauan rutin suatu limbah. Suatu senyawa kimia dikatakan bersifat “racun akut” jika senyawa tersebut dapat menimbulkan efek racun dalam jangka waktu Panjang (karena kontak yang berulang-ulang walaupun dalam jumlah yang sedikit) (Pradipta, 2007).

Toxicity Characteristic Leaching Procedure atau TCLP adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai leachate. Leachate adalah cairan yang keluar dari suatu cairan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari suatu limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA leachate adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalam cairan tersebut sehingga

cairan tersebut tersaring dari limbah berbahaya. Leachate telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan penggalian timbunan sampah untuk menyelesaikan persampahan (Reny, 2013).



2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Penulis	Tujuan	Metode	Hasil Penelitian
1	Kajian Teknologi dan Mekanisme Stabilisasi/Solidifikasi untuk Pengolahan Limbah B3	Royyan A, 2017	Melakukan identifikasi mengenai teknologi dan mekanisme proses stabilisasi/solidifikasi dalam pengolahan limbah B3	Stabilisasi/solidifikasi	Stabilisasi/solidifikasi dengan semen portland dan pozzolan mampu mengatasi pencemaran tanah karena limbah B3 dengan kondisi pH rendah dan mengandung senyawa halida. Perbedaan inti dari penggunaan semen pozzolan mampu mengatasi kontaminan dengan kandungan senyawa sulfat sedangkan semen portland tidak bisa
2	Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH) ₂ , NaOH, dan NaHCO ₃ (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas Semarang)	Asmadi, 2009	Mengetahui efisiensi penurunan kadar logam Kromium total menggunakan senyawa alkali Ca(OH) ₂ , NaOH, NaHCO ₃ dalam limbah cair industri penyamakan kulit	Penambahan senyawa alkali dalam penghilangan logam kromium dalam air limbah	Penggunaan Ca(OH) ₂ , NaOH, dan NaHCO ₃ dapat menurunkan konsentrasi kromium (Cr) total dalam limbah cair dengan efisiensi yang tinggi

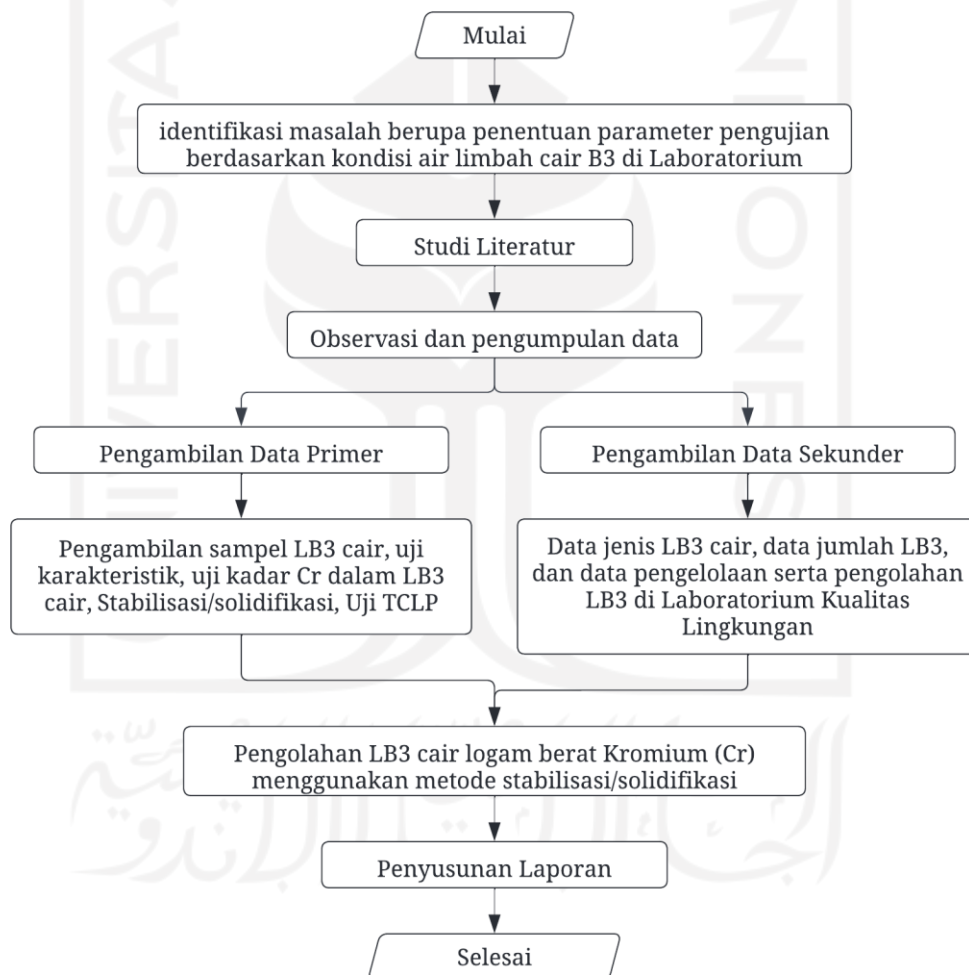
3	Stabilisasi/solidifikasi Limbah B3 Mengandung Logam Berat dan Hidrokarbon Dengan Semen Portland dan Fly Ash	Vilancia C, 2015	Menentukan komposisi optimum dalam proses stabilisasi/solidifikasi semen dan flyash yang mengandung logam berat Cu, Cr(VI), dan Pb	Stabilisasi/solidifikasi	Didapatkan komposisi optimum antara pencampuran fly ash dengan dengan semen untuk mengurangi kadar Cr dan Pb, yaitu sebesar 90% semen dan 10 % fly ash.
4	The Study Of Solidification/Stabilization Process On Heavy Metals Contaminated Waste By Portland Cement	Prajanoto, 2007	Meningkatkan penanganan dan karakteristik fisik limbah dengan cara menciptakan suatu matrik padatan yang tidak bebas air	Stabilisasi/solidifikasi	Stabilisasi/solidifikasi dengan semen portland dapat digunakan sebagai media dalam menurunkan mobilitas kontaminan (logam berat) dalam limbah dan dapat membentuk dalam penanganan limbah secara langsung dengan cara menurunkan luas muka kontaminan.
5	Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium Hexavalen Menggunakan Reagen Fenton dan Adsorben Keramik Zeolit	Tuty, 2018	Menurunkan kadar logam Cr(VI) menggunakan reagen fenton dan adsorpsi	Adsorpsi	Pada proses fenton adsorpsi semakin besar konsentrasi Cr Hexavalen awal, semakin kecil penurunan kadar Cr (VI) dengan proses fenton dan adsorpsi optimum terjadi pada pH 6 dan dapat menurunkan kadar Cr(VI) sampai dengan 99,99% dengan waktu kontak 10 jam

BAB III

METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan yang akan dilakukan pada proses penelitian ini digambarkan dengan diagram alir, diagram alir tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Gedung Mohammad Natsir jalan Kaliurang KM 14,5, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan dilanjutkan dengan pembuatan *Paving blocks* di Pusat Inovasi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Untuk waktu penelitian dari pengambilan sampel hingga di dapatkan hasil uji dilakukan mulai dari Maret 2022 hingga Juli 2022 dan dilanjutkan dengan penyusunan laporan penelitian.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini berupa pengujian karakteristik limbah B3 cair (pH, kekeruhan, dan TDS), pengukuran kadar awal logam Kromium (Cr), pengolahan dengan metode stabilisasi, pengukuran kadar Kromium air limbah yang telah dilakukan stabilisasi, pemadatan dengan metode solidifikasi untuk mengurangi mobilisasi air limbah B3, dan yang terakhir berupa pengujian TCLP dari *paving block* yang dihasilkan dari metode solidifikasi.

3.3.1 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder didapatkan dari hasil studi literatur yang sudah ada yang digunakan untuk mendukung data yang di dapatkan di lapangan. Selain itu diperlukan data dan peraturan terkait dengan pengolahan limbah B3 cair logam berat Kromium (Cr). Terdapat data sekunder pokok yang dibutuhkan, yaitu :

- a. Data jenis dan jumlah limbah B3 cair yang dihasilkan di laboratorium kualitas air
- b. Data pengolahan dan pengelolaan yang sudah atau belum dilakukan terhadap limbah B3 cair di laboratorium kualitas air FTSP UII.

Sedangkan untuk peraturan terkait yang digunakan antara lain :

- a. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- b. 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.
- c. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
- d. Uji TCLP 1311-United States Environmental Protection Agency (US-EPA).
- e. 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

Pengumpulan data dengan metode primer di dapatkan dari hasil observasi secara langsung, dan pengujian sampel di laboratorium kualitas air FTSP UII. Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan pengujian karakteristik limbah B3 cair, pengujian TCLP, dan pengujian berdasarkan metode pengolahan yaitu stabilisasi/solidifikasi.

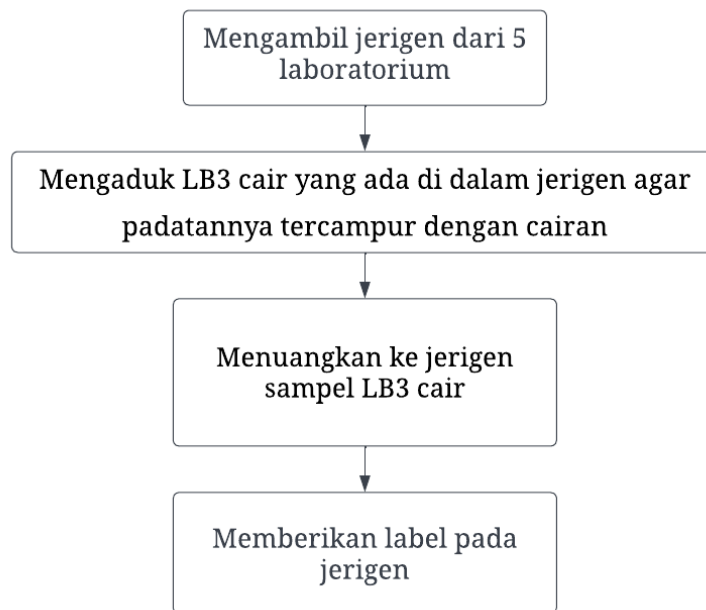
3.4 Prosedur Analisis Data

Prosedur analisis data yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari pengambilan sampel limbah B3 cair, pengujian karakteristik limbah B3 cair yang meliputi pH, Suhu, dan kekeruhan. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian kadar logam berat Kromium (Cr) dalam air limbah B3, stabilisasi/solidifikasi, dan uji TCLP.

3.4.1 Pengambilan sampel Limbah B3 Cair

Pengambilan sampel limbah B3 cair berada langsung di Laboratorium kualitas air FTSP UII. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menghomogenkan setiap limbah yang berada di laboratorium kualitas air, laboratorium kualitas udara, laboratorium analisis resiko lingkungan, laboratorium

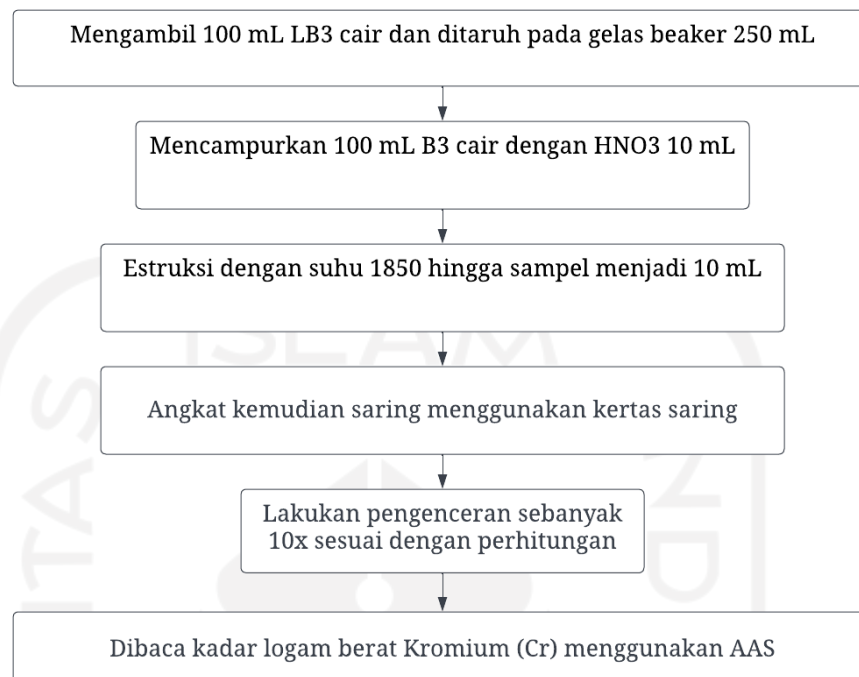
bioteknologi lingkungan, dan laboratorium sampah dan limbah bahan berbahaya dan beracun. Pewadahan sampel air limbah B3 yang diambil menggunakan jirigen bening dengan volume maksimal 80% dari kapasitas jirigen serta diberikan pelabelan dan ditempatkan di tempat yang teduh. Berikut merupakan tahapan pengambilan sampel limbah B3 cair.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengambilan Sampel

3.4.2 Uji kadar logam Kromium (Cr) dalam limbah B3 cair

Dari sampel yang telah di ambil, selanjutnya Langkah pertama adalah mengukur kadar logam kromium dalam air limbah dengan instrument Spektrofotometri Serapan Atom sesuai dengan SNI 6989.17:2009.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pengujian Kadar Cr

3.4.3 Uji Karakteristik Limbah B3

Parameter fisika meliputi kekeruhan SNI 6989.24-2005 pada Lampiran 1 dan TDS SNI 6989.27 : 2019 pada Lampiran 2. Parameter kimia yang diuji adalah pH SNI 6989.11 : 2019 yang terdapat pada Lampiran 3.

3.4.4 Stabilisasi/solidifikasi

Salah satu solusi untuk mengatasi pengolahan limbah B3 adalah stabilisasi/solidifikasi (S/S) dari limbah padat dengan cara menambahkan pengikat semen, seperti kapur dan semen. Selama aplikasi S/S, senyawa beracun yang ada pada limbah akan stabil secara fisik dan kimia. Artinya mobilitas senyawa beracun secara signifikan berkurang hingga meminimalkan ancaman terhadap lingkungan (Dermatas, 2003).

Stabilisasi adalah suatu proses penambahan zat kimia dalam suatu campuran air limbah dengan maksud untuk mengurangi sifat beracun limbah dengan cara

mengubah limbah dan komponen berbahayanya ke bentuk yang dapat mengurangi laju migrasi kontaminan ke lingkungan. Sedangkan solidifikasi adalah proses ditambahkan bahan yang dapat memadatkan limbah agar terbentuk masa limbah yang padan dan mengurangi mobilitas limbah ke lingkungan (Yulinah, 2017).

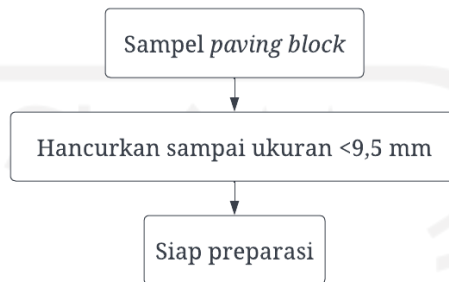
Pengolahan limbah B3 cair logam kromium (Cr) menggunakan metode stabilisasi dengan penambahan kapur Ca(OH)_2 dan solidifikasi dengan pencampuran semen Portland menjadi *paving blocks*. Pemilihan bahan alkali sebagai bahan baku pengolahan limbah digunakan untuk mengatuh pH air limbah. Selain itu juga penggunaan kapur Ca(OH)_2 dapat menekan biaya pengolahan karena harganya yang terjangkau. Sedangkan untuk kekurangan dari penggunaan Ca(OH)_2 adalah dari segi endapan yang dihasilkan, maka dari itu diperlukan proses lanjutan untuk menangani endapan yang dihasilkan. Prinsip penambahan kapur adalah untuk mengikat logam krom sehingga terbentuk endapan yang selanjutnya akan diolah dengan dicampurkan semen Portland dengan metode solidifikasi. Penambahan jumlah semen Portland dan bahan pelengkap lainnya menggunakan perbandingan 1:7 antara endapan limbah yang dipakai dengan jumlah semen Portland dan agregat. Penjelasan lebih detail terdapat pada Lampiran 6 untuk Stabilisasi dan Lampiran 8 untuk Solidifikasi.

3.4.5 Uji TCLP

Pengujian TCLP diperlukan untuk mengetahui sifat beracun atau tidaknya suatu zat setelah atau sebelum dilakukan pengolahan dengan ambang batas kandungan logam kromium sebesar 0,5 mg/L.

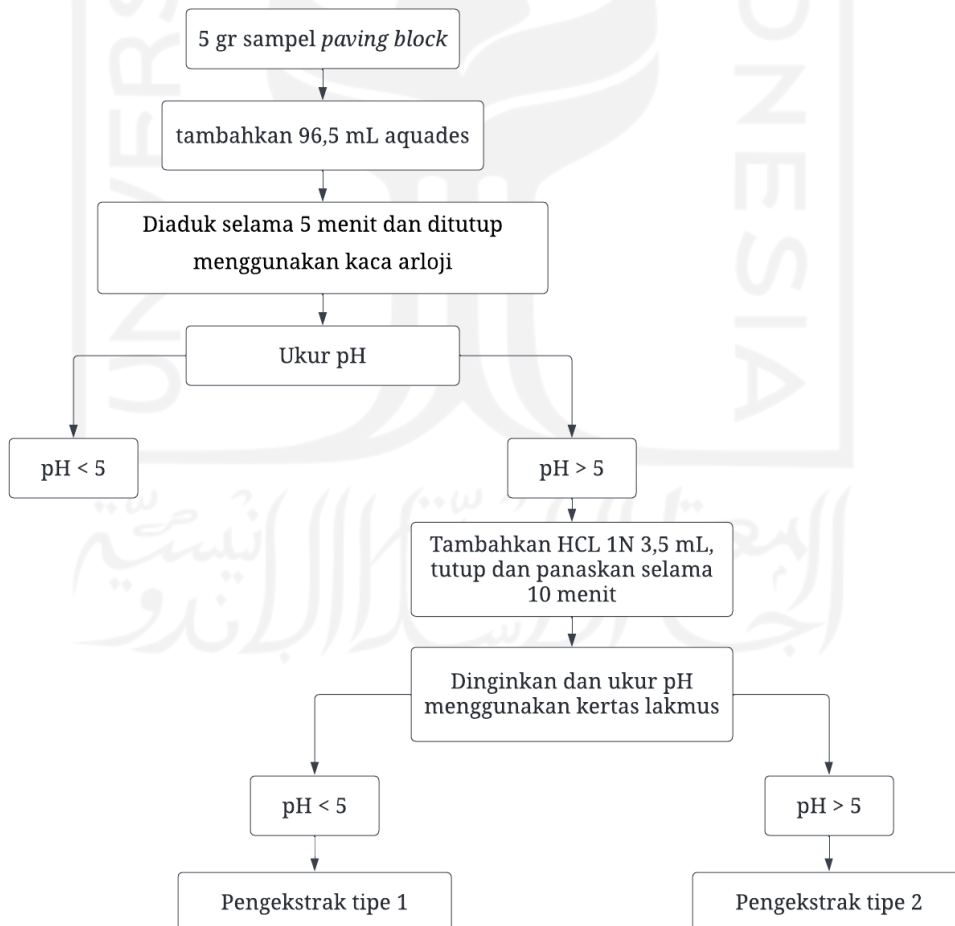
a. Persiapan sampel uji

Persiapan sampel uji dilakukan dari mulai penghancuran paving blocks seperti pada diagram berikut.



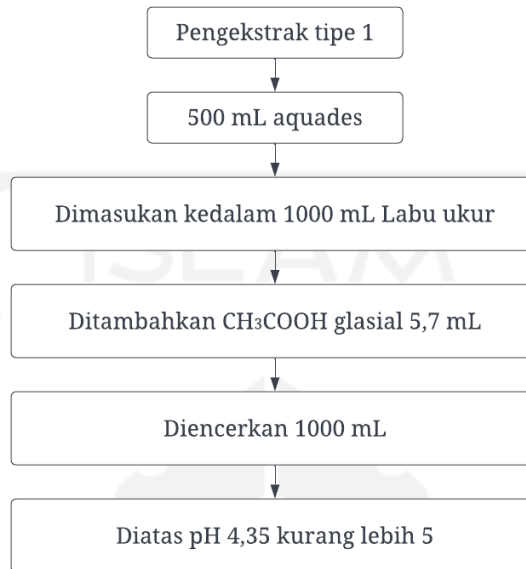
Gambar 3. 4 Diagram Alir Persiapan Sampel

b. Penentuan ekstraksi



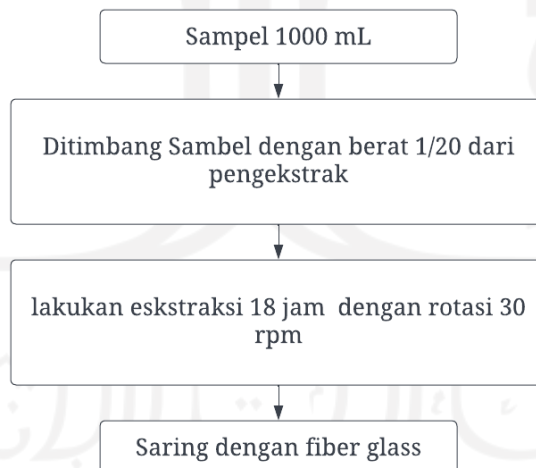
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penentuan Tipe Ekstraksi

c. Menggunakan Pengekstrak tipe 1



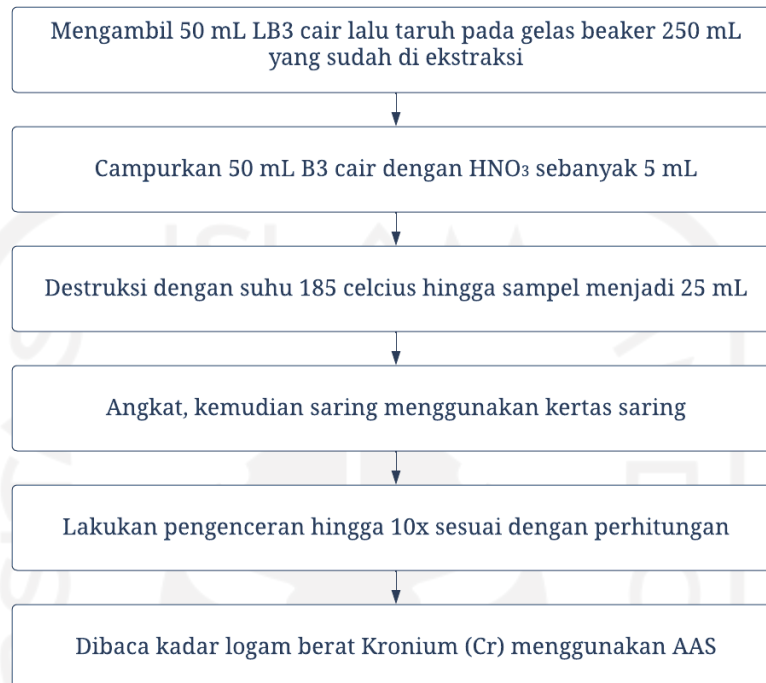
Gambar 3. 6 Pengekstrak Tipe 1

d. Ekstraksi Sampel Uji



Gambar 3. 7 Ekstraksi Sampel Uji

e. Pengujian kadar Cr



Gambar 3. 8 Pengujian Kadar Cr setelah Ekstraksi

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Pengelolaan Limbah B3 Cair

Lokasi penelitian pengolahan limbah B3 cair berada di laboratorium Kualitas Lingkungan di bawah naungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Laboratorium Kualitas Lingkungan secara spesifik memiliki lima jenis laboratorium, diantaranya Laboratorium Kualitas Air, Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Laboratorium Kualitas Udara, Laboratorium Analisis Resiko Lingkungan, dan Laboratorium Sampah dan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Di dalam setiap pengujian yang dilakukan di masing-masing laboratorium dihasilkan limbah sisa pengujian yang selanjutnya ditampung dalam jirigen penampungan limbah B3 yang berada di setiap laboratorium. Selain limbah cair yang dihasilkan, terdapat juga limbah padat berupa alat atau limbah uji lainnya yang dikategorikan sebagai limbah B3 padat dan dilakukan penyimpanan pada Tempat Penyimpanan Sementara (TPS). Berikut merupakan kondisi pewadahan dan penyimpanan limbah B3 pada laboratorium kualitas lingkungan.



(a). Penyimpanan Limbah B3 Padat

(b) Penyimpanan Limbah B3 Cair

Gambar 4.1 Penyimpanan Limbah B3

Dalam pelaksanaannya, pengolahan limbah B3 baik padat maupun cair belum dilakukan pengolahan secara langsung oleh Laboratorium Sampah dan Limbah B3. Sehingga setelah dilakukan penyimpanan dengan masa simpan

maksimal 365 hari sesuai dengan PP 22 Tahun 2021, baik limbah B3 padat maupun cair dilakukan pengangkutan kepada pihak ke tiga oleh transporter dengan kurang lebih dilakukan sebanyak tiga kali pengangkutan dalam satu tahun.

Limbah B3 cair yang digunakan untuk pengujian merupakan air limbah yang selama tiga bulan belum dilakukan pengangkutan kepada pihak ketiga. Air limbah tersebut berasal dari sisa penelitian mata kuliah praktikum laboratorium lingkungan, kimia lingkungan, dan praktikum bioteknologi. Selain dari mata kuliah praktikum tersebut, terdapat kegiatan mahasiswa tugas akhir dan juga aktivitas pengujian yang dilakukan oleh Laboran yang melakukan pengujian di lima laboratorium tersebut. Sehingga limbah yang dihasilkan setiap periode pengangkutan memiliki fluktuasi karakteristik yang berbeda-beda. Pada pengujian ini menggunakan air limbah yang dihasilkan pada periode pengumpulan Desember 2021 sampai Maret 2022 (Sumber : Data Sekunder, 2022).

4.2 Karakteristik Limbah B3 Cair

Pengujian karakteristik limbah B3 cair dilakukan untuk mengetahui kualitas limbah berdasarkan parameter fisika berupa TDS dan kekeruhan dan parameter kimia berupa nilai pH.

4.2.1 Total Dissolved Solid (TDS)

Padatan terlarut atau *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah jumlah total zat anorganik dan organik yang terlarut dalam air atau air limbah. Dalam pengujian air limbah yang belum dilakukan pengolahan dilakukan berdasarkan SNI 6989.27 :



Gambar 4.2 Sampel Pengujian Karakteristik Fisika dan Kimia

2019 dengan dilakukan tiga kali pengulangan di tiap sampelnya dan didapatkan hasil yang disajikan pada table 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian TDS

No.	Sampel	TDS (gr/L)	Suhu	Konduktivitas (ms/cm)	Salinitas (%)	BML (gr/L)
1	Sampel 1	37,1	26,4	52,5	3,26	2
2	Sampel 2	38,2	26,6	53,7	3,45	
3	Sampel 3	35,3	26,5	51	3,18	
	Rata-rata	36,867	26,5	52,4	3,297	

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil TDS yang paling besar pada sampel 2, yaitu sebesar 38,2 gr/L. Hasil TDS yang besar sebanding dengan nilai konduktivitas dan salinitas yang tinggi. Konduktivitas atau daya hantar merupakan ukuran kemampuan larutan mengalirkan arus listrik, menunjukkan banyaknya ion terlarut atau garam terlarut, pada pencemaran organik yang relatif kurang mengion, dan tidak dapat di pantau dengan baik. Daya hantar juga bersesuaian dengan suhu, biasanya 25 °C pengukuran TDS dapat menggunakan TDS scan atau TDS meter (Rahayu, 2007). Tingginya kadar TDS di dalam air limbah laboratorium dikarenakan penggunaan bahan kimia yang beragam sehingga memungkinkan terjadinya ikatan - ikatan yang terbentuk akibat pencampuran limbah dalam satu jirigen setelah pengujian.

Berdasarkan baku mutu air limbah yang tertera dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah kadar Baku Mutu Air Limbah bagi usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan dalam hal ini kegiatan laboratorium atau limbah laboratorium, maka menggunakan acuan baku mutu air limbah sebesar 2 gr/L. Berdasarkan baku mutu air limbah tersebut maka hasil pengujian karakteristik air limbah B3 yang berada di laboratorium kualitas lingkungan berada di atas baku mutu sesuai pada Tabel 4.1. Berdasarkan hasil pengujian tersebut limbah laboratorium jika dibandingkan dengan limbah industri batik yang memiliki warna

yang pekat jauh lebih tinggi dengan nilai TDS industri batik sebesar 9,15 gr/L (Nur Ismi, 2020).

4.2.2 Keekeruhan

Dalam pengujian keekeruhan ini dinyatakan dalam satuan Nephelometric Turbidity Unit (NTU) menggunakan instrument Turbidity Meter. Keekeruhan pada dasarnya disebabkan oleh adanya koloid, zat organic, jasad renik, lumpur, tanah liat, dan benda terapung yang tidak mengendap dengan segera, air yang keruh sulit didesinfeksi karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan (Sutrisno, 1991). Dalam air limbah sendiri keekeruhan dapat dijadikan indikasi visual kualitas air limbah. Dari hasil pengujian keekeruhan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji Keekeruhan

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

Dari hasil pengujian di dapatkan hasil sesuai dengan Tabel 4.2. Dari hasil tersebut memiliki angka yang tinggi melebihi baku mutu air limbah yaitu sebesar 10 NTU. Keekeruhan pada air limbah B3 laboratorium tersebut bernilai tinggi karena merupakan campuran dari sisa-sisa senyawa uji yang telah dilakukan pengujian oleh Praktikan maupun Laboran selama aktivitas di laboratorium. Mengingat bahwa aktivitas di laboratorium yang silih berganti melakukan pengujian serta pengujian di laboratorium yang menggunakan sampel dari luar dan dicampur dengan senyawa untuk pengujian dan air limbahnya di tampung dalam satu jirigen bersamaan tanpa dibedakan berdasarkan karakteristiknya.

4.2.3 pH

Dari sampel limbah B3 cair yang telah disiapkan, dilakukan pengujian untuk mengetahui nilai pH yang terdapat dalam air limbah B3 sebelum dilakukan pengolahan. Berikut merupakan hasil dari pengukuran derajat keasaman.

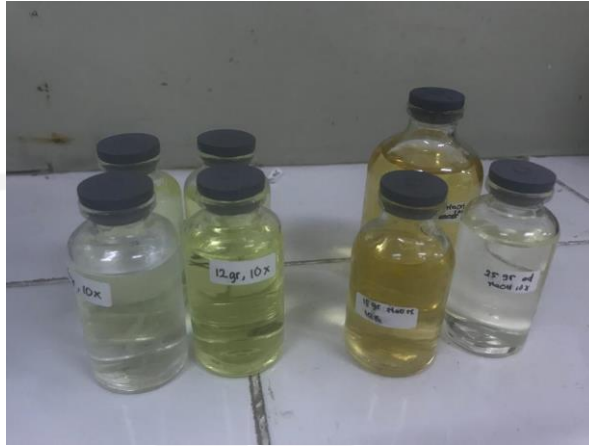
Tabel 4.3 Hasil Uji pH

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

Dari hasil pengukuran pH didapatkan hasil sampel 1, sampel 2, dan sampel 3 memiliki pH sama yaitu 1. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah B3 yang dihasilkan dari sisa penelitian laboratorium kualitas lingkungan memiliki pH yang cenderung asam dan pengujian yang dilakukan setiap harinya sehingga menimbulkan limbah B3 cair juga cenderung menggunakan zat asam. Sehingga dalam pengolahannya diperlukan penambahan zat kimia yang dapat menetralkan atau menaikkan pH. Menurut Susanto (2011) dengan meningkatnya pH akan menurunkan tingkat protonasi pada permukaan adsorben. Akibatnya pada pH 6 adsorpsi ion logam berlangsung secara optimum demikian juga pada pH 7. Pada pH yang lebih tinggi, gugus aktif pada adsorben akan mengalami deprotonisasi seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion OH⁻ dalam larutan.

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa menurut Peraturan Menteri No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah B3 yang dihasilkan di Laboratorium kualitas lingkungan berada diatas Baku Mutu yang telah ditetapkan, yaitu sebesar 6,0-9,0. Limbah laboratorium dengan pH yang sangat rendah termasuk ke dalam sifat limbah B3 korosif dan limbah ini dapat menyebabkan iritasi dengan ditandai kemerahan atau eritema dan edema. Penyebab dari rendahnya pH yang didapatkan dari pengujian ini dapat terjadi karena tercampurnya banyak senyawa kimia yang bersifat asam yang digunakan selama aktivitas penelitian di Laboratorium Kualitas Lingkungan.

4.2.4 Kadar Logam Kromium (Cr) dalam Air Limbah B3 Cair



Gambar 4.3 Sampel Pengujian Kadar Cr

Sebelum dilakukan pengolahan pada air limbah cair B3 perlu dilakukan pengujian kadar logam berat Kromium (Cr) terlebih dahulu agar dapat diketahui besaran kadar Cr yang terdapat dalam air limbah secara pasti. Kadar awal kromium ini diperlukan untuk digunakan pembandingan antara kadar sebelum dengan sesudah pengolahan dilakukan. Pembacaan kadar logam berat kromium dilakukan dengan cara pembacaan sampel duplo dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Berikut merupakan hasil yang didapatkan dengan pembacaan SSA logam Kromium.

Tabel 4.4 Hasil Uji Pembacaan AAS Logam Cr

Sampel	Konsentrasi (mg/L)	BML (mg/L)
Sampel 1	14,689	0,5
Sampel 2	16,461	
Rata-rata	15,575	

Dari hasil pembacaan instrument SSA awal didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.4. Dari pengujian tersebut didapatkan rata-rata sebesar 15,575 mg/L dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 untuk kadar logam kromium dalam air limbah sebesar 0,5 mg/L. Dapat disimpulkan bahwa kadar awal logam Kromium dalam limbah B3 cair berada di atas baku mutu. Menurut Sy et al

(2016) limbah yang mengandung Krom termasuk kategori limbah B3. Krom termasuk logam berat, dan masuk ke dalam kelompok 16 besar substansi berbahaya oleh *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)*, sehingga diperlukan pengolahan untuk menurunkan kadar Cr dalam air limbah.

Kadar kromium yang tinggi dalam air limbah disebabkan oleh aktivitas pengujian yang menggunakan bahan baku berupa pencampuran dengan senyawa kromium. Contohnya adalah pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah pada mata kuliah Praktikum Laboratorium Lingkungan, dimana dalam prakteknya pengujian *Chemical Oxygen Demand (COD)* menggunakan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sebagai oksidan. Senyawa organik dan anorganik, terutama organik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup membentuk Cr^{3+} (Modul Praktikum Labling, 2022).

4.3 Pengolahan dengan Metode Stabilisasi/solidifikasi

Metode pengolahan limbah B3 cair yang dilakukan pada pengujian ini menggunakan metode stabilisasi/solidifikasi dengan tujuan mengurangi kadar logam Kromium (Cr) yang terkandung dalam air limbah serta mengurangi mobilisasi logam Kromium dalam lingkungan.

4.3.1 Stabilisasi

Setelah diketahui konsentrasi awal air limbah B3 yang ada pada laboratorium kualitas lingkungan mengandung logam Cr dengan konsentrasi diatas baku mutu, yaitu sebesar 15,575 mg/L dan berada di atas baku mutu yang tertera pada Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014, maka perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi kadar Cr dalam air limbah tersebut. Menurut Wahyuningtyas (2011), berbagai jenis senyawa alkali yang dapat digunakan untuk memisahkan kromium dari limbah cair adalah $\text{Mg}(\text{OH})_2$, NaOH , NH_4OH , NaHCO_3 , dan Na_2CO_3 . Dalam pengujian ini menggunakan metode stabilisasi dengan menambahkan senyawa kimia Kalsium Hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) sebagai pengikat logam Cr yang larut dalam air limbah. Selain itu juga dari hasil pengukuran pH yang sudah dilakukan di dapatkan hasil limbah B3 cair memiliki pH yang kecil yaitu rata-rata sebesar 1

sehingga dengan penambahan Ca(OH)_2 juga membantu untuk menaikkan pH dari air limbah B3.

Pada penelitian ini menggunakan tiga sampel percobaan dengan variasi penambahan Ca(OH)_2 sebanyak 6 gr, 9 gr, dan 12 gr per 100 ml sampel. Setelah dilakukan penambahan Ca(OH)_2 dalam air limbah dan dilakukan pengadukan cepat serta pengendapan selama 24 jam, lalu dilakukan pengujian kadar Cr pada air limbah dengan menggunakan instrument Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan di dapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian AAS

No.	Sampel	Fp	C (mg/L)	pH	BML
1	Sampel 1 (6gr)	10	1,6971	7,5	0,5
2	Sampel 2 (9gr)	10	0,3502	8	
3	Sampel 3 (12gr)	10	6,0994	10	

Pengujian sampel tersebut dilakukan dengan factor pengenceran sebesar 10 kali. Hasil dari pengujian kadar Cr dalam air limbah tertera pada Tabel 4.5. Dari hasil pembacaan instrument tersebut dapat disimpulkan bahwa pemberian kadar Ca(OH)_2 dalam air limbah B3 yang optimum sebesar 9 gr/100 ml dikarenakan memiliki kadar Cr sisa dalam air yang paling kecil. Menurut Kenneth H. Lanoutte (1977), bahwa Cr(OH)_3 akan mengendap sempurna pada kondisi optimum pH 7,5 – 8,0. Hal tersebut di dukung dengan Sampel 2 memiliki pH sebesar 8.



Gambar 4.4 Pengendapan $Ca(OH)_2$

Berdasarkan dari gambar 4.4 terjadi pengendapan dan membentuk padatan setelah di endapkan selama 24 jam setelah pengadukan selesai. Terjadinya pengendapan tersebut juga mempengaruhi terhadap karekteristik fisika dan kimia yang berubah antara sebelum dilakukan stabilisasi dengan setelah dilakukan stabilisasi. Untuk karekteristik kekeruhan sendiri memiliki nilai yang berbeda dari sebelumnya sesuai pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Kekeruhan

No.	Sampel	Kekeruhan (NTU)	BML (NTU)
1	Penambahan 6 gr	19,4	10
2	Penambahan 9 gr	31,39	
3	Penambahan 12 gr	22,09	

Dilihat dari hasil pengujian kekeruhan, setelah dilakukan stabilisasi di dapatkan hasil seperti pada Tabel 4.6. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai terkecil kekeruhan yang di dapatkan adalah 19,4 NTU berasal dari sampel 1 dengan penambahan 6 gr $Ca(OH)_2$. Sedangkan untuk sampel 2 dengan penambahan 9 gr memiliki nilai kekeruhan paling tinggi, sebesar 31,39 NTU. Meskipun hasil pengolahan dengan penambahan $Ca(OH)_2$ ini turun tetapi tetap belum memenuhi baku mutu air limbah yaitu sebesar 10 NTU. Jika dilihat secara visual pada gambar

4.4 di atas, dapat dilihat bahwa yang memiliki warna cairan lebih pekat dan keruh adalah sampel dengan penambahan 9 gr Ca(OH)_2 .

Selain itu juga dilakukan pengukuran nilai TDS setelah dilakukan stabilisasi dan di dapatkan hasil sesuai dengan Tabel berikut.

Tabel 4.7 Hasil Uji TDS

No.	Sampel	TDS (g/L)	BML (g/L)
1	Penambahan 6 gr	10,56	2
2	Penambahan 9 gr	16,63	
3	Penambahan 12 gr	20,7	

Berdasarkan dengan hasil yang diperoleh pada Tabel 4.7, didapatkan bahwa nilai *Total Dissolved Solid* dari sampel penambahan Ca(OH)_2 6 gr, 9 gr, dan 12 gr memiliki peningkatan seiring dengan meningkatnya penambahan Ca(OH)_2 tetapi memiliki angka yang lebih kecil dibandingkan dengan pengukuran TDS sebelum dilakukan stabilisasi pada air limbah B3 yaitu rata-rata sebesar 36,87 g/L. nilai TDS yang tinggi mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air cukup tinggi, begitu juga sebaliknya (Siswanto, 2003). Dari hasil yang di dapatkan, walaupun terjadi penurunan nilai TDS dari sebelum distabilisasi tetapi nilai TDS air limbah B3 yang telah di stabilisasi masih berada di atas baku mutu yang tertera pada Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 2 g/L. Selain itu juga diuji untuk nilai pH setelah dilakukan stabilisasi sesuai dengan hasil yang diperoleh pada Tabel berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran pH

No.	Sampel	pH	BML
1	Penambahan 6 gr	7,5	6,00 - 9,00
2	Penambahan 9 gr	8	
3	Penambahan 12 gr	10	

Dari hasil pengukuran penambahan Ca(OH)_2 yang efektif untuk menghilangkan kadar Cr dalam air Limbah B3 dapat dilakukan pada pH 7,5-8

sehingga pada pH yang optimum sesuai dengan hasil penurunan kadar Cr dalam air limbah berada pada sampel 2 dengan penambahan 9 gr Ca(OH)_2 .

4.3.2 Solidifikasi

Limbah cair yang telah dilakukan stabilisasi dengan Ca(OH)_2 membentuk endapan yang membutuhkan pengolahan lanjutan untuk mengurangi mobilisasi kadar Cr dalam limbah B3. Berikut merupakan jumlah padatan dan sisa air dalam air limbah setelah stabilisasi.

Tabel 4.9 Hasil Endapan dan Sisa Air

No.	Sampel	Berat Padatan (gr)	Sisa Air (ml)
1	Penambahan 6 gr	29,5	75
2	Penambahan 9 gr	37,47	54
3	Penambahan 12 gr	43,23	52

Berdasarkan Tabel di atas, diketahui air limbah yang telah dilakukan stabilisasi memiliki endapan yang relative banyak. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi penambahan Ca(OH)_2 maka semakin besar endapan yang terbentuk dan semakin sedikit air yang tersisa.

Dari endapan tersebut diperlukan proses pengolahan khusus untuk endapan yang dihasilkan. Metode solidifikasi dengan pembuatan paving blocks dari bahan endapan yang terbentuk dapat dilakukan untuk membantu mengurangi mobilisasi dari logam Kromium. Pembuatan paving block dilakukan dengan menggunakan 3 komposisi yang berbeda beda untuk mengetahui efektifitas penggunaan substitusi dari bahan baku. Terdapat empat variasi sampel yang digunakan untuk pengujian solidifikasi seperti pada Tabel berikut.

Tabel 4.10 Komposisi Paving Blocks

No.	Kode Sampel	Komposisi	Perbandingan
1	PB Kontrol	Air Bersih, Semen, Pasir	1:1:7
2	PB Air sisa Stabil	Air limbah yang sudah di stabilkan, Semen, Pasir	1:1:7
3	PB Endapan	Air Bersih, Semen, Endapan Limbah, Pasir	1:1:1:6

*PB : Paving Block



Gambar 4.5 Pembuatan Paving Block

4.4 Uji TCLP

Tahapan akhir untuk memastikan kadar Kromium (Cr) dalam air limbah adalah dengan melakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP). Pengujian TCLP dimaksudkan untuk pengecekan kembali konsentrasi logam berat Kromium dalam air limbah yang sudah dilakukan pengolahan.

Pada pengujian ini di dapatkan perhitungan pH awal sebelum dilakukan penambahan zat kimia seperti pada Tabel berikut.

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran pH

No.	Sampel	pH
1	PB Kontrol	11
2	PB Air sisa Stabil	11
3	PB Endapan	10

Diketahui dari Tabel tersebut nilai pH lebih dari 5, maka dari itu dilakukan penambahan HCl 1 N sebesar 3,5 ml untuk menurunkan nilai pH. Setelah itu diukur kembali di dapatkan pH seperti pada Tabel berikut

Tabel 4.12 Tipe Ekstraksi

No.	Sampel	pH	Pengekstrak
1	PB Kontrol	2	Tipe I
2	PB Air sisa Stabil	1	Tipe I
3	PB Endapan	1	Tipe I

Dari hasil penambahan HCl 1N di dapatkan pH yang berada di bawah 5, sehingga semua jenis sampel menggunakan pengekstrak tipe I. Pembuatan ekstraksi tipe I dimulai dari menyiapkan aquades 500 ml dalam labu ukur 1000 ml lalu ditambahkan CH₃COOH glasial 5,7 ml dan NaOH 1 N sebanyak 64,3 ml. Dihomogenkan dan dicek pH didapatkan pH sebesar 5.

Lalu ditambahkan sampel padatan sebanyak 50 gr dan akuades sampai batas labu 1000 ml dan dilakukan ekstraksi menggunakan instrument *Rotary Agigator Test (RAT)* selama kurang lebih 18 jam dengan kecepatan 30 rpm seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.6 Pengujian TCLP

(a). Sampel Uji TCLP

(b). Rotary Agigator Test

Setelah dilakukan pengadukan dengan Rotary Agigator Test tersebut di dapatkan sampel yang lebih homogen sehingga selanjutnya dilakukan penyaringan dengan alat vacuum. Selanjutnya baru dilakukan destruksi sebanyak 50 ml menjadi 5 ml. setelah dilakukan destruksi, sampel di saring dan dilakukan uji dengan instrument SSA, lalu di dapatkan hasil dari pengujian TCLP sebagai berikut.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian TCLP

No.	Sampel	Hasil AAS (mg/L)	Kadar Logam (mg/Kg)	BML TCLP
1	PB Kontrol	$\leq 0,05$	$\leq 0,01$	500 mg/Kg
2	PB Air sisa stabil	$\leq 0,05$	$\leq 0,01$	
3	PB Endapan	$\leq 0,05$	$\leq 0,01$	

Tabel 4.14 Perhitungan Imobilisasi Cr

No.	Sampel	Kadar Cr (mg)		Efisiensi (%)
		Dalam Paving	Yang Keluar	
1	PB Air non Stabil	15,575	0,01	99,94
2	PB Kontrol	4,53	0,01	99,78
3	PB Air sisa Stabil	0,3502	0,01	97,14
4	PB Endapan	15,2248	0,01	99,93

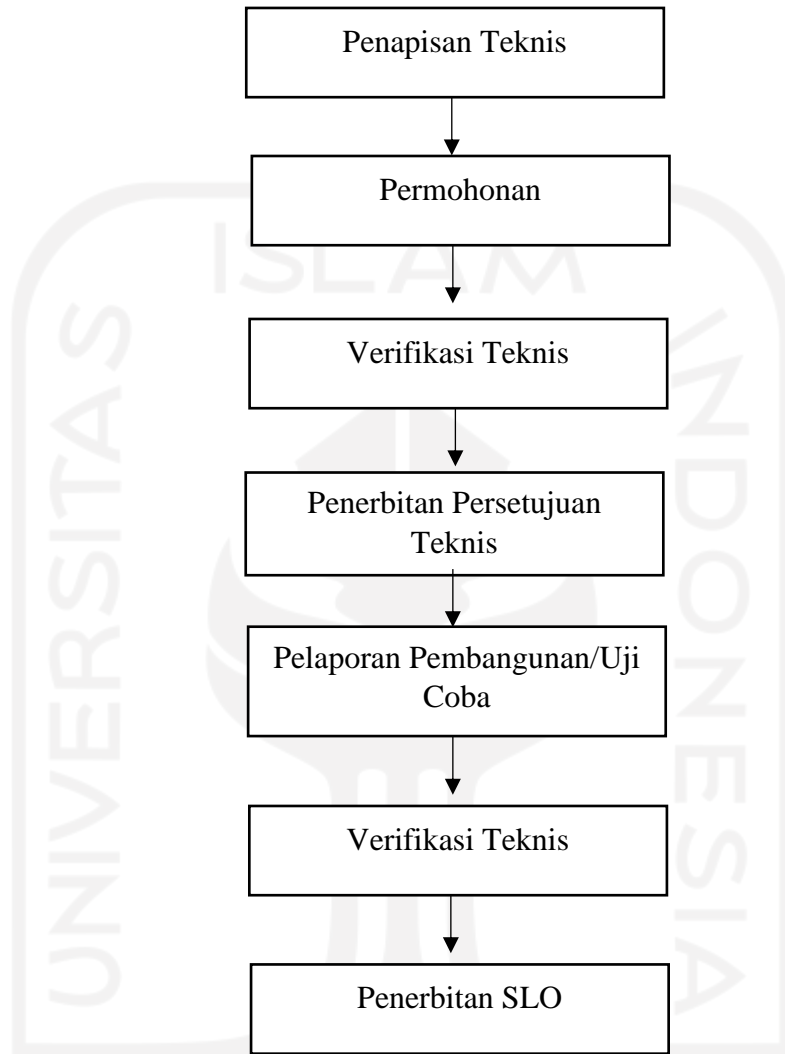
Uji TCLP dilakukan guna mengetahui seberapa besar logam berat Cr dalam air limbah yang masih terlepas atau terjadi paparan ke lingkungan setelah air limbah dan padatan limbah di campurkan ke dalam komposisi *paving blocks*. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pembacaan hasil TCLP dengan metode ekstraksi tipe I menggunakan instrumen SSA didapatkan hasil kurang dari limit pembacaan instrumen SSA, yaitu sebesar 0,05 mg/L. Hal tersebut mengartikan bahwa kadar logam Cr dalam paving blocks yang sudah di ekstraksi memiliki kadar yang aman karena di bawah baku mutu yaitu sebesar kurang dari 0,01 mg/Kg dengan nilai baku mutu menurut Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014 dan berada di bawah baku mutu TCLP Tipe A.

Dalam perhitungan imobilitas logam Cr dalam paving blocks, di dapatkan hasil efisiensi pengolahan yang cukup tinggi seperti pada tabel 4.14. Terjadinya pengikatan pada saat dilakukan perendaman sehingga memperkuat paving blocks dan kandungan Cr dalam paving blocks terjebak dalam ikatan dan sukar untuk keluar dari dalam paving blocks tersebut. Sehingga jika dilihat dari hasil pengujian TCLP tersebut mengindikasikan bahwa paving blocks dengan komposisi penambahan air limbah B3 dan endapan limbah B3 dinyatakan stabil atau *immobile* sehingga aman terhadap lingkungan. Hasil yang di dapatkan tersebut sejalan dengan tujuan dari proses stabilisasi/solidifikasi yaitu mengonversi limbah beracun menjadi massa yang secara fisik inert serta memiliki daya leaching yang rendah (Royyan, 2017).

4.5 Prosedur Perizinan Pengolahan Limbah B3

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup terdapat mekanisme yang harus dilakukan oleh usaha dan/atau kegiatan untuk melakukan pengelolaan dan pengolahan limbah bahan berbahaya dan beracun.

Untuk prosedur pengajuan izin tersebut dapat dilakukan secara online dengan melakukan tahapan seperti pada bagan berikut.



Gambar 4.7 Diagram Alur Permohonan Pengolahan Limbah B3

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Pengolahan Limbah B3 Logam Berat Kromium (Cr) di Laboratorium Kualitas Lingkungan Menggunakan Metode Stabilisasi/solidifikasi dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik limbah B3 di Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII memiliki nilai pH asam dengan rata-rata sebesar 1 dan tingkat kekeruhan yang termasuk tinggi di atas baku mutu yaitu sebesar 197 NTU, serta nilai TDS rata rata sebesar 36,8 gr/L. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa nilai semua karakteristik limbah B3 cair sebelum dilakukan pengolahan berada di atas baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri No. 5 Tahun 2014. Kadar Logam berat Kromium (Cr) dalam air limbah B3 Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII sebelum dilakukan pengolahan rata-rata sebesar 15,785 mg/L dimana dari hasil tersebut tidak memenuhi baku mutu dan termasuk ke dalam Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
2. Setelah pengolahan dengan metode stabilisasi/solidifikasi dilakukan di dapatkan hasil kadar Cr dalam air limbah berada di bawah baku mutu yaitu kurang dari 0,05 mg/L sehingga tidak dapat terbaca dengan instrument AAS. Hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil dari TCLP dengan hasil yang rendah dibawah baku mutu. Meskipun demikian tetap terdapat logam Kromium (Cr) dalam air limbah walaupun dengan kadar yang kecil dan masih dikategorikan sebagai limbah B3.

5.2 Saran

Berdasarkan dengan penelitian yang telah dilakukan, di dapatkan saran untuk bisa dilakukan pada penelitian selanjutnya khususnya pada ruang lingkup Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII :

1. Bagi Praktikan yang berada di Laboratorium Kualitas Lingkungan

Diharapkan dapat berhati-hati dalam melakukan penelitian dan bersinggungan langsung dengan senyawa serta air limbah tertentu. Selain itu juga saat melakukan pengambilan cairan asam diharapkan dapat menggunakan lemari asam sebagaimana semestinya agar bau asam tidak menyebar ke seluruh ruangan sehingga dapat membahayakan diri sendiri dan orang lain. Selain itu diharapkan juga untuk melakukan pencucian terhadap alat yang digunakan agar tidak merusak alat tersebut dan tidak merugikan orang lain (karena zat yang berbahaya).

2. Bagi Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII

Diharapkan pihak Laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII dapat memperhatikan mengenai Pengelolaan Limbah B3 di Laboratorium mulai dari pelabelan, pewadahan, hingga pengisian log book sebagai dokumen limbah B3 yang dihasilkan. Selain itu juga dapat dilakukan pemeriksaan secara rutin mengenai kapasitas dari jirigen agar tidak melebihi 80% dari kapasitas total sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Pengelolaan dan perlindungan Lingkungan Hidup.

3. Bagi peneliti selanjutnya

Diharapkan dapat melakukan penelitian dengan mempertimbangkan semua parameter logam berat yang terkandung dalam limbah B3 di laboratorium Kualitas Lingkungan agar kedepannya pengolahan yang dihasilkan dapat dijadikan alternatif pemanfaatan dari air limbah B3 tersebut. Serta jika dilakukan dengan metode stabilisasi/solidifikasi diharapkan dapat dilakukan hingga uji kuat tekan, dan susut berat agar dapat

mengetahui kualitas paving blocks secara actual dan dapat digunakan untuk tujuan komersil atau untuk dibuang ke landfill.





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1987, *Kemungkinan Pemanfaatan Buangan Mengandung Khrom Sebagai Bahan Penyamak Kulit*, BPPI, Semarang
- Anrozi, R., & Trihadiningrum, Y. (2017). Kajian Teknologi Dan mekanisme Stabilisasi/solidifikasi Untuk Pengolahan Limbah B3. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- Dermatas, D. dan Meng, X. 2003. *Utilization of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils*. *Engineering Geology* 70: 377-394.
- Keenan, Charles.W, and Kleinfelter, Donald.C, and Wood, Jesse.H.; Pudjaatmaka, A.H, 1993, *Kimia Untuk Universitas*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta
- Kenneth H. Lanoute, *Heavy Metal Removal*, Departemen Perindustrian, 1987
- Kristianingrum, S., & Sulastri, S. (n.d.). *Pengaruh Berbagai Asam Terhadap Daya Adsorpsi Ion Kromium(Iii) Dan Kromium (Vi) Pada Tanah Diatomae*.
- Kristianto, S., Wilujeng, S. and Wahyudiarto, D. (2017) 'Analisis Logam Berat Kromium (Cr) Pada Kali Pelayaran Sebagai Bentuk Upaya Penanggulang Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Sidoarjo', *Jurnal Biota*, 3(2), pp. 66–70.
- LaGrega, M.D., Buckingham P.I., Evans, J.C. 2001. *Hazardous Waste Management*. McGraw-Hill, Inc: Singapore.
- Narulita, D. 2011. *Analisis Tingkat Pencemaran Bakteri Coliform*. FIKD. Makassar
- Niken Hayudanti Anggarini, dkk. 2014. *Pengelolaan dan Karakterisasi Limbah B3 di Pair Berdasarkan Potensi Bahaya*. *Majalah Ilmiah Aplikasi Isotop dan*

Radiasi. BETA GAMMA TAHUN 2014 Vol. 5 No. 1 Februari 2014. ISSN 2087-5665

Palar, Heryandon. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta,

Jakarta. 152 hal

Rahayu, I., 2007. *Cara Menanggapi Air Kotor menjadi Air Bersih*. Erlangga. Jakarta.

Retrieved from <https://doi.org/10.23955/rkl.v13i1>.

Siswanto, H. 2003. *Kamus Populer Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: BGC.

Suprihatin dan Indrasti, N.S. 2010. *Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Makara Sains. Vol. 14 (1): 44-50.

Susanto, T. (2011) *Kajian kemampuan adsorpsi zeolit alam aktif terimobilisasi ditizon terhadap limbah ion logam Cd (II) terkompetisi Mg (II) dan Cu (II) secara simultan*, Jurnal Balai Riset dan Standarisasi Industri, Palembang.

Teknologi Lingkungan, P., Jln Thamrin No, B., & Pusat, J. (2010). *Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni Dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri Nusa Idaman Said*.

Utomo, M., Endang, D., & Laksono, W. (n.d.). *Kajian Tentang Proses Solidifikasi/Stabilisasi Logam Berat Dalam Limbah Dengan Semen Portland (The Study Of Solidification/Stabilization Process On Heavy Metals Contaminated Waste By Portland Cement)*.

Wahyuningtyas, Nursetyati, 2001, *Pengolahan Limbah Cair Khromium Dari Proses Penyamakan Kulit Menggunakan Senyawa Alkali Natrium Karbonat (Na₂CO₃)*, STTL, Yogyakarta

Wayne, N. L. et al., Exposure assessment of laboratory workers to hazardous waste from mice treated with tamoxifen and bromodeoxyuridine. *J. Chem. Health Safety* (2018),

Yuliasuti, R. and Cahyono, H. B. (2018) '*Penggunaan Karbon Aktif yang Teraktivasi Asam Phosphat pada Limbah Cair Industri Krisotil*', *Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri*, 3(1), pp. 23–26





Lampiran 1 Alat dan Bahan Uji Kekeruhan

A. Alat

Turbidy Meter	1 buah
Gelas Beaker	3 buah
Botol Semprot	1 buah
Pipet Volume 5 ml dan 10 ml	1 buah
Labu ukur 100 ml dan 1000 ml	1 buah

B. Bahan

Aquades

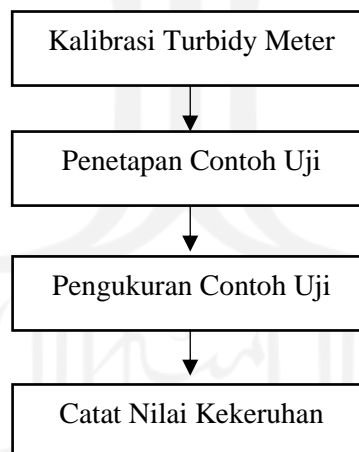
Larutan hidrazin 1 g

Larutan heksa metilen tetramine 20 gr

C. Prinsip Kerja

Intensitas cahaya contoh uji yang diserap dan dibiaskan, dibandingkan dengan cahaya suspensi baku.

D. Prosedur Pengujian



Lampiran 2 Alat dan Bahan 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

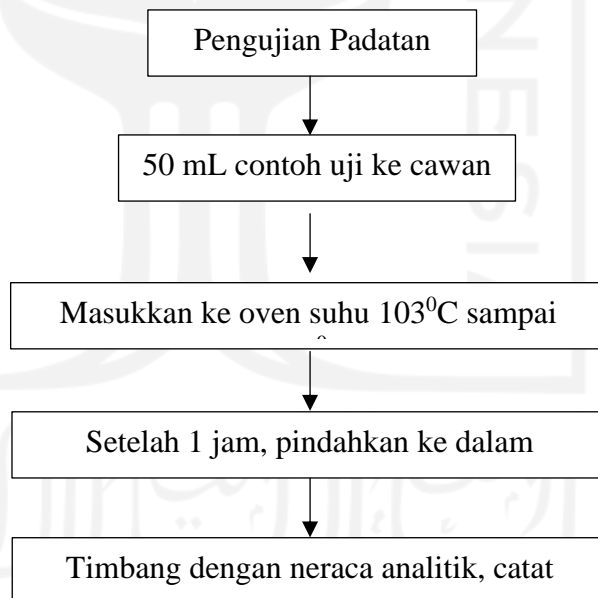
Krustang 1 buah

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 Alat dan Bahan Uji pH

A. Alat

Kertas Lakmus/pH meter 3 buah

Gelas Beaker 3 buah

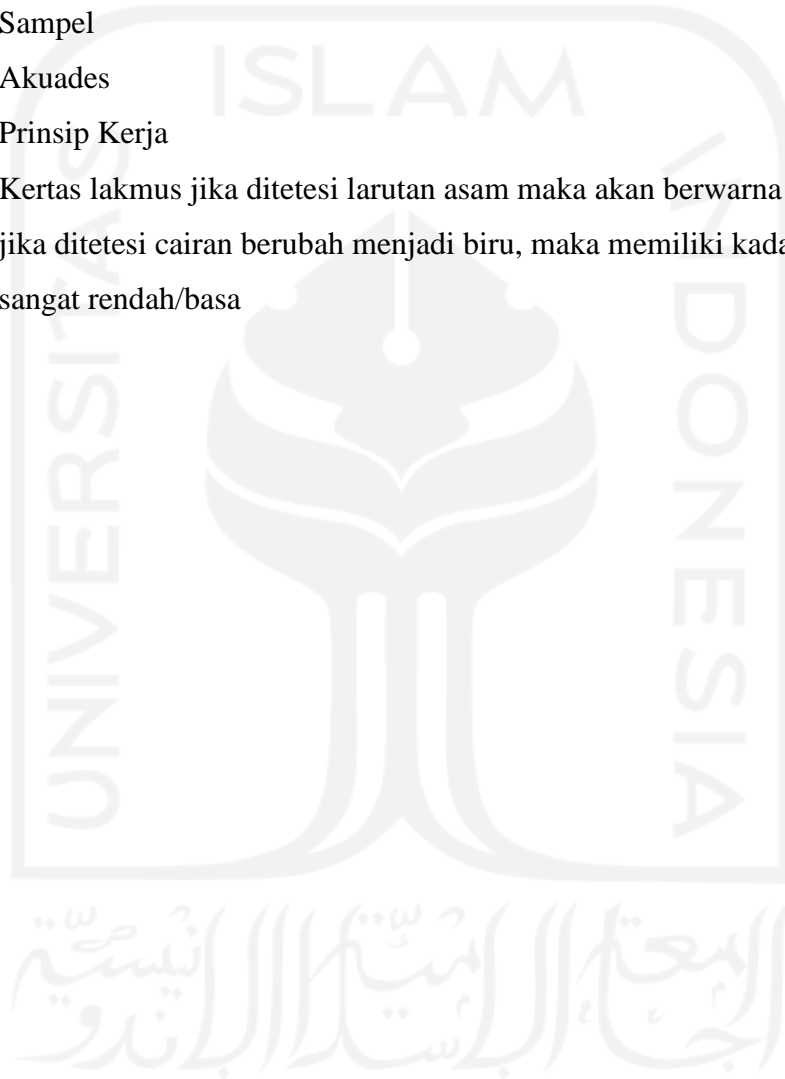
B. Bahan

Sampel

Akuades

C. Prinsip Kerja

Kertas lakmus jika ditetesi larutan asam maka akan berwarna merah dan jika ditetesi cairan berubah menjadi biru, maka memiliki kadar asam yang sangat rendah/basa



Lampiran 4 Alat dan Bahan Uji Kadar Kromium (Cr)

A. Alat

Spektrofotometer Serapan Aton (SSA)	1 buah
Lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp/HCL) krom	1 buah
Gelas piala 100 ml dan 250 ml	1 buah
Pipet Volumetrik 10 ml dan 50 ml	1 buah
Labu ukur 50 ml, 100 ml, 1000 ml	1 buah
Erlenmeyer 100 ml	1 buah
Corong gelas	1 buah
Kaca arloji	1 buah
Pemanas listrik	1 buah
Saringan membrane dengan ukuran pori 0,45 mikron	3 buah
Timbangan analitik	
Labu semprot	

B. Bahan

- Air bebas mineral
- Asam nitrat (HNO₃) pekat

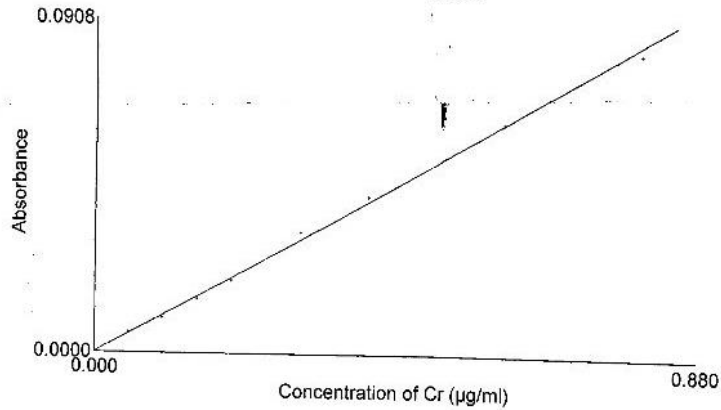
C. Prinsip Uji

Analit logam krom dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kadar Kromium dalam Air Limbah

Results File D:\GBC AAS\Flame AAS\2021\Method\19. Cr.res
Analysis
Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
Element Cr.
Date Fri Mar 11 14:38:28 2022
Full Calibration
Calibration Mode Conc Least Squares Max Error : 0.0209 R² : 0.9976 R : 0.9988
 Conc = Abs / (0.0998 + 0.0741 * Abs)

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.050	-----	0.0054	
Standard 2	0.100	-----	0.0092	
Standard 3	0.150	-----	0.0145	
Standard 4	0.200	-----	0.0196	
Standard 5	0.300	-----	0.0327	
Standard 6	0.400	-----	0.0426	
Standard 7	0.600	-----	0.0629	
Standard 8	0.800	-----	0.0825	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	HIGH	0.0013	0.0012 0.0010 0.0017
Limbah_1	0.304	2.61	0.0310	0.0319 0.0309 0.0303
Limbah_2	0.340	0.15	0.0349	0.0348 0.0348 0.0349

Sox Sox

Lampiran 6 Alat dan Bahan Stabilisasi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$

A. Alat

Jar Test

Timbangan 1 buah

Gelas beaker 3 buah

Penggerus 1 buah

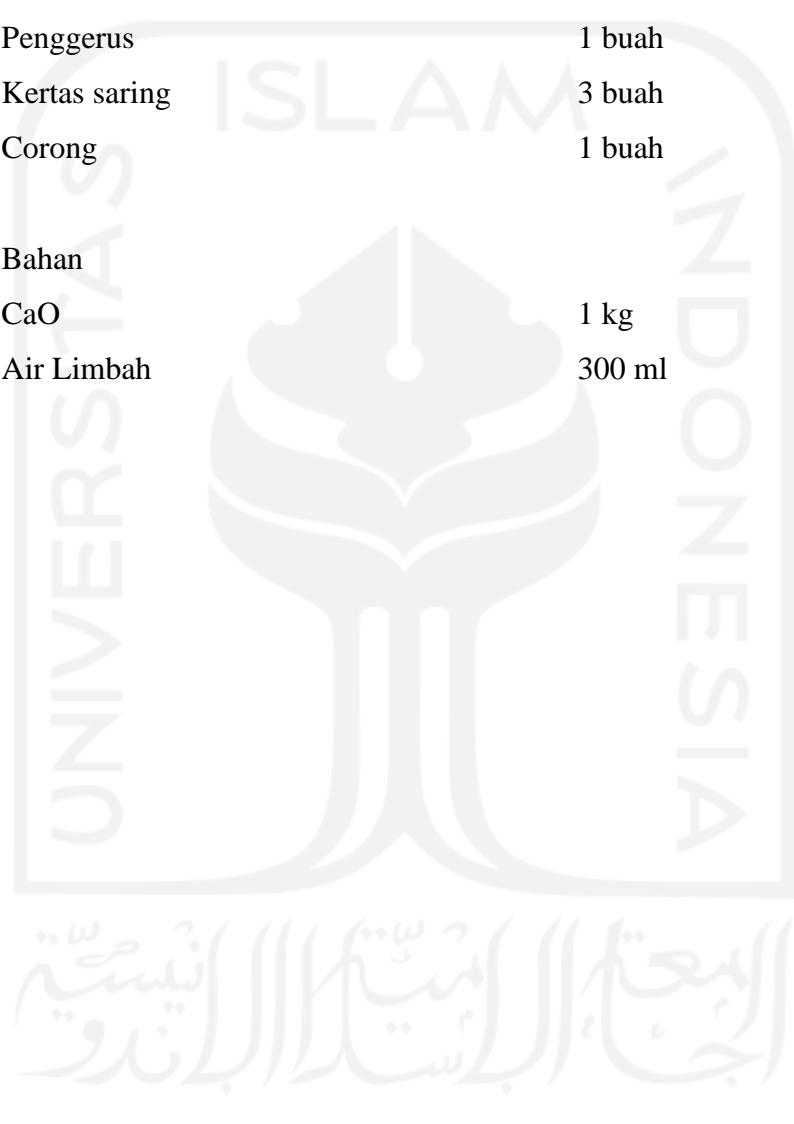
Kertas saring 3 buah

Corong 1 buah

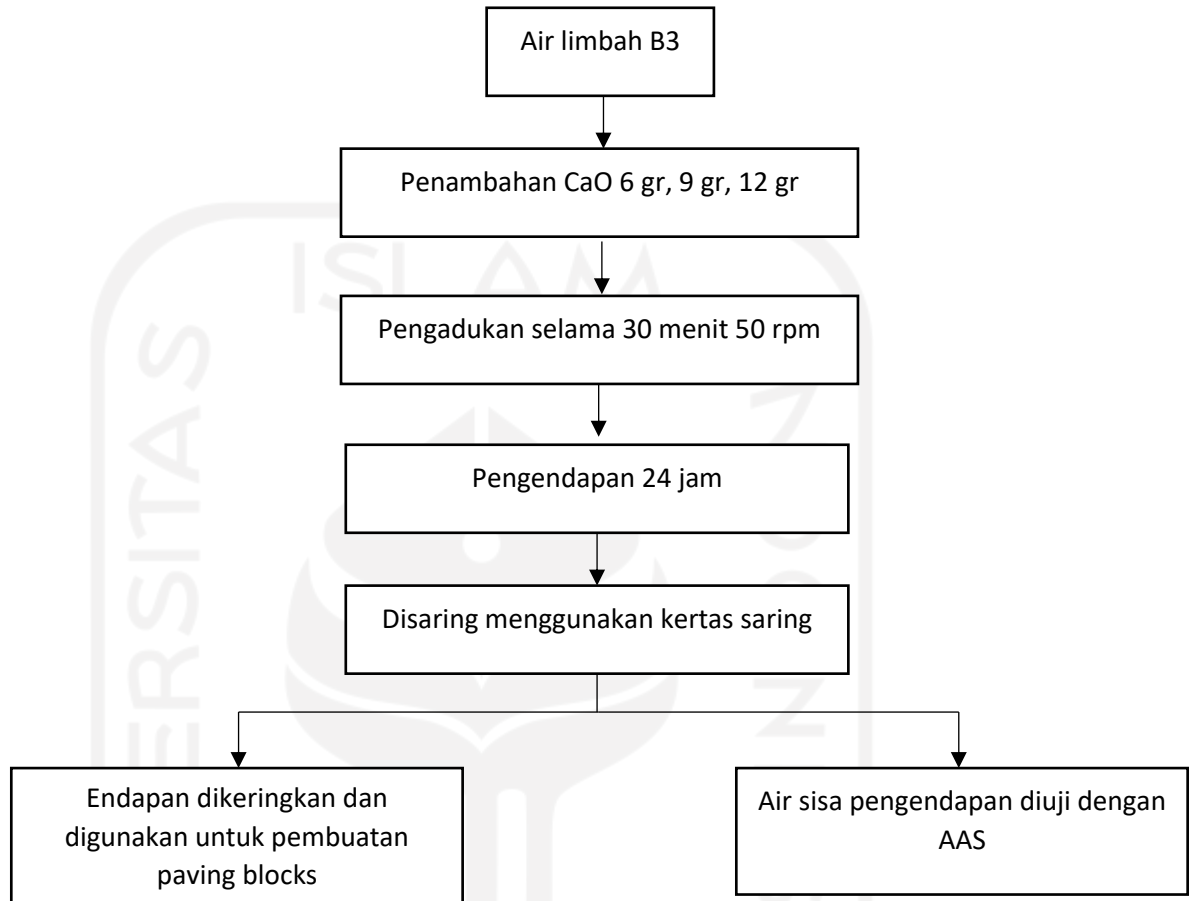
B. Bahan

CaO 1 kg

Air Limbah 300 ml



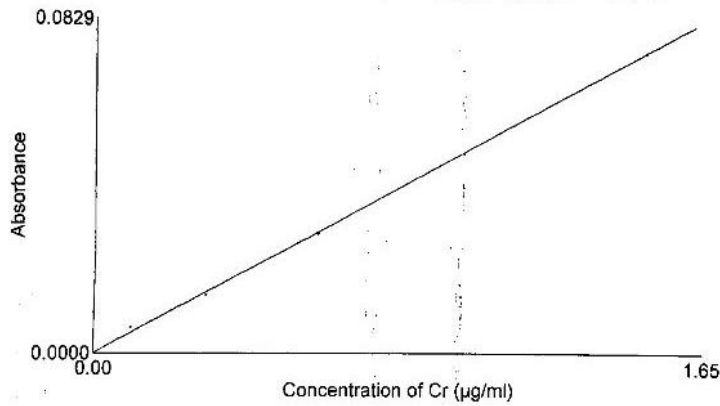
C. Tahapan Uji



Lampiran 7 Hasil Pengujian Kadar Kromium Setelah Stabilisasi

Results File D:\GBC AAS\2022\Whs\Cr_21 Juni 2022.res
 Analysis
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
 Element Cr,
 Date Tue Jun 21 14:11:47 2022
 Full Calibration
 Calibration Mode Linear LS Through Zero Max Error : 0.0246 R² : 0.9994 R : 0.99
 Conc = 19.8985 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Cal Blank	---	HIGH	-0.0030	-0.0023 -0.0036
Standard 2	0.100	HIGH	0.0063	0.0074 0.0051
Standard 3	0.300	8.67	0.0145	0.0136 0.0153
Standard 4	0.600	3.45	0.0298	0.0291 0.0305
Standard 5	1.000	0.49	0.0500	0.0502 0.0498
Standard 6	1.500	1.58	0.0753	0.0762 0.0745

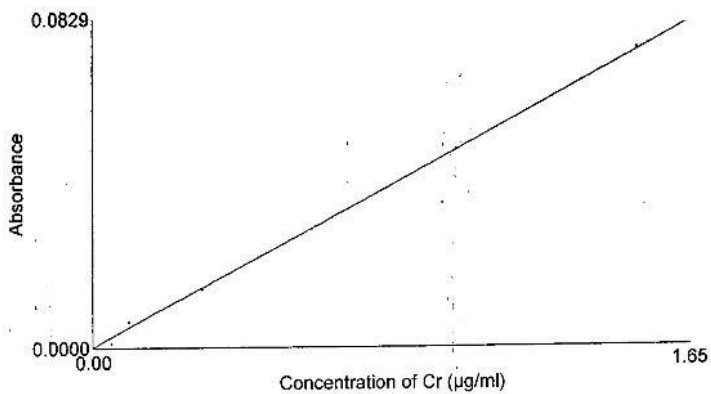


Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sampel 1	0.174	8.34	0.0088	0.0093 0.0082
Sampel 2	0.042	HIGH	0.0021	0.0016 0.0027
Sampel 3	0.610	7.09	0.0307	0.0322 0.0291
Sampel 4	High	0.74	0.4926	0.4901 0.4952

fp > 10x

Analysis
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
 Element Cr,
 Date Tue Jun 21 14:20:33 2022
 Full Calibration
 Calibration Mode Linear LS Through Zero Max Error : 0.0324 R² : 0.9990 R : 0.99
 Conc = 20.0826 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.050	-----	0.0009	
Standard 2	0.100	-----	0.0063	
Standard 3	0.300	-----	0.0145	
Standard 4	0.600	-----	0.0298	
Standard 5	1.000	-----	0.0500	
Standard 6	1.500	-----	0.0753	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	HIGH	0.0020	0.0041 -0.0000
Sample 4	0.423	4.03	0.0211	0.0205 0.0217

fp = 200 x

Full Calibration

Lampiran 8 Alat dan Bahan Pembuatan Paving Blocks Konvensional

A. Alat

Cetakan Paving Block

Mesin pengaduk

Palu

B. Bahan

Semen 1 kg

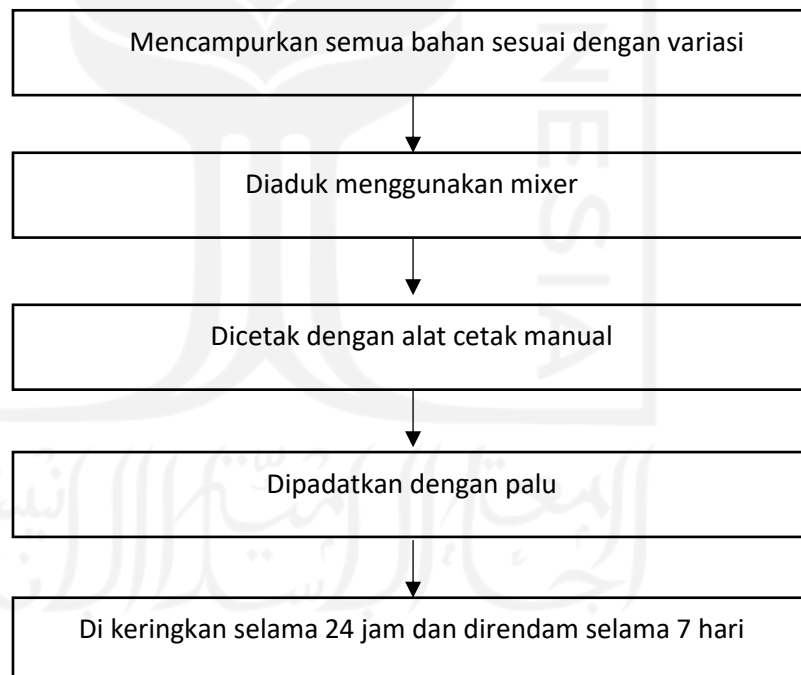
Pasir dan agregat 7 kg

Air 1 L

Endapan limbah 1 Kg

Air limbah B3 yang sudah di stabilkan 1 kg

C. Tahapan Uji



Lampiran 9 Alat dan Bahan Uji TCLP

A. Alat

Gelas ukur 100 ml	1 buah
Gelas beaker 250 ml, 500 ml, 1000 ml	1 buah
Spatula	1 buah
Corong	1 buah
Erlenmeyer 250 ml, 500 ml	1 buah
Aluminium foil	
Kaca arloji	3 buah
SSA	
Pipet ukur 5 ml, 10 ml	1 buah
Kertas Saring	3 buah

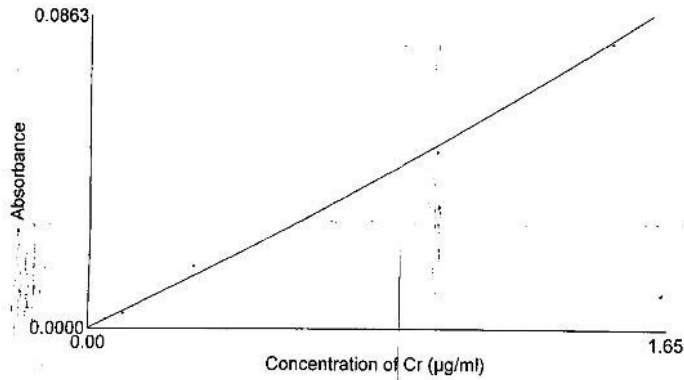
B. Bahan

Paving block	3 variasi
HNO ₃	
NaOH	
Ch ₃ COOH	
Aquades	

Lampiran 10 Hasil Uji AAS TCLP

Results File D:\GBC AAS\2022\Mhs\Cr_29 Juni 2022.res
Analysis
Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
Element Cr.
Date Wed Jun 29 13:55:22 2022
Full Calibration
Calibration Mode Conc Least Squares Max Error : 0.0547 R² : 0.9976 R : 0.9988
 Conc = Abs / (0.0465 + 0.0809 * Abs)

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates	
Cal Blank	-----	HIGH	-0.0008	-0.0009	-0.0006
Standard 1	0.050	1.60	0.0024	0.0023	0.0024
Standard 2	0.100	0.91	0.0040	0.0040	0.0040
Standard 3	0.300	0.25	0.0170	0.0170	0.0169
Standard 5	1.000	1.75	0.0487	0.0481	0.0493
Standard 6	1.500	3.20	0.0785	0.0803	0.0767



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates	
B_1 Lab CaO	1.313	0.39	0.0683	0.0681	0.0685
B_2 Air Rendaman	0.166	9.44	0.0078	0.0084	0.0073
B_3 Ax	0.000	5.45	-0.0010	-0.0011	-0.0010
B_4 Kontrol	0.000	HIGH	-0.0004	-0.0003	-0.0005
B_5	0.000	HIGH	-0.0015	-0.0018	-0.0012
B_5 Air Paving	0.000	HIGH	-0.0008	-0.0004	-0.0012
B_6 Padat	0.000	HIGH	-0.0007	-0.0009	-0.0005

Lampiran 11 Dokumentasi Penelitian



Dokumentasi Pengambilan Sampel Limbah



Dokumentasi Penyaringan Sampel Distruksi



Dokumentasi Pengenceran Sampel



Dokumentasi Pengukuran pH