



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN *SLUDGE* IPAL DARI LOKASI PRODUKSI
GAS BUMI PT. MEDCO E&P LEMATANG SEBAGAI BAHAN
PENGANTI DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK***

SKRIPSI

**SYIFARAHMA AYU
0806338941**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**

76/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN *SLUDGE* IPAL DARI LOKASI PRODUKSI
GAS BUMI PT. MEDCO E&P LEMATANG SEBAGAI BAHAN
PENGANTI DALAM PEMBUATAN *PAVING BLOCK***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**SYIFARAHMA AYU
0806338941**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Syifarahma Ayu

NPM : 0806338941

Tanda Tangan :




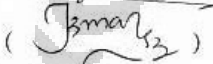
Tanggal : 25 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Syifarahma Ayu
NPM : 0806338941
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Sripsi : Pemanfaatan *Sludge* IPAL dari Lokasi Produksi Gas Bumi PT. Medco E&P Lematang Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan *Paving block*

Telah berhasil diujikan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Cindy R. Priadi S.T, M.Sc ()
Pembimbing 2 : Ir. Elkhobar M. Nazech, M.Eng ()
Penguji : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA ()
Penguji : Ir. Irma Gusnani, M.Sc ()

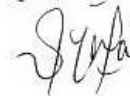
Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 25 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat mendapat gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Lingkungan. Skripsi ini tentunya tidak luput dari bantuan serta dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu saya ingin menghaturkan terima kasih kepada::

1. Dr. Cindy R. Priadi S.T, M.Sc dan Ir. El Khobar M. Nazech M.Eng, selaku pembimbing I dalam penulisan skripsi ini yang telah memberikan bimbingan, saran dan nasihat.
 2. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material
 3. PT. Medco Energi Indonesia
 4. Danurachman Krishana, S.T selaku pembimbing dari PT. Medco Energi
 5. Divisi SHE PT. Medco E&P Lematang dan PT. Asry Timur
 6. Seluruh Staf di Laboratorium Bahan, Laboratorium Lingkungan, Laboratorium Material, Laboratorium BPLHD, Laboratorium Pusat Survei Geologi yang telah membantu dalam pengambilan data skripsi
 7. Arina, Dita, Ica, Thesa, Cia, Dini, Devi, Kicil, Yuli, Ayu, Cipta dan seluruh sahabat seperjuangan Departemen Teknik Sipil 2008 yang telah memberikan bantuan, dukungan semangat dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini
- Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu saran dan masukan demi perbaikan ke depan sangat diperlukan. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi banyak pihak, khususnya bagi perkembangan keilmuan teknik lingkungan.

Depok, 25 Juni 2012



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syifarahma Ayu
NPM : 0806338941
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya saya yang berjudul :

Pemanfaatan *Sludge* IPAL dari Lokasi Produksi Gas Bumi PT. Medco E&P Lematang Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan *Paving Block*

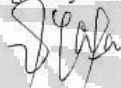
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dari sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan saya ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 25 Juni 2012

Yang Menyatakan



(Syifarahma Ayu)

ABSTRAK

Nama : Syifarahma Ayu
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan *Sludge* IPAL Dari Lokasi Produksi Gas Bumi PT. Medco E&P Lematang Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan *Paving Block*

Penerapan konsep *zero waste* yang diterapkan pada industri dan kebutuhan akan bahan bangunan mendorong studi penggunaan kembali *sludge* dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk bahan bangunan. *Sludge* dari IPAL kegiatan eksplorasi dan produksi migas menurut PP No 85 Tahun 1999, dapat dikategorikan sebagai limbah B3. Maka pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti pada penelitian ini mengacu pada teknik pengolahan limbah B3 dengan stabilisasi/solidifikasi (s/s) yang melibatkan semen sebagai bahan pengikat. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi XRF, XRD, TCLP, kuat tekan dan penyerapan air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada produk s/s yang dibuat dengan komposisi 1 PC : 4 agregat halus dengan penggantian agregat halus sebesar 10%, 25%, dan 50% menggunakan *sludge* IPAL dan perlakuan dengan atau tanpa dikalsinasi memiliki nilai kuat tekan yang semakin menurun, yaitu 87,1 kg/cm² sampai 18 kg/cm² seiring dengan jumlah kandungan *sludge* IPAL dalam produk. Namun, proses kalsinasi juga dapat menaikkan kuat tekan 5 kg/cm² sampai 25 kg/cm² dari produk s/s tersebut. Pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dengan kandungan *sludge* IPAL 25% tanpa dikalsinasi dalam pembuatan batako pejal memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) Batako dengan peruntukannya sebagai pasangan dinding nonstruktural yang terlindung dari cuaca, tidak memberikan resiko baik terhadap kesehatan maupun lingkungan dan berdasarkan *perhitungan cost and benefit analysis*, kegiatan pemanfaatan ini dapat memberikan keuntungan ke perusahaan sebesar 45,5% dibandingkan dengan kondisi jika *sludge* tersebut dibawa ke PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri (PPLI) untuk diolah.

Kata kunci:
Sludge IPAL, Stabilisasi/Solidifikasi, *Paving Block*

ABSTRACT

Name : Syifarahma Ayu
Study Program : Environmental Engineering
Title : WWTP Sludge Utilization of Natural Gas Production Locations
PT. Medco E&P Lematang As Substitute Materials in Paving Block

Application of the zero waste concept in the industry and the need for building materials encourage the study to reuse Waste Water Treatment Plant (WWTP) sludge as building materials. WWTP sludge from oil and gas exploration and production activities can be categorized as hazardous waste according to PP No 85 of 1999. The use of WWTP sludge as a substitute in this study is based on the hazardous waste treatment with stabilization / solidification (s/s) involving cement as a binder. Tests performed on the study include XRF, XRD, TCLP, compressive strength and water absorption.

The s/s product was made with the composition of 1 PC: 4 fine aggregate, with replacement of fine aggregate content from 10%, 25%, to 50% using WWTP sludge with or without calcination treatment. Value of compressive strength decreases from 87,1 kg/cm² to 18 kg/cm² with the increasing content of WWTP sludge in the product that is. On the other hand, the calcination process also increases the compressive strength from 5 kg/cm² to 25 kg/cm² of the s/s products. The utilization of WWTP sludge as a substitute, with the WWTP sludge content of 25% without calcination, in a concrete block-making meets standard national of Indonesia (SNI). This concrete block can be used as a non-structural and weather-protected, has no risk, either to health or the environment and this utilization can provide benefit to the company aof up to 45.5% compared with the condition if the sludge is taken to PT. Prasadha Pamunah Limbah Industri (PPLI) to be processed.

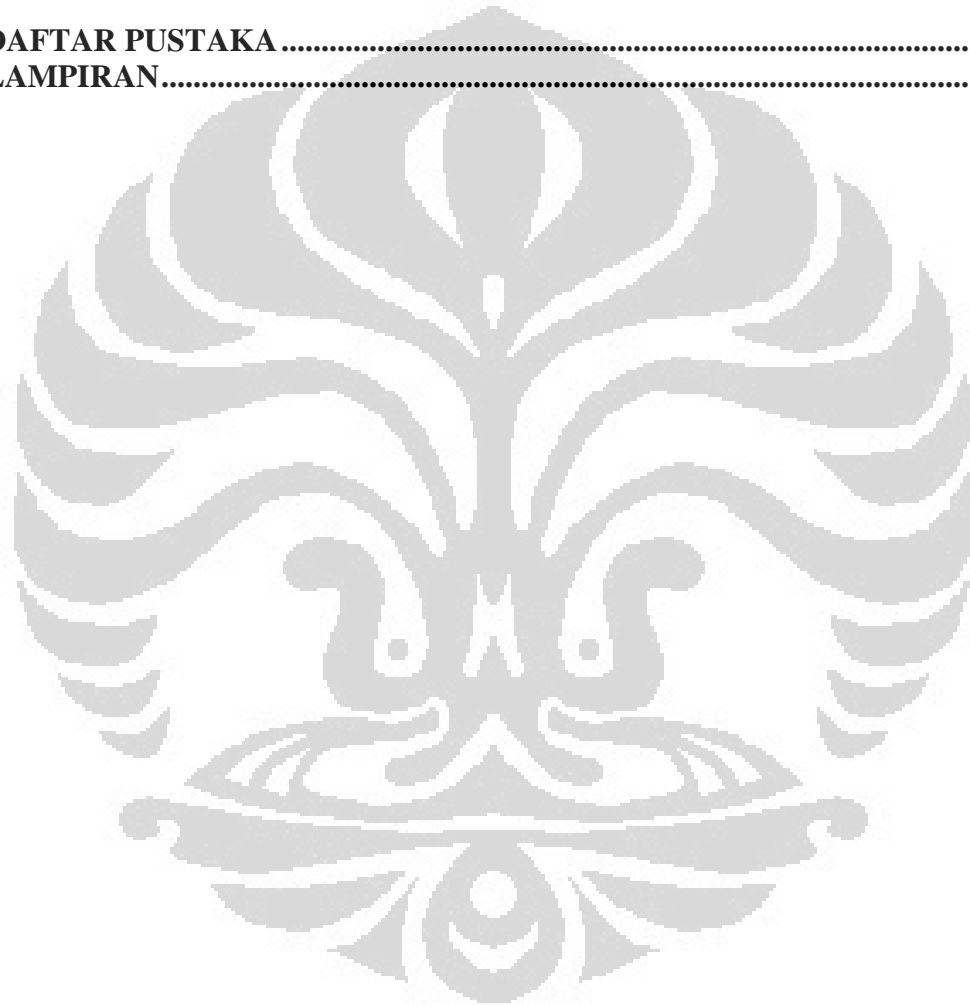
Key words:
WWTP Sludge, Stabilization/Solidification (S/S), Paving Block

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR PERSAMAAN.....	xiv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah	6
2.1.1 <i>Sludge</i> IPAL Industri Migas	6
2.2 Logam Berat.....	9
2.2.1 Timah Hitam (Pb).....	10
2.2.2 Kadmium (Cd).....	11
2.2.3 Tembaga (Cu).....	11
2.2.4 Kromium (Cr).....	12
2.2.5 Seng (Zn)	12
2.2.6 Besi (Fe)	13
2.2.7 Mangan (Mn).....	13
2.2.8 Nikel (Ni).....	13
2.3 Mineral	14
2.4 Pengelolaan Limbah B3	16
2.4.1 Teknologi Pengolahan Limbah B3	18
2.4.1.1 <i>Concentration Thickening</i>	18
2.4.1.2 <i>Treatment, Stabilization, and Conditioning</i>	18
2.4.1.3 <i>De-watering and Drying</i>	18
2.4.1.4 Insenerasi	19
2.4.1.5 <i>Disposal</i>	19

2.4.1.6	Stabilisasi/Solidifikasi (S/S).....	19
2.5	Paving block dan Batako.....	23
2.5.1	Bahan Pembentuk <i>Paving Block</i> dan Batako	26
2.5.1.1	Semen Portland.....	26
2.5.1.2	Agregat Halus	29
2.5.1.3	Air.....	30
2.6	Penelitian Yang Relevan.....	30
3.	METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Material	33
3.3	Peralatan.....	33
3.3.1	Pengambilan sampel.....	33
3.3.2	Uji XRF	33
3.3.3	Uji XRD.....	33
3.3.4	Persiapan dan Pembuatan <i>Paving Block</i>	33
3.3.5	Uji TCLP	34
3.3.6	Uji Kuat Tekan	34
3.3.7	Uji Penyerapan Air	34
3.4	Variabel dan Parameter.....	34
3.5	Proses Pembuatan Sampel.....	35
3.6	Pengujian.....	39
3.6.1	Uji Tekan	39
3.6.2	Uji Penyerapan Air	40
3.6.3	Uji TCLP	40
3.6.4	Uji XRF	42
3.6.5	Uji XRD.....	43
3.7	Lokasi Penelitian.....	43
3.8	Analisa Data	44
3.9	Waktu Penelitian.....	44
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Analisa Pendahuluan.....	46
4.1.1	Pengujian Unsur Kimia <i>Sludge</i> IPAL dengan Metode XRF	49
4.1.2	Pengujian Mineralogi <i>Sludge</i> IPAL dengan Difraksi Sinar-X (XRD)	49
4.1.3	Pengujian TCLP <i>Sludge</i> IPAL.....	54
4.2	Analisa Produk Stabilisasi/Solidifikasi (S/S).....	56
4.2.1	Pengujian Kuat Tekan	56
4.2.2	Pengujian Penyerapan Air	60
4.2.3	Pengujian Unsur Kimia Produk dengan Metode XRF	62
4.2.4	Pengujian Mineralogi Produk dengan Difraksi Sinar-X (XRD)	64
4.2.5	Pengujian TCLP Produk.....	67
4.2.6	Uji <i>Leaching</i> Air Rendaman Produk	69
4.3	Prospek Pengembangan Produk.....	70

4.3.1	Teknis dan Kualitas Produk.....	70
4.3.2	Lingkungan.....	71
4.3.3	Ekonomis.....	72
4.4	Perbandingan Hasil Dengan Penelitian Yang Relevan	75
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
	DAFTAR PUSTAKA	79
	LAMPIRAN.....	82



DAFTAR TABEL

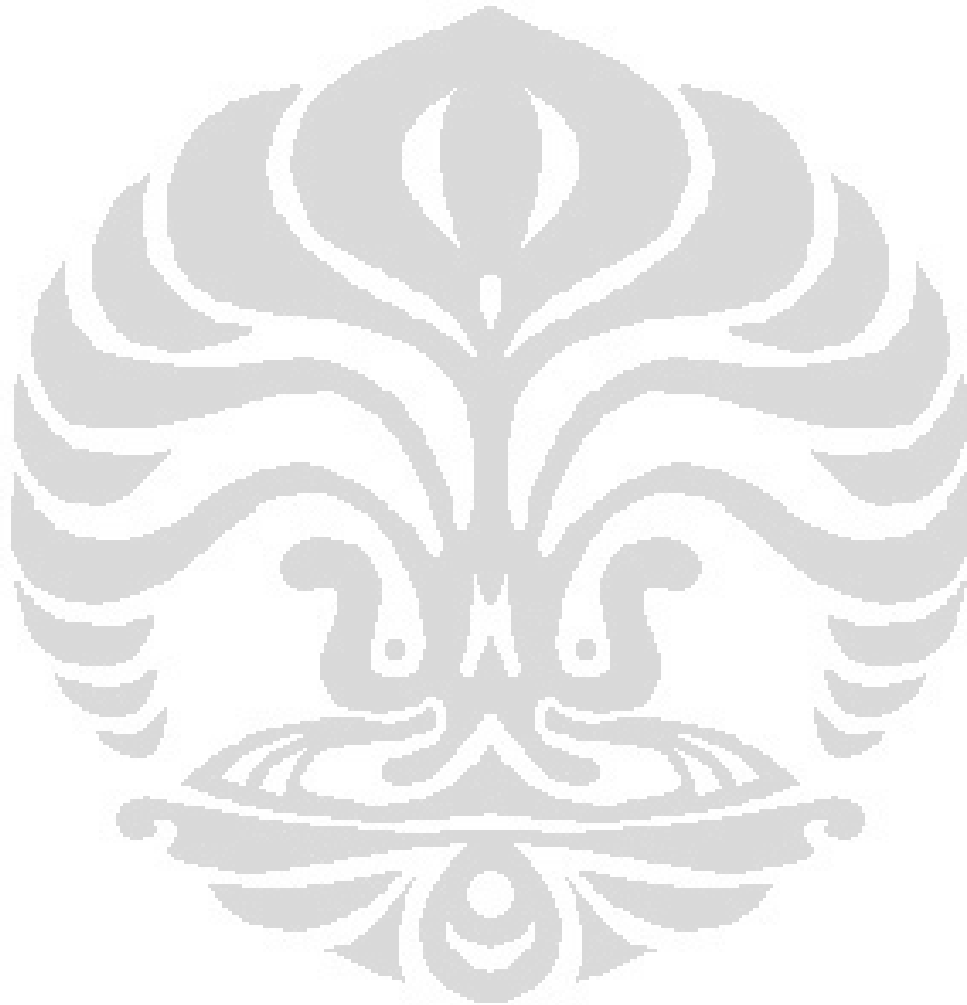
Tabel 2-1 Karakteristik <i>Sludge</i> yang Dihasilkan pada Industri Migas	7
Tabel 2-2 Analisis Logam Berat <i>Sludge</i> Minyak pada Beberapa Industri Migas	8
Tabel 2-3 Karakteristik <i>Quartz</i>	14
Tabel 2-4 Karakteristik <i>Kamacite</i>	15
Tabel 2-5 Karakteristik <i>Perovsite</i>	15
Tabel 2-6 Karakteristik <i>Bentorite</i>	15
Tabel 2-7 Karakteristik <i>Cryptohalite</i>	16
Tabel 2-8 Karakteristik <i>Magnetite</i>	16
Tabel 2-9 Bata Beton (Batako) menurut SNI 03-0348-1989	26
Tabel 2-10 Bahan Beserta Kadar yang Terkandung dalam Semen	28
Tabel 2-11 Jenis, Komposisi, dan Karakteristik Umum pada Semen	28
Tabel 2-12 Daftar Penelitian yang Relevan	31
Tabel 3-1 Parameter Sesuai Baku Mutu TCLP PP No 85 Tahun 1999	35
Tabel 3-2 Kebutuhan Bahan Per Sampel	36
Tabel 3-3 Timeline Jadwal Penelitian	45
Tabel 4-1 Hasil Uji TCLP <i>Sludge</i> IPAL	54
Tabel 4-2 Hasil Uji Kuat Tekan	56
Tabel 4-3 Hasil Uji Tekan dan Persyaratan	60
Tabel 4-4 Hasil Uji Penyerapan Air	60
Tabel 4-5 Hasil Uji Kimia Metode XRF pada Produk <i>Paving block</i>	63
Tabel 4-6 Persentase Logam Berat dalam Produk <i>Paving block</i> dengan Kandungan <i>Sludge</i> IPAL 25% Tanpa Kalsinasi	64
Tabel 4-7 Hasil Uji TCLP <i>Paving block</i> dengan Kandungan <i>Sludge</i> IPAL 25%	67
Tabel 4-8 Perbandingan Hasil Uji <i>Sludge</i> IPAL dengan Produk <i>Paving block</i>	68
Tabel 4-9 Hasil Pemeriksaan Logam Berat pada Air Rendaman Produk	70
Tabel 4-10 Data untuk Menghitung Biaya Pemanfaatan	73
Tabel 4-11 Kebutuhan Bahan Batako per Buah	73
Tabel 4-12 Perhitungan <i>Cost and Benefit Analysis</i>	74
Tabel 4-13 Perbandingan Hasil Penelitian Yang Relevan	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3-2 <i>Compressive Strength Machine</i>	34
Gambar 3-3 Persiapan Bahan Sebelum Dilakukan Pencampuran	37
Gambar 3-4 Pencampuran Bahan.....	37
Gambar 3-5 Pencetakan <i>Paving block</i>	38
Gambar 3-6 Perawatan <i>Paving block</i>	38
Gambar 4-1 Diagram Alir Sistem Penyaluran Air Limbah	46
Gambar 4-2 <i>Flow Scheme Produced Water Plant</i>	47
Gambar 4-3 Hasil Pengujian XRD <i>Sludge IPAL</i> (1)	50
Gambar 4-4 Hasil Pengujian <i>Sludge IPAL</i> (2).....	51
Gambar 4-5 Rekaman Spektrum XRD <i>Sludge IPAL</i> (1).....	52
Gambar 4-6 Rekaman Spektrum XRD <i>Sludge IPAL</i> (2).....	53
Gambar 4-7 Perbandingan Konsentrasi Seng dalam <i>Sludge IPAL</i> dengan Ambang Batas Baku Mutu PP 85 tahun 1999	55
Gambar 4-8 Perbandingan Konsentrasi Timah Hitam (Pb) dalam <i>Sludge IPAL</i> dengan Ambang Batas Baku Mutu PP 85 tahun 1999	55
Gambar 4-9 Perbandingan Hasil Uji Tekan dengan SNI <i>Paving Blok</i>	58
Gambar 4-10 Perbandingan Hasil Kuat Tekan dengan SNI Batako Pejal	59
Gambar 4-11 Perbandingan Hasil Uji Penyerapan Air dengan SNI <i>Paving Blok</i>	61
Gambar 4-12 Perbandingan Hasil Uji Penyerapan Air dengan SNI Batako.....	62
Gambar 4-13 Hasil Uji XRD Produk <i>Paving Block</i> dengan Kandungan <i>Sludge IPAL</i> 25% Tanpa Kalsinasi	65
Gambar 4-14 Rekaman Spektrum Hasil Uji XRD <i>Paving Block</i> dengan Kandungan <i>Sludge IPAL</i> 25% Tanpa Kalsinasi	66
Gambar 4-15 Hasil Uji TCLP Chromium (Cr) pada Produk s/s dengan Kandungan <i>Sludge IPAL</i> 25%	69

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2-1 Perhitungan Kuat Tekan	39
Persamaan 2-2 Perhitungan Penyerapan Air	40



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi utama yang digunakan baik untuk keperluan rumah tangga, industri, maupun transportasi. Hal ini menyebabkan peningkatan kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Dari kegiatan yang dilakukan tersebut selain dihasilkan suatu produk yang mempunyai nilai tambah, juga akan dihasilkan limbah baik limbah padat, cair, maupun gas.

Sludge IPAL dengan kandungan minyak yang tinggi merupakan limbah yang dihasilkan dalam kegiatan industri migas. *Sludge* tersebut selain mengandung lumpur, pasir, dan air juga masih mengandung hidrokarbon fraksi berat yang tidak dapat dikembalikan ke dalam proses. Menurut PP No 85 Tahun 1999, *sludge* dari IPAL kegiatan eksplorasi dan produksi migas termasuk limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan kode limbah D 220. Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/ atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya. Oleh karena itu *sludge* IPAL industri migas mutlak harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan untuk memenuhi kriteria baku mutu lingkungan, baku mutu limbah, dan persyaratan lain yang telah ditetapkan oleh pemerintahan melalui peraturan perundang-undangan terdapat pada PP No 85 Tahun 1999.

Sejak 2009, unit usaha PT Medco E&P yang beroperasi di Blok Lematang, Sumatra Selatan, memiliki Pusat Pengolahan Limbah Terpadu (WTC, *Waste Treatment Center*) yang bertujuan untuk menampung seluruh proses pendauran yang dibutuhkan untuk memproses limbah dari kegiatan operasi di Sumatera, terutama di Blok Lematang.

Limbah yang ditimbulkan dari kegiatan operasi migas E&P dikelola di WTC, yang terdiri dari fasilitas penyimpanan sementara limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dan non-B3, tempat penyimpanan limbah non-B3, fasilitas pengolahan limbah domestik dan pembuatan kompos, sehingga mengurangi limbah di lokasi.

Dari sebagian fasilitas, limbah sudah dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan kompos. Namun seiring dengan peningkatan produksi dari minyak dan gas bumi, maka semakin banyak pula *sludge* yang dihasilkan sehingga dapat menyebabkan menumpuknya timbunan *sludge* tersebut. Untuk mencegah terus meningkatnya tumpukan *sludge*, dirasa perlu untuk mencari alternatif dari pemanfaatan *sludge* IPAL.

Pembangunan dewasa ini semakin meningkat sehingga kebutuhan akan bahan bangunan meningkat pula. Saat ini bahan-bahan bangunan yang terbuat dari semen seperti *paving block* sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas misalnya untuk jalan setapak, *car-park*, trotoar, halaman parkir, dan jalan pada kompleks perumahan. Kebutuhan bahan bangunan yang terus meningkat menyebabkan dibutuhkannya bahan baku lain sebagai alternatif pembuatan *paving block*. Untuk menjawab permasalahan di atas, maka Puslitbang Permukiman, Kementerian Pekerjaan Umum sejak tahun 1972 telah meneliti dan mengembangkan pemanfaatan bahan limbah untuk bahan bangunan dengan tujuan menunjang pengadaan bahan bangunan dan menunjang program pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan komponen bahan bangunan. Selain itu dengan memanfaatkan bahan limbah juga dapat memungkinkan berdirinya usaha kecil yang memproduksi komponen bangunan dan memberikan nilai tambah bagi pengelola limbah, ikut mengatasi problem industri dan terciptanya lapangan kerja baru.

1.2 Perumusan Masalah

Seiring dengan meningkatnya penerapan konsep zero waste di industri dan kebutuhan akan bahan bangunan, studi penggunaan kembali *sludge* dari IPAL untuk bahan bangunan banyak ditemukan di berbagai industri. Khusus untuk industri minyak dan gas bumi, penggunaan *sludge* minyak untuk bahan bangunan juga sudah

diuji coba, seperti di PT Pertamina IV Cilacap dan EPL Pertamina Pangkalan Susu. Selain diduga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan yaitu sebagai bahan pengganti pada pembuatan bata konstruksi *paving block*, pembuatan *sludge* menjadi bahan bangunan juga diduga dapat mengurangi kemampuan mobilitas kandungan logam berat yang terkandung dalam *sludge* tersebut. Untuk itu perlu diketahui penambahan optimal komposisi *sludge* minyak agar dapat menghasilkan *paving block* yang memenuhi standar. Selain itu juga perlu diketahui berapa konsentrasi unsur-unsur logam berat yang terlepas setelah dibuat *paving block* dan perlu ditinjau kembali apakah bahan tersebut lolos uji yaitu memenuhi persyaratan mutu limbah PP No 85 Tahun 1999.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian adalah mempelajari potensi pemanfaatan *sludge* dari IPAL dari lokasi pusat produksi gas bumi PT. Medco E&P Lematang untuk menjadi bahan pengganti dalam pembuatan *paving block*. Tujuan penelitian secara rinci adalah:

- Mengetahui pengaruh proporsi *sludge* IPAL untuk pembuatan *paving block* terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada *paving block* yang dihasilkan
- Mengetahui potensi produksi *paving block* dari *sludge* IPAL untuk mengimobilisasi logam berat yang terlepas pada lingkungan
- Mengetahui kesesuaian unsur-unsur logam berat yang terlepas dari *paving block* (*leachate*) terhadap persyaratan mutu limbah PP No 85 Tahun 1999

1.4 Manfaat Penelitian

Dari studi ini, diharapkan dapat diketahui potensi pemanfaatan *sludge* dari IPAL di lokasi pusat produksi gas bumi PT Medco E&P Lematang untuk menjadi bahan pengganti dalam pembuatan *paving block*, baik dari sudut pandang fisika maupun dari sudut pandang kimiawi. Pemanfaatan *sludge* minyak untuk pembuatan *paving block* juga diharapkan dapat meminimalkan unsur-unsur logam berat yang

akan terlepas ke lingkungan sehingga mengurangi pencemaran lingkungan serta menghasilkan alternatif bahan bangunan.

1.5 Batasan Masalah

Dari rumusan masalah yang ditentukan dan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan keinginan sehingga tidak terjadi penyimpangan, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- *Sludge* yang digunakan pada penelitian ini yaitu dari *sludge* dari IPAL di lokasi pusat produksi gas bumi PT Medco E&P Lematang
- Pada penelitian ini menggunakan parameter uji kuat tekan, penyerapan air, uji XRF, uji XRD, dan uji TCLP untuk pengujian produk yang dihasilkan berupa *paving block*
- Pada penelitian ini parameter logam berat yang digunakan yaitu Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni, Fe, dan Mn

1.6 Sistematika Penulisan

a. BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, maksud dan tujuan, manfaat penulisan, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

b. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan mengenai landasan teori yang berkaitan dengan penelitian ini yang di dapat dari literatur-literatur dan referensi yang menjelaskan teori seputar limbah, logam berat, mineral, pengelolaan limbah B3, *paving block* dan batako.

c. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

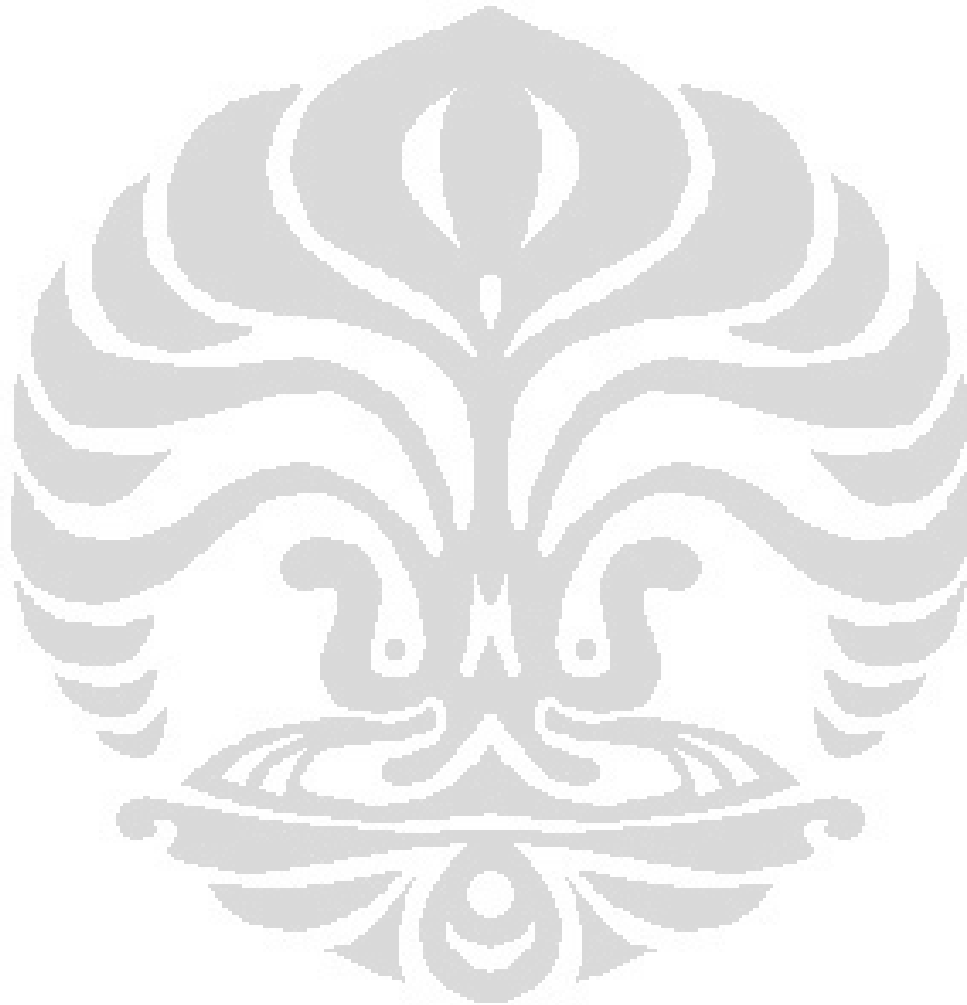
Menjelaskan tahapan atau langkah-langkah dalam melakukan penelitian, peralatan dan bahan yang digunakan yang digunakan, lokasi penelitian, jadwal penelitian serta proses dan prosedur penelitian.

d. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat uraian penjelasan mengenai hasil-hasil percobaan di laboratorium serta analisa dan pembahasan untuk tiap hasil pengujian sampel.

e. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan rangkuman mengenai penjelasan-penjelasan serta analisa yang sudah dipaparkan dalam bab-bab sebelumnya serta saran-saran untuk penelitian lanjutan.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Menurut Pasal 1 UU RI No. 32 Tahun 2009, limbah adalah sisa suatu usaha dan atau kegiatan. Limbah didefinisikan sebagai suatu benda yang mengandung zat yang bersifat membahayakan atau tidak membahayakan kehidupan manusia, hewan, serta lingkungan dan umumnya muncul karena hasil perbuatan manusia, termasuk industrialisasi. Bentuk limbah tersebut dapat berupa gas dan debu, cair atau padat. Di antara berbagai jenis limbah ini ada yang bersifat beracun atau berbahaya dan dikenal sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).

Secara umum limbah dibagi 2 yaitu :

- Limbah ekonomis yaitu limbah yang dapat dijadikan produk sekunder untuk produk yang lain dan atau dapat mengurangi pembelian bahan baku.
- Limbah non ekonomis yaitu limbah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi dan dapat membahayakan serta menimbulkan pencemaran lingkungan.

2.1.1 Sludge IPAL Industri Migas

Industri migas mempunyai nilai strategis dan merupakan tulang punggung pembangunan sehingga industri ini perlu dikelola secara baik dan efisien sehingga diperoleh manfaat semaksimal mungkin namun demikian disamping sisi positif tersebut terdapat pula sisi negatifnya. Sisi negatif dari kegiatan industri migas yaitu menghasilkan limbah berupa *sludge* IPAL yang mengandung minyak dalam konsentrasi tinggi. Pada PP No. 85 Tahun 1999, *sludge* IPAL termasuk dalam daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dengan kode limbah D 220 adalah dari kegiatan eksplorasi dan produksi migas. Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) adalah setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/ atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Sludge IPAL dalam kegiatan industri umumnya berasal dari unit *Grit chamber*, *Primary Settling Tank* dan *Secondary Settling Tank*. Selain mengandung lumpur, pasir, dan air, *sludge* minyak juga masih mengandung hidrokarbon fraksi berat yang tidak dapat dikembalikan ke dalam proses. Kandungan dari hidrokarbon antara lain benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes dan logam berat seperti Pb, Cd dan lain sebagainya. Diantara semua unsur logam berat, Hg menduduki urutan pertama dalam hal sifat racunnya, dibandingkan dengan logam berat lainnya, kemudian diikuti oleh logam berat antara lain Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, Zn. Pada Tabel 2-1 dijabarkan karakteristik *sludge* yang dihasilkan pada industri migas.

Tabel 2-1 Karakteristik *Sludge* yang Dihasilkan pada Industri Migas

Sludge characteristics	Unit	Range	Mean
pH	-	5.21 – 7.40	6.7
Temperature	°C	29.5 – 38.5	36
Conductivity	Scm-1	19 – 35.5	120
<i>Specific gravity</i>	-	1.03 – 1.12	1.05
Turbidity	NTU	740 – 1145	980
DO	mg/l	2.9 – 3.8	3.7
BOD5	mg/l	410 – 580	518
COD	mg/l	1015 – 1440	1345
Total alkalinity	mg/l	90 – 150	130
Hydrogen carbonate alkalinity	mg/l	38.4 – 45.3	42
Ammonia nitrogen	mg/l	1.11 – 1.9	1.5
Nitrate nitrogen	mg/l	0.83 – 2.1	1.8
Chloride	mg/l	127 – 159	134.2
Sulphate	mg/l	12 – 19.6	17.2
Total bacterial count.	/100 ml	(3.1 – 4.1) x 10 ⁹	7.4 x 10 ⁸
Total suspended solids	mg/kg	840 – 1580	1050
Total volatile solids	mg/kg	819 – 1201	937
Total solids	%	1090 – 2439	1987

Tabel 2-1 (Sambungan)

Ash	mg/kg	19.5 – 24.7	23
Total nitrogen	mg/kg	1.44 – 7.9	3.4
Phosphorous	mg/kg	1.1 – 4.9	2.3
Potassium	mg/kg	1.80 – 2.2	2.03
Oil and grease	mg/kg	320 – 670	508
Salinity	mg/kg	35.4 – 102.5	83.6
Total Iron	mg/kg	3.11 – 12.17	10.13
Calcium	mg/kg	50.1 - 80.4	68.1
Magnesium	mg/kg	35.7 - 56.6	47.5
Manganese	mg/kg	Nil	Nil
Copper	mg/kg	0.26 – 0.52	0.36
Cadmium	mg/kg	Nil	Nil
Chromium	mg/kg	0.01 – 1.05	0.46
Lead	mg/kg	0.08 – 1.45	0.92
Zinc	mg/kg	1.04 – 1.61	1.42

Sumber : Asia., Enweani., & Eguavoen. (2006). Characterization and treatment of *sludge* from the petroleum industry. African Journal of Biotechnology Hal.6

Tabel 2-2 Analisis Logam Berat *Sludge* Minyak pada Beberapa Industri Migas

Parameter	UP IV Cilacap (mg/l)	UPPDN Balongan (mg/l)	PT EPL Pertamina Pangkalan Susu (mg/l)
Arsen (As)	17,935	7,084	0,18
Barium (Ba)	-	-	80,73
Boron (B)	-	-	448,64
Cadmium (Cd)	0,079	-	21,76
Chromium (Cr)	1,538	0,035	34,69
Copper (Cu)	7,949	0,656	-
Lead (Pb)	0,281	1,14	407,79
Mercury (Hg)	10,758	0,569	-
Silver (Ag)	0,046	0,032	-
Zinc (Zn)	31,411	38,809	142,97

Sumber : Ginting, Rut Maria. 2009. Tesis dan Suwarno (2002) Tesis

2.2 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen yang mendapat perhatian khusus dalam pengelolaan limbah industri migas karena konsentrasinya yang tinggi sehingga seringkali membuat limbah ini menjadi tergolong menjadi limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Kehadiran logam berat dalam konsentrasi tinggi menjadi perhatian yang serius karena beberapa alasan yaitu:

- Logam berat dapat menghambat dan menguraikan aktifitas biologi dalam pengolahan limbah sekunder yang menghasilkan tingginya konsentrasi efluen organik
- Menghambat proses nitrifikasi
- Logam berat dapat terakumulasi dalam padatan yang ada dalam lumpur dan menyebabkan timbulnya efek yang merugikan bagi lingkungan
- Menghambat proses penguraian lumpur anaerobik

Logam berat adalah komponen alamiah lingkungan yang mendapatkan perhatian berlebih akibat ditambahkan ke dalam tanah dalam jumlah yang semakin meningkat dan bahaya yang mungkin ditimbulkan. Logam berat menunjuk pada logam yang mempunyai berat jenis lebih tinggi dari 5 atau 6 g/cm³. Namun pada kenyataannya dalam pengertian logam berat ini, dimasukkan pula unsur-unsur metaloid yang mempunyai sifat berbahaya seperti logam berat sehingga jumlah seluruhnya mencapai lebih kurang 40 jenis.

Beberapa logam berat yang beracun tersebut adalah As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, dan Zn (Wild, 1995). Logam berat sebenarnya masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan apabila logam ini berkaitan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup, akan timbul pengaruh khusus. Semua logam berat bila masuk secara berlebihan kedalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh makhluk hidup. Kelompok logam berat memiliki ciri-ciri antara lain :

- *Specific gravity* yang sangat besar (> 4)

- Mempunyai nomor atom 22 - 23 dan 40 - 50 serta unsur lantanida dan aktinida
- Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Menurut Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990)

sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu :

- Bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn
- Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co
- Bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe

2.2.1 Timah Hitam (Pb)

Timah hitam (Pb) telah dikenal sejak zaman dahulu karena sangat banyak terdapat pada kerak bumi. Timah hitam berwarna *bluish white* dan merupakan konduktor listrik yang lemah.

Timah hitam termasuk salah satu logam golongan empat yang sangat merugikan bagi kesehatan manusia. Dapat masuk melalui tubuh melalui makanan (65%), air (20%) dan udara (15%). Makanan seperti buah, sayur-sayuran, daging dan seafood kemungkinan mengandung timah hitam. Timah hitam dapat masuk dalam air (minum) melalui pipa yang berkarat. Hal ini sering terjadi pada air *acidic*. Oleh karena itu diperlukan pengukuran pH pada sistem pengolahan air.

Keracunan timah hitam diakibatkan oleh pengisapan bagian kecil dari asap atau debu timah hitam yang kemudian diserap oleh aliran darah diakumulasi pada sumsum tulang belakang. Pelepasan timah hitam dari tulang terjadi sangat lambat sehingga efek penimbunan ini yang menimbulkan keracunan kronis. Dampak negatif (kesehatan) yang disebabkan oleh timah hitam, seperti kekurangan darah merah (anemia), kerusakan ginjal, kerusakan otak, dan menyebabkan terjadi paralysis pada urat saraf. Selain itu, timah hitam juga dapat masuk kejanin melalui plasenta dari ibu sehingga menyebabkan kerusakan yang serius pada sistem otak pada anak yang belum lahir.

2.2.2 Kadmium (Cd)

Kadmium terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit (renik) dan bersifat tidak larut dalam air. Kadmium dan bermacam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan perairan sebagai efek samping dari aktivitas manusia. Kadmium dalam konsentrasi berlebih dapat membawa sifat racun yang merugikan semua organisme hidup, bahkan berbahaya untuk manusia. Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan. Tingkatan biota dalam sistem rantai makanan turut menentukan jumlah Cd yang terakumulasi. Bila jumlah Cd yang terakumulasi melebihi ambang maka biota dari level tertentu dalam rantai makanan akan mengalami kematian bahkan kemusnahan (Palar, 2004).

Menurut Effendi (2003), kadmium bersifat kumulatif dan sangat toksik bagi manusia karena dapat mengakibatkan gangguan fungsi ginjal dan paru-paru, meningkatkan tekanan darah dan kemandulan pada pria dewasa. Kasus keracunan Cd yang terkenal adalah timbulnya penyakit itai-itai di Jepang ditandai dengan rasa sakit pada tulang dan terjadi pengeroposan tulang. Toksisitas Cd dipengaruhi oleh pH dan kesadahan. Selain itu, keberadaan Zn dan Pb dapat meningkatkan toksisitas Cd.

2.2.3 Tembaga (Cu)

Secara umum sumber masuknya logam Cu ke dalam tatanan lingkungan adalah secara alamiah dan non alamiah. Secara alamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat peristiwa alam. Unsur ini dapat bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral, dari debu-debu dan atau partikulat-partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang turun bersama hujan. Secara nonalamiah Cu masuk ke dalam suatu tatanan lingkungan sebagai akibat dari suatu aktifitas manusia. Jalur dari aktifitas manusia ini untuk memasukkan Cu ke dalam lingkungan ada berbagai macam cara. Salah satunya adalah dengan pembuangan oleh industri yang memakai Cu dalam proses produksinya (Magdalena, 2008).

Pada manusia, keracunan Cu secara kronis dapat dilihat dengan dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson ini adalah

terjadinya hepatic cirrhosis, kerusakan pada otak dan demyelinasi, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Pada penyakit Kinsky dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna merah pada penderita (Magdalena, 2008).

2.2.4 Kromium (Cr)

Kromium digunakan dalam pembuatan baja, batu bata dalam tungku, pewarna, pigmen untuk meningkatkan ketahanan logam dan krom, penyamakan kulit, dan kayu. Penjualan produk atau bahan kimia yang mengandung kromium dan bahan bakar fosil menyebabkan terjadinya pembakaran ke udara, tanah, dan air. Efek racun akan timbul, jika menghirup udara pada tempat yang terkontaminasi. Kromium bervalensi 6 sangat beracun, orang dapat mengalami gagal ginjal apabila keracunan Cr+6 melalui penyerapan lewat kulit. Pemaparan pada kulit, mata dan membrane mukosa dapat menyebabkan iritasi yang kuat, dapat juga menyebabkan dermatitis pada kulit. Penghirupan dalam bentuk debu dapat menyebabkan asma, pemaparan dalam jangka panjang juga dapat menyebabkan kanker.

2.2.5 Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, *paving block*, pigmen, karet, dan lain-lain. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Seng menyebabkan warna air menjadi opalescent, dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. (Soemirat, Juli, 2002).

Logam seng biasanya masuk ke sungai akibat limpasan air permukaan tanah yang umumnya disebabkan oleh air hujan. Pemaparan debu Zn melalui paru-paru menyebabkan batuk-batuk, uap Zn menyebabkan rusaknya membran mukosa, kerongkongan kering, badan lemas dan rasa mual. Pada konsentrasi tinggi Zn juga dapat menyebabkan gangguan paru-paru dan pernapasan.

2.2.6 Besi (Fe)

Besi (Fe) termasuk logam transisional yaitu logam yang esensial pada konsentrasi rendah, tetapi dapat menjadi toksik pada konsentrasi tinggi. Jika air minum mengandung besi cenderung dapat menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Selain itu dalam dosis besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering kali disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk. Gangguan fisik yang ditimbulkan oleh adanya besi terlarut dalam air adalah timbulnya warna, bau, rasa. Endapan $\text{Fe}(\text{OH})$ bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng (Palar, 2004).

2.2.7 Mangan (Mn)

Konsentrasi mangan meningkat akibat kegiatan industri melalui pembakaran bahan bakar fosil. Konsentrasi mangan yang tinggi dalam tanah dapat menyebabkan pembengkakan dinding sel, layu dari daun dan bercak-bercak cokelat pada daun. Efek mangan terjadi terutama di saluran pernapasan dan di otak. Gejala keracunan mangan adalah halusinasi, pelupa dan kerusakan saraf. Mangan juga dapat menyebabkan Parkinson, emboli paru-paru dan bronkitis. Ketika orang-orang yang terkena mangan untuk jangka waktu lama mereka menjadi impoten. Suatu sindrom yang disebabkan oleh mangan memiliki gejala seperti skizofrenia, kebodohan, lemah otot, sakit kepala dan insomnia.

2.2.8 Nikel (Ni)

Nikel (Ni) merupakan kelompok logam transisi II dimana pada umumnya digunakan untuk *electroplating*, pabrik baja tahan karat (*stainless steel*), dan batu baterai nikel-kadmium. Seperti logam transisi divalen lainnya, Nikel di alam dalam bentuk ion dan garam terlarut dalam air. Aliran alami, sungai, dan danau mengandung total 0,2-10 $\mu\text{g L}^{-1}$ nikel terlarut. Air yang dekat dengan permukaan

pada daerah pertambangan dan peleburan mengandung nikel sampai 6, 4 mg L⁻¹. (Wright dan Pamela, 2002).

Ni memasuki atmosfer dari pembakaran bahan bakar fosil, proses peleburan dan *alloying* (paduan logam), sampah pembakaran, dan asap tembakau. Ni berada di atmosfer terutama sebagai bentuk larut dalam air, seperti NiSO₄ dan NiO. Nikel telah dianggap secara relatif non-toksik bila dibandingkan dengan logam berat lainnya. Namun, beberapa bukti kecil yang berbeda disebabkan oleh perubahan pandangan pada dekade ini. Sebuah studi yang dilakukan oleh Kszos et al., (1992) menunjukkan bahwa toksisitas nikel pada spesies air tawar cenderung menjadi terselubungi oleh kehadiran logam lainnya didalam air tercemar akibat aktivitas pertambangan, *electroplating*, dan produksi baja tahan karat. Beberapa temuan berhubungan dengan paparan sejumlah kecil patikulat senyawa Ni dengan kerusakan DNA telah menjadi perhatian utama berkaitan dengan karsinogenisitas Ni pada mammalia.

2.3 Mineral

Mineral adalah suatu benda padat homogen yang terdapat di alam terbentuk secara anorganik, mempunyai komposisi kimia pada batas-batas tertentu dan mempunyai atom-atom yang tersusun secara teratur. (L.G. Berry dan B. Mason, 1959).

- *Quartz*

Tabel 2-3 Karakteristik *Quartz*

Rumus Kimia	SiO ₂
Komposisi	46,74 % Si 53,46 % O
Warna	<i>Brown, Colorless, Violet, Gray, Yellow.</i>
Hardness	7
Luster	Putih

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Mineral*. 2002

- *Kamacite*

Tabel 2-4 Karakteristik *Kamacite*

Rumus Kimia	Fe Ni
Komposisi	89,54 % Fe 10,46 % Ni
Warna	<i>Iron black, Steel gray</i>
Hardness	4
Luster	Metallic

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Minerals*. 2002

- *Perovsita*

Tabel 2-5 Karakteristik *Perovsita*

Rumus Kimia	CaTiO ₃			
Komposisi	29,48 %	Ca	41,25 %	CaO
	35,22 %	Ti	58,75 %	TiO ₂
	35,30 %	O		
Warna	<i>Pale yellow</i>			
Hardness	5,5			
Luster	Submetal			

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Minerals*. 2002

- *Bentorite*

Tabel 2-6 Karakteristik *Bentorite*

Rumus Kimia	Ca ₆ (Cr, Al) ₂ (SO ₄) ₃ (OH) ₁₂ • 26H ₂ O			
Komposisi	18,6 %	Ca	26,03 %	CaO
	1,04 %	Al	1,97 %	Al ₂ O ₃
	6,03 %	Cr	8,82 %	Cr ₂ O ₃
	4,99 %	H	44,60 %	H ₂ O
	7,44 %	S	18,58 %	SO
	61,89 %	O		
Warna	<i>Bright violet</i>			
Hardness	2			
Luster	<i>Vitreous (seperti kaca)</i>			

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Minerals*. 2002

- *Cryptohalite*

Tabel 2-7 Karakteristik *Cryptohalite*

Rumus Kimia	$(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6$			
Komposisi	15,58 %	Si	15,77 %	Si
	20,43 %	NH ₄	20,25 %	NH ₄
	63,36 %	F	63,98 %	F
	0,30 %	H ₂ O		
	0,06 %	SO ₄		
	61,89 %	O		
Warna	<i>White to gray</i>			
Hardness	2,5			
Luster	<i>Vitreous (seperti kaca)</i>			

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Minerals*. 2002

- *Magnetite*

Tabel 2-8 Karakteristik *Magnetite*

Rumus Kimia	Fe_3O_4
Warna	<i>Greyish black</i>
Hardness	5,5 – 6,5
Luster	Metallic

Sumber: Pellant, Chris. *Rocks & Minerals*. 2002

2.4 Pengelolaan Limbah B3

Menurut PP 85 Tahun 1999, limbah B3 didefinisikan sebagai setiap limbah yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemarkan dan/ atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Untuk menentukan termasuk tidaknya suatu limbah kedalam limbah B3, suatu limbah dapat diidentifikasi menurut sumber dan/atau uji karakteristik dan/atau uji toksikologi (pasal 6, PP 85/1999). Identifikasi limbah ini nantinya akan memudahkan

bagi pihak penghasil, pengumpul, pengangkut, pemanfaat, pengolah atau penimbun dalam mengenali limbah B3 tersebut sedini mungkin.

Identifikasi suatu limbah apakah termasuk dalam katagori limbah B3 melalui tahapan sebagai berikut :

- Mencocokkan jenis limbah yang dimaksud dengan daftar jenis limbah B3 dalam daftar limbah B3 dari sumber yang tidak spesifik dan dari sumber spesifik (lampiran 1 dan lampiran 2 PP 85/1999), apabila cocok dengan daftar jenis limbah B3 maka limbah tersebut termasuk limbah B3.
- Apabila tidak cocok dengan daftar jenis limbah B3 maka diperiksa apakah limbah tersebut memiliki karakteristik mudah terbakar atau mudah meledak atau beracun atau bersifat reaktif atau menyebabkan infeksi atau bersifat korosif

Pengertian pengelolaan limbah B3 adalah rangkaian kegiatan yang mencakup reduksi, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan dan penimbunan limbah B3 (pasal 1 angka 3, PP 85/1999). Sedangkan tujuan pengelolaan tersebut adalah untuk mencegah dan menanggulangi pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah B3 serta melakukan pemulihan kualitas lingkungan yang sudah tercemar sehingga sesuai dengan fungsinya kembali (pasal 2, PP 85/1999)

Pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) pada prinsipnya merupakan proses untuk mengubah jenis, jumlah dan karakteristik B3 yang terdapat dalam limbah menjadi sesuatu yang tidak berbahaya dan/atau tidak beracun atau proses immobilisasi limbah B3 dan/atau memungkinkan agar limbah B3 tersebut dapat dimanfaatkan kembali (*recycle*). Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan dengan cara fisika dan kimia, insenerasi dan solidifikasi/stabilisasi.

Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur ulang (*recycling*), perolehan kembali (*recovery*), dan penggunaan kembali (*reuse*) merupakan cara yang tepat dalam penanganan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah B3 maka dapat mengurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 dapat ditekan selain itu dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku dengan kata lain

bahan baku disubstitusi dengan limbah. Hal ini pada akhirnya akan dapat mengurangi eksploitasi sumber daya alam.

2.4.1 Teknologi Pengolahan Limbah B3

2.4.1.1 *Concentration Thickening*

Concentration thickening bertujuan untuk mengurangi volume lumpur yang akan diolah dengan cara meningkatkan kandungan padatan. Alat yang umumnya digunakan pada tahapan ini ialah *gravity thickener*. Tahapan ini pada dasarnya merupakan tahapan awal sebelum limbah dikurangi kadar airnya pada tahapan *de-watering* selanjutnya (Wahyu Hidayat, 2008).

2.4.1.2 *Treatment, Stabilization, and Conditioning*

Treatment, stabilization, and conditioning bertujuan untuk menstabilkan senyawa organik dan menghancurkan patogen. Proses stabilisasi dapat dilakukan melalui proses pengkondisian secara kimia, fisika, dan biologi. Pengkondisian secara kimia berlangsung dengan adanya proses pembentukan ikatan bahan-bahan kimia dengan partikel koloid. Pengkondisian secara fisika berlangsung dengan jalan memisahkan bahan-bahan kimia dan koloid dengan cara pencucian dan destruksi. Pengkondisian secara biologi berlangsung dengan adanya proses destruksi dengan bantuan enzim dan reaksi oksidasi. Proses-proses yang terlibat pada tahapan ini ialah *lagooning, anaerobic digestion, aerobic digestion, heat treatment, polyelectrolyte flocculation, chemical conditioning*, dan *elutriation* (Wahyu Hidayat, 2008).

2.4.1.3 *De-watering and Drying*

De-watering dan *drying* bertujuan untuk menghilangkan atau mengurangi kandungan air dan sekaligus mengurangi volume lumpur. Proses yang terlibat pada tahapan ini umumnya ialah pengeringan dan filtrasi. Alat yang biasa digunakan adalah *drying bed, filter bed press, centrifuge, vacuum filter*, dan *belt press* (Wahyu Hidayat, 2008).

2.4.1.4 Insenerasi

Pengolahan secara thermal adalah suatu proses dimana limbah B3 didestruksi pada suhu tinggi ($>1200^{\circ}\text{C}$), biasanya dalam suatu tanur yang dilengkapi scrubber (sistem penangkap gas) sehingga polutan-polutan beracunnya yang telah diuraikan menjadi senyawa lain yang tidak/kurang beracun dapat terperangkap sebelum lepas ke udara. Pada umumnya bahan organik bersifat kurang stabil, kelarutannya besar, inert terhadap binder, mudah/dapat terurai secara biodegradasi, proses fisika maupun kimia dan yang utama sifat dari bahan organik dapat merusak sistem pelapisan dari secure landfill (lapisan HDPE) (Taufik, 2007).

Menurut Keputusan Kepala Bapeda; No. 9 Tahun 1995, proses pengolahan secara insenerasi bertujuan untuk menghancurkan senyawa yang terkandung di dalamnya menjadi senyawa yang tidak mengandung B3.

2.4.1.5 Disposal

Disposal ialah proses pembuangan akhir limbah B3. Beberapa proses yang terjadi sebelum limbah B3 dibuang ialah pirolisis, *wet air oxidation*, dan *composting*. Tempat pembuangan akhir limbah B3 umumnya ialah *sanitary landfill*, *crop land*, atau *injection well* (Wahyu Hidayat, 2008).

2.4.1.6 Stabilisasi/Solidifikasi (S/S)

Menurut Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995 Tentang Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah B3, proses stabilisasi/solidifikasi adalah suatu tahapan proses pengolahan limbah B3 untuk mengurangi potensi racun dan kandungan limbah B3 melalui upaya memperkecil/membatasi daya larut, pergerakan/penyebaran dan daya racunnya (immobilisasi unsur yang bersifat racun) sebelum limbah B3 tersebut dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*).

Proses stabilisasi/solidifikasi pada prinsipnya adalah mengubah sifat fisika dan kimia limbah B3 dengan cara menambahkan bahan mengikat (*cement*) membentuk senyawa monolit dengan struktur yang kompak agar supaya pergerakan

limbah B3 terhambat atau dibatasi, daya larut diperkecil sehingga daya racunnya limbah B3 tersebut berkurang sebelum limbah B3 tersebut ditimbun atau dimanfaatkan kembali.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai pengikat (*cement*) adalah kapur, tanah liat, aspal, semen portland. Tata cara kerja proses stabilisasi/solidifikasi menurut Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995 adalah sebagai berikut :

1. Limbah B3 sebelum dilakukan proses stabilisasi/solidifikasi harus dianalisa karakteristiknya guna menentukan resep stabilisasi /solidifikasi yang akan dilakukan terhadap limbah B3 tersebut.
2. Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya terhadap hasil olahan tersebut harus dilakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leached Procedure*) untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*leached/extrac*) sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 1 keputusan ini. Hasil uji TCLP yang dilakukan kadarnya tidak boleh melebihi ambang batas sebagaimana ditetapkan dalam Tabel 1.
3. Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*compressive strength*) dan harus mempunyai nilai tekanan minimum sebesar 10 ton/m².
4. Limbah B3 olahan yang memenuhi persyaratan kadar TCLP dan nilai uji kuat tekan, selanjutnya harus ditimbun ditempat penimbunan (*landfill*) yang ditetapkan pemerintah atau yang memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Tujuan pengolahan limbah B3 dengan metode stabilisasi/solidifikasi (LaGrega, Michael., Buckingham, Phillip., Evans, Jeffrey., & Management, Environmental Resources, *Hazardous Waste Management*, 2000) antara lain:

- Meningkatkan karakteristik fisik dan penanganan limbah.
- Mengurangi luas permukaan sehingga kontaminan yang lolos menjadi lebih sedikit.
- Membatasi kelarutan.
- Mereduksi toksisitas.

- Mengkonversi limbah beracun menjadi massa yang secara fisik inert.
- Memiliki kekuatan mekanik yang cukup agar aman untuk di buang ke landfill limbah B3.

Potensi hilangnya kontaminan dari massa bahan yang stabil biasanya ditentukan dengan tes *leachate*/lindi. Pelindian adalah proses dimana kontaminan ditransfer dari bahan/zat padat yang stabil ke medium cair seperti air. Bahan yang digunakan dalam proses solidifikasi adalah bahan non-radioaktif untuk mengikat limbah menjadi satu kesatuan (monolit). Bahan tersebut yang akan digunakan disesuaikan dengan :

- Kemampuan unsur pencemar dari limbah yang meliputi : jenis, sifat, dan tingkat dari bahaya bahan pencemar.
- Sifat fisik dan kimia limbah : cairan, lumpur, resin penukar ion, dan zat padat.
- Sifat pengepakan dalam kaitannya dengan sistem pembuangan.
- Bahan aditif yang ditambahkan dalam proses stabilisasi/solidifikasi harus bersifat dapat memperbaiki karakteristik fisik limbah, mengurangi luas permukaan limbah, mengurangi kelarutan polutan yang terdapat dalam limbah, dan mengurangi toksisitas kontaminan.

Komponen-komponen utama yang terdapat dalam proses solidifikasi/stabilisasi antara lain:

- Binder (pengikat): bahan yang akan menyebabkan produk solidifikasi menjadi lebih kuat seperti semen pada adukan beton, kapur, tanah liat/lempung, dan lain-lain.
 - Sorben: bahan yang berfungsi untuk menahan komponen pencemar dalam matrik yang stabil.
 - Bahan pencampur lain, seperti agregat (pasir, kerikil) atau aditif lainnya.
- Beberapa proses dari metode ini pada pengolahan limbah B3, antara lain:
- Proses yang berbasis pada semen (sementasi) yaitu proses pemadatan limbah menggunakan matrik semen sehingga akan menjadi padatan (monolit blok).

- Proses dengan pozzolan yaitu proses pemadatan limbah menggunakan tanah pozzolan (silikat dan aluminat) dimana akan mengeras bila bercampur dengan kapur atau semen dan air.
- Proses termoplastis yaitu proses pemadatan limbah dengan menggunakan binder seperti aspal atau polyetilene yang dipanaskan terlebih dahulu sebelum dicampur dengan limbah.
- Proses polimerisasi organik yaitu pencampuran limbah dengan matriks polimer yang berupa thermoplastik. Temperatur pada proses ini berkisar 60°C . Proses ini tergolong baru, belum digunakan secara luas karena bahan polimer tidak tahan terhadap adiasi tinggi.
- Proses vitrivikasi (glasifikasi) yaitu pemadatan limbah dengan bahan pembentuk gelas yang direaksikan pada suhu tinggi sehingga terbentuk gelas atau *paving block*. Temperatur yang digunakan dalam proses ini adalah 1000°C - 1500°C .

Kendala-kendala dalam proses solidifikasi/stabilisasi terutama disebabkan oleh sifat- sifat limbah yang akan diolah, antara lain:

- Limbah mengandung senyawa yang mudah terbakar/meledak
 - Limbah mengandung volatil yang tinggi
 - Limbah mengandung bahan-bahan dengan biodegradabel yang tinggi
 - Limbah mengandung insektisida, fungisida, dan pestisida
 - Limbah mengandung borat (terlindikan), gula (melepaskan kapur)
 - Limbah mengandung kation atau anion yang mengganggu proses mekanisme
- Proses solidifikasi/stabilisasi berdasarkan mekanismenya dapat dibagi

menjadi 6 golongan, yaitu:

1. *Macroencapsulation*, yaitu proses dimana bahan berbahaya dalam limbah dibungkus dalam matriks struktur yang besar. Suatu mekanisme dimana unsur pokok limbah B3 secara fisika diperangkap dalam matriks padatan yang jauh lebih besar, sehingga limbah B3 berada dalam pori-pori yang tidak terlewatkan pada bahan penstabil.

2. *Microencapsulation*, yaitu proses yang mirip *macroencapsulation* tetapi bahan pencemar terbungkus secara fisik dalam struktur kristal pada tingkat mikroskopik Akibatnya meskipun bahan yang terstabilkan terdegradasi dalam bentuk partikel yang lebih kecil, namun sebagian besar tetap dihambat. Karena limbah tidak berubah secara kimia, tingkat pelepasan kontaminan dari massa terstabilisasi akan meningkat, sejalan dengan penurunan ukuran partikel.
3. *Precipitation*, yaitu proses stabilisasi tertentu akan mengendapkan kontaminan dari limbah yang menghasilkan bentuk konstituen lebih stabil dalam limbah.
4. Adsorpsi, yaitu suatu fenomena dimana kontaminan diikat secara elektronika untuk menstabilkan limbah dalam suatu padatan. Adsorpsi merupakan fenomena permukaan dan ikatannya berupa ikatan van der Waals hydrogen bonding. Kontaminan diikat secara kimia dalam padatan yang stabil lebih aman untuk dikeluarkan ke lingkungan.
5. Absorpsi, yaitu proses solidifikasi bahan pencemar dengan menyerapkannya ke bahan padat. Absorpsi digunakan hanya untuk menyempurnakan perlakuan/pengolahan terhadap limbah. Adsorbent yang umum digunakan adalah : tanah, abu, semen, soda, mineral tanah liat, serbuk gergaji dan jerami
6. *Detoxification*, yaitu proses mengubah suatu senyawa beracun menjadi senyawa lain yang tingkat toksisitasnya lebih rendah atau bahkan hilang sama sekali.

2.5 *Paving block* dan Batako

Paving block merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. *Paving block* dikenal juga sebagai bata beton (*concrete block*) atau *cone block*.

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* (bata beton) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau bahan

perekat hidrolisis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton.

Sebagai bahan penutup dan pengerasan permukaan tanah, *paving block* sangat luas penggunaannya untuk berbagai keperluan, mulai dari keperluan yang sederhana sampai penggunaan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat digunakan untuk pengerasan dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, pengerasan jalan kompleks perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, serta pengerasan areal parkir.

Diantara berbagai macam alternatif penutup permukaan tanah, *paving block* lebih memiliki banyak variasi dari segi bentuk, ukuran, warna, corak, dan tekstur permukaan.

Adapun keuntungan dari pemakaian *paving block* adalah :

- Daya pantul sinar matahari cukup rendah.
- Daya tahan terhadap beban cukup baik
- Tidak mudah pecah atau lepas
- Pemasangan mudah dikerjakan
- Proses pencetakan tidak merusak lingkungan
- Harga produksi maupun pemasangan relatif murah
- Pemeliharaan sangat mudah jika terjadi kerusakan
- Daya serap terhadap air hujan cukup baik

Kebanyakan *paving block* dikerjakan secara manual, pencampuran pasir dengan saja untuk bagian utama dilakukan dalam dua tahap, pertama untuk bagian utama dilakukan pencampuran dalam keadaan kering dan setelah campuran ditambah dengan air adukan homogen dengan kondisi campuran tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering, adukan telah tercampur dimasukkan kedalam cetakan dengan 1,25 volume cetakan selanjutnya pengepresan menggunakan plat besi sampai tekanan 100 – 125 kg/cm².

Menurut SNI 03-0691-1996 klasifikasi *paving block* dibedakan menurut kelas penggunaannya. Mutu A digunakan untuk jalan dengan kuat tekan 35 Mpa – 40 Mpa, mutu B digunakan untuk pelataran parkir 17 Mpa – 20 Mpa, mutu C digunakan untuk

pejalan kaki 12,5 Mpa – 15 Mpa, dan mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain dengan kuat tekan 8,5 Mpa – 10 Mpa (Rut Maria Ginting, 2008).

Paving block yang dikerjakan dengan mesin dan otomatis (*programmed*) hasilnya tentu lebih baik dan lebih kuat dibanding secara manual karena adanya getaran dan pemadatan serta kontinuitas produksi yang terpercaya (Habibi Aswin, 2004).

Biasanya *paving block* yang diproduksi secara manual termasuk dalam mutu beton kelas D atau C yaitu untuk tujuan pemakaian non struktural, seperti untuk taman dan penggunaan lain yang tidak diperlukan menahan beban berat.

Kuat tekan *paving block* pada umumnya dipengaruhi oleh sifat-sifat dari bahan pembentuknya, perbandingan bahan – bahannya, cara pengadukan dan penuaan, serta cara pemadatan

Paving block untuk lantai dapat berwarna seperti warna aslinya atau diberi zat pewarna pada komposisinya atau di *cooting* (di kapsul) bagian luarnya. Selain memperindah hal tersebut juga dapat mengurangi daya serap air dan dapat digunakan dalam ruangan maupun luar ruangan.

Menurut SNI 03-0349-1989, *conblock* (*concrete block*) atau batu cetak beton atau yang lebih dikenal sebagai batako adalah komponen bangunan yang dibuat dari campuran semen Portland atau pozolan, pasir, air dan atau tanpa bahan tambahan lainnya (*additive*), dicetak sedemikian rupa hingga memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai bahan untuk pasangan dinding.

Secara umum *paving block* dan bata beton (batako) memiliki kesamaan terhadap material pembentuknya, namun yang membedakannya terdapat pada proporsi bahan yang digunakannya terkait dengan peruntukan kedua produk tersebut. *Paving block* biasa digunakan sebagai perkerasan penutup tanah sedangkan batako biasanya digunakan sebagai pasangan dinding. Jika dikaitkan dengan mutu, batako memiliki mutu yang lebih rendah daripada *paving block*. Pada Tabel 2-9 terdapat penjabaran klasifikasi batako menurut SNI 03-0348-1989.

Tabel 2-9. Bata Beton (Batako) menurut SNI 03-0348-1989

No	Syarat Fisik	Satuan	Mutu Bata Pejal			
			I	II	III	IV
1	Kuat tekan rata - rata minimum	kg/cm ²	100	79	40	25
2	Penyerapan air rata - rata maksimum	%	25	35		

Sumber : SNI 03-0348-1989

Sesuai dengan pemakaiannya batako diklasifikasikan dalam beberapa kelompok sebagai berikut:

- Batako dengan mutu I, yaitu batako untuk konstruksi yang memikul beban dan dapat digunakan pula untuk konstruksi yang tidak terlindung.
- Batako dengan mutu II, yaitu batako yang digunakan untuk konstruksi yang memikul beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (untuk konstruksi di bawah atap).
- Batako dengan mutu III, yaitu batako yang digunakan untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi dan terlindung dari cuaca hanya permukaan dinding/ konstruksi dari batako tersebut boleh tidak diplester.
- Batako dengan mutu IV, adalah batako yang digunakan hanya untuk konstruksi yang tidak memikul beban, dinding penyekat serta konstruksi lainnya yang selalu terlindung dari cuaca luar.

2.5.1 Bahan Pembentuk *Paving Block* dan Batako

Bahan pembentuk *paving block* dan batako pada umumnya terdiri dari semen portland, agregat halus, dan air.

2.5.1.1 Semen Portland

Fungsi utama dari semen adalah merekatkan partikel agregat yang terpisah sehingga menjadi satu kesatuan. Semen merupakan salah satu pembentuk *paving block* dan batako. Jenis semen yang digunakan dalam pembuatan *paving block* dan batako adalah Portland, pengaruh pada kekuatan *paving block* dan batako untuk suatu

perbandingan bahan-bahan ditentukan oleh kehalusan butiran-butiran dan komposisi kimianya melalui hidrasi untuk mengikat dan menyatukan agregat menjadi padat. Semua jenis semen Portland mempunyai komponen kimia yang sama yang menentukan sifat-sifatnya adalah relatif dengan komponen kimia tersebut. Komponen-komponen utama dari semen adalah, Trikalsium aluminat (C_3A), Trikalsium Silikat (C_3S), Dikalsium (C_2S) dan Tetrakalsium Aluminaferrit (C_4AF) (Torben.C. Teknologi Bahan Beton).

Nilai C_3A , C_3S , C_2S , C_4AF dapat ditentukan dari persentase gabungan senyawa yang terbentuk dari oksida penyusun semen dengan rumus masing – masing sebagai berikut :

- $C_3A = 2,65 (Al_2O_3) - 1,69 (Fe_2O_3)$

Trikalsium Aluminat berpengaruh pada nilai panas hidrasi tinggi pada saat pengerasan. Dan akan menyebabkan retak pada produk jika terkena sulfat

- $C_3S = 4,07 (CaO) - 7,60 (SiO_2) - 6,72 (Al_2O_3) - 1,43 (Fe_2O_3) - 2,85 (SO_2)$

Trikalsium silikat mempengaruhi kekuatan tekan awal dan panas hidrasi, semakin tinggi maka semakin tinggi juga kekuatan tekan awal dan hidrasinya.

- $C_2S = 2,87 (SiO_2) - 0,75 (3CaO. SiO_2)$

Dikalsium Silikat memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap panas akibat lingkungan

- $C_4AF = 3,04 (Fe_2O_3)$

Memiliki pengaruh yang kecil terhadap kekuatan produk.

Tabel 2-10 Bahan Beserta Kadar yang Terkandung dalam Semen

Bahan	Kadar (%)
CaO	60 - 67
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₂	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0.5 - 6.0
MgO	0.1 - 4.0
Alkalis	0.2 - 1.3
SO ₃	1 - 3

Sumber : A M Neville, Properties of Concrete

Tabel 2-11 Jenis, Komposisi, dan Karakteristik Umum pada Semen

Jenis Semen	Komposisi							Karakteristik Umum
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Normal Tipe 1	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Semen untuk semua tujuan umum
Modifikasi Tipe II	46	29	6	12	2.8	0.6	3	Digunakan untuk struktur besar
Kekuatan awal tinggi, Tipe III	56	15	12	8	3.9	1.3	2.6	Kekuatan tinggi dicapai pada umur 3 hari
Pemanasan rendah, Tipe IV	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Dipakai pada bendungan beton (volume cukup besar)
Tahan Sulfat, Tipe V	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspos terhadap sulfat

Sumber : A M Neville, Properties of Concrete

Kekuatan semen merupakan hasil dari proses hidrasi. Proses kimiawi berupa ekstrilisasi dalam bentuk *interlocking-crystal* sehingga membentuk gel semen yang akan mempunyai kekuatan tekan tinggi apabila mengeras. Ukuran partikel semen mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelajuan reaksi antara semen dengan air. Untuk berat tertentu semen halus, luas permukaan partikel lebih besar daripada semen

yang kasar. Ini menyebabkan kecepatan reaksi antara reaksi semen dengan air yang lebih tinggi, yang artinya proses pengerasan akan lebih cepat untuk luas permukaan yang lebih besar. Oleh karena itu, semen yang berkekuatan lebih tinggi (jenis III) mencapai kekuatannya dalam waktu 3 hari yaitu merupakan kekuatan yang dicapai oleh semen jenis satu dalam waktu 7 hari. Juga merupakan kekuatan yang dicapai dalam 7 hari oleh semen jenis III sama dengan kekuatan yang dicapai dalam 28 hari oleh semen jenis I. (George Earl Troxell, 1996)

2.5.1.2 Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari butiran sebesar 0,14 mm – 5 mm dan umumnya didapat dari batuan alam (*natural sand*) atau dapat juga dengan memecahnya (*artificial sand*), tergantung dari kondisi pembentuk tempat terjadinya. Agregat halus biasa disebut juga sebagai pasir dapat dibedakan atas, pasir galian, pasir sungai, dan pasir laut.

Agregat halus merupakan efek yang penting dari ketahanan dari *paving block* maupun batako, agregat halus yang digunakan untuk pembuatan produk tersebut biasanya adalah pasir sungai dengan butirnya sangat halus. Butiran pasir yang halus ditambah semen maka mengisi rongga butiran yang halus mendapat hasil yang baik, tetapi jika butiran pasir kasar maka hasilnya akan kurang memuaskan karena rongga antara butiran cukup besar sehingga tegangan tidak dapat menyebar secara merata.

Kandungan air dengan agregat halus juga sangat tergantung pembuatan *paving block* dan batako jika dengan kandungan air yang semula menempati rongga menguap secara bersamaan dengan terjadinya reaksi hidrasi sehingga terbentuk rongga yang dapat memproses suatu konstruksi. Selain itu, agregat halus juga berpengaruh terhadap sifat tahan susut dan keretakan pada produk bahan bangunan campuran semen. (Van Vlack, L.H, 1984).

Faktor kandungan air dalam agregat halus juga memegang peranan penting. Pasir dengan kandungan air yang banyak dapat menambah *water/cement ratio* yang berakibat pada penurunan kekuatan. Hal ini dikarenakan air yang semula menempati

rongga menguap bersamaan dengan terjadinyahidrasi sehingga terbentuk rongga yang dapat meningkatkan porositas *paving block* maupun batako.

2.5.1.3 Air

Air yang digunakan pada campuran *paving block* mempunyai fungsi untuk meningkatkan kelacakan dalam pembuatan *paving block* dan berperan penting dalam reaksi kimia yang disebut juga reaksi hidrasi. Jumlah air dalam pembuatan *paving block* harus cukup supaya terjadi rekatan yang benar-benar kuat antara partikel di dalam campuran, tetapi tidak boleh berlebih karena akan menimbulkan rongga-rongga dalam sampel dan kekuatannya akan menurun.

2.6 Penelitian Yang Relevan

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan sudah beberapa kali dilakukan namun terdapat perbedaan antara penelitian satu dengan yang lainnya yaitu limbah yang digunakan maupun pengujian yang dilakukan. Pada Tabel 2-12 akan dideskripsikan penelitian yang relevan

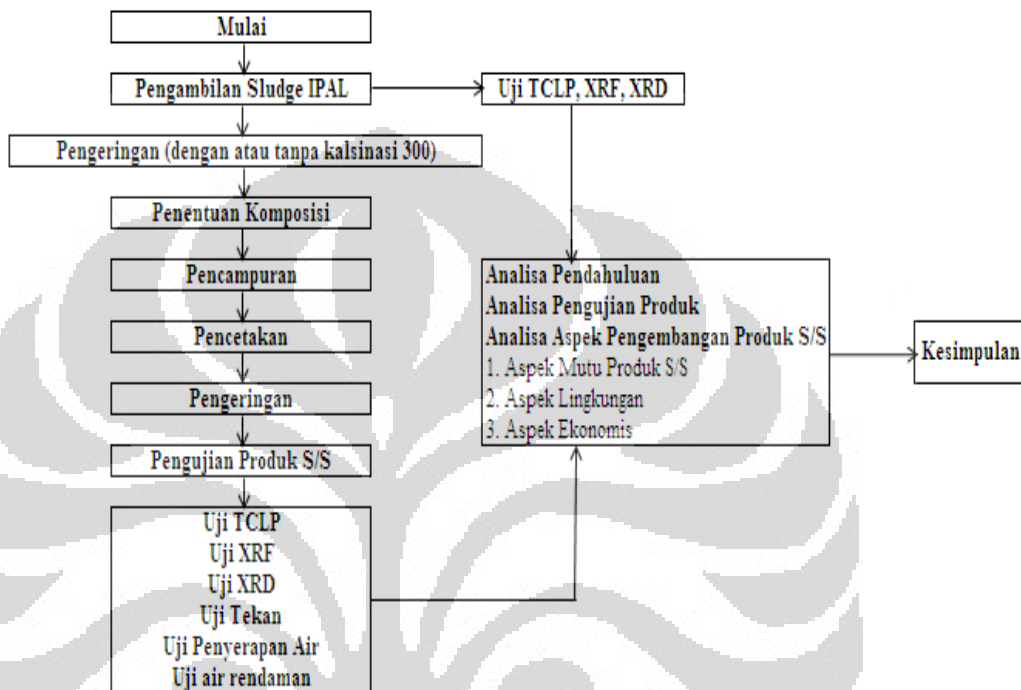
Tabel 2-12 Daftar Penelitian Yang Relevan

Penulis	Judul	Jenis	Deskripsi
Rut Maria Ginting (2009)	Pemanfaatan Limbah (<i>Oil Sludge</i>) Sebagai Bahan Utama Dalam Pembuatan Bata Konstruksi <i>Paving block</i>	Tesis	Pengukuran densitas, porositas, uji kuat patah, uji penyerapan air, uji kuat tekan, uji kuat impak, uji kekerasan
Henggar Hardiani (2009)	Pemanfaatan Limbah <i>Sludge</i> Industri Kertas Sigaret Untuk Bahan Baku Bata Beton	Jurnal	Pengujian potensi karakteristik agregat berupa kadar air, kadar lumpur, penyerapan air, berat jenis, berat isi, pengujian kuat tekan, dan pengujian TCLP
Misbachul Munir (2008)	Pemanfaatan Abu Batu Bara (<i>Fly Ash</i>) Untuk <i>Hollow</i> yang Bermutu dan Aman bagi Lingkungan	Tesis	Pengujian kuat tekan, pengujian TCLP, dan perhitungan harga pembuatan produk
Magdalena Silitonga (2008)	Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT. Pertamina UP IV Cilacap Jawa Tengah Sebagai Bata Tahan Api (Teknik Solidifikasi)	Skripsi	Pengujian potensi karakteristik agregat berupa berat jenis dan berat isi, pengujian kuat tekan, Uji TCLP, uji pH, aspek mutu, lingkungan, dan perhitungan biaya pembuatan produk
Heni Dwi Kurniasih (2008)	Solidifikasi Limbah Alumina dan Sand Blasting PT. Pertamina UP IV Cilacap Sebagai Campuran Bahan Pembuat Keramik	Skripsi	Pengujian TCLP, pH, keausan keramik, mengkaji mutu produk, aspek lingkungan, dan perhitungan biaya pembuatan sampel perbuah
Rendy Koestiawan (2007)	Penelitian Beton Berpori (<i>Porous Concrete</i>) dengan Pemanfaatan Limbah Finishing Industri Manufaktur Sebagai Bahan Agregat Halus	Skripsi	Uji XRF, pengujian permeabilitas, pengujian kuat tekan pengujian porositas, pengujian kuat tekan, dan pengujian kuat lentur, pengujian leachate
Suwarno (2002)	Pemanfaatan Padatan <i>Sludge</i> Minyak Sebagai Bahan Pencampur Pembuatan Bata Merah	Tesis	Pengujian XRF, pengujian kuat tekan dihubungkan dengan suhu pembakaran, dan uji TCLP

Sumber : Pengolahan Penulis

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3-1 Diagram Alir Penelitian

Sumber : Pengolahan Penulis

Penelitian akan dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu studi literatur, pengambilan sampel *sludge* IPAL, pelaksanaan praktikum di laboratorium, pengambilan data praktikum, dan analisa data hasil praktikum. Studi literatur yang dilakukan meliputi pencarian teori seputar limbah, logam berat, unsur dan senyawa, penanganan limbah B3, *paving block* serta batako. Pengambilan sampel *sludge* IPAL langsung dilakukan pada WTC Lematang. Penelitian di laboratorium meliputi pengujian sampel yaitu *sludge* IPAL terhadap kandungan unsur dan senyawa maupun *leachate*. Selanjutnya akan dilakukan pembuatan produk s/s dengan menggunakan *sludge* IPAL sebagai bahan substitusi agregat halus. Setelah itu, produk s/s yang dihasilkan akan diuji kualitasnya dengan pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan kandungan *leachate* nya. Pemeriksaan logam berat juga dilakukan pada air rendaman

produk s/s yang direndam selama 30 hari dengan air yang dibuat menyerupai pH air hujan di Lematang. Setelah itu seluruh data di analisa sehingga dapat diketahui prospek pengembangan produk tersebut dari aspek mutu dan kualitas, lingkungan maupun ekonomi.

3.2 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- *Sludge* IPAL Medco dalam kondisi kering oven yang dihancurkan dan lolos saringan nomer 10
- Semen Portland tipe 1
- Agregat halus
- Air

3.3 Peralatan

3.3.1 Pengambilan sampel

- Sekop
- Sarung Tangan
- Masker
- Wadah berbahan HDPE kapasitas 50 kg

3.3.2 Uji XRF

- Alat XRF

3.3.3 Uji XRD

- Alat XRD

3.3.4 Persiapan dan Pembuatan *Paving block*

- Oven / *Furnace*
- Bekisting balok 20 cm x 10 cm x 6 cm
- Wadah

- Pematik
- Ayakan
- Alat pengaduk
- Timbangan

3.3.5 Uji TCLP

- Alat Rotary Agitator

3.3.6 Uji Kuat Tekan

- Forney Testing Machine by Forney Incorporated Model QC 200 DR dengan kapasitas maksimum 180 ton



Gambar 3-2. *Compressive Strength Machine*

Sumber: Dokumentasi Penulis

3.3.7 Uji Penyerapan Air

- Tabung ukur 1000 ml
- Oven
- Timbangan

3.4 Variabel dan Parameter

Yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah penambahan jumlah *sludge* IPAL yang digunakan dalam komposisi bahan campuran pada produk s/s dan perlakuan dilakukan atau tidaknya kalsinasi 300°C. Penambahan *sludge* IPAL pada

campuran bertujuan untuk menggantikan kebutuhan dari agregat halus. Perbandingan antara semen dan agregat halus yaitu 1 : 4, dengan kandungan *sludge* IPAL pada agregat tersebut :

- No. Sampel 1, dengan kandungan *sludge* IPAL 0% (kontrol)
- No. Sampel 2, dengan kandungan *sludge* IPAL 10%
- No. Sampel 3, dengan kandungan *sludge* IPAL 25%
- No. Sampel 4, dengan kandungan *sludge* IPAL 50%

Selanjutnya air ditambahkan secukupnya pada campuran tersebut. Jumlah sampel yang dibuat pada penelitian ini yaitu masing-masing 5 buah.

Parameter pada penelitian ini adalah kuat tekan, penyerapan air, dan beberapa parameter kimia anorganik yang terdapat pada baku mutu TCLP PP No 85 Tahun 1999 yang tertera pada Tabel 3-1 dan TCLP EPA untuk logam berat lainnya yaitu Fe, Mn, dan Ni.

Tabel 3-1 Parameter Sesuai Baku Mutu TCLP PP No 85 Tahun 1999

Kode Limbah	Parameter	Konsentrasi Dalam Ekstraksi Limbah (mg/l)
D4006	Cadmium (Cd)	1,0
D4011	Chromium (Cr)	5,0
D4012	Copper (Cu)	10,0
D4029	Lead (Pb)	5,0
D4053	Zinc (Zn)	50,0

Sumber : Lampiran PP No 85 Tahun 1999

3.5 Proses Pembuatan Sampel

Proses pembuatan benda sampel melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Pengambilan sampel

Pengambilan sampel yaitu berupa *sludge* dilakukan di IPAL PT. Medco E&P Lematang, Sumatera Selatan

- Kalsinasi

Sludge IPAL pada awalnya mengandung minyak maka harus terlebih dahulu dihaluskan/ digiling kemudian dikalsinasi 300⁰C dengan menggunakan furnace

- Pengayakan

Ayakan digunakan untuk menyaring *sludge* dan pasir. Ayakan digunakan adalah saringan 100.

- Pencampuran

Pencampuran sampel dilakukan sesuai komposisi yang ditetapkan sebelumnya. Sampel pertama dibuat dengan perbandingan 1 : 4 : 0 (kandungan *sludge* IPAL 0%). Pada setiap perlakuan, baik *sludge* IPAL yang dikalsinasi maupun tidak, dibuat 2 kombinasi yang membedakan jumlah *sludge* IPAL yang digunakan sebagai bahan pengganti dalam pembuatan *paving block* ini. Pada sampel berikutnya dibuat dengan perbandingan kandungan *sludge* IPAL 10%, 25% dan 50%. Penjabaran lebih jelas mengenai kebutuhan bahan yang diperlukan untuk pembuatan tiap sampel dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 3-2

Tabel 3-2 Kebutuhan Bahan Per Sampel

Persentase Limbah	0%	10%	25%	50%
	Massa (gr)	Massa (gr)	Massa (gr)	Massa (gr)
Semen	576	576	576	576
Agregat Halus	2304	2074	1728	1152
<i>Sludge</i> IPAL	0	230	576	1152
Total	2880	2880	2880	2880

Sumber: Pengolahan Penulis

Bahan yang diperlukan dipersiapkan dan ditimbang sesuai kebutuhan bahan. Semua pencampuran bahan dilakukan dengan agar diperoleh pencampuran yang homogen dan merata. Semen, *sludge* IPAL, dan pasir diaduk sampai homogen kemudian ditambahkan air secukupnya. Kebutuhan air biasanya dinyatakan dalam faktor air semen (fas). Untuk *paving block* dan batako nilai fas berkisar 0,3 – 0,6.



Gambar 3-3. Persiapan Bahan Sebelum Dilakukan Pencampuran

Sumber: Dokumentasi Penulis



Gambar 3-4. Pencampuran Bahan

Sumber: Dokumentasi Penulis

- Pembentukan sampel
Setelah pencampuran dilakukan maka sampel dimasukkan ke dalam cetakan. Dalam penelitian ini pencetakan dilakukan secara manual, (tidak menggunakan mesin). Ukuran cetakan yang digunakan berbentuk balok dengan adalah 20 x 10 x 6 cm.



Gambar 3-5. Pencetakan *Paving block*

Sumber: Dokumentasi Penulis

- **Pengeringan**

Dalam pengeringan, yang pertama bagian yang kering adalah permukaan *paving block* kemudian bagian dalam difusi air dan bagian dalam disalurkan ke permukaan lalu menguap karena difusi sangat berhubungan dengan suhu (Peter A thornton & Vito J. Colangelo, 1985). Pengeringan dilakukan ditempat yang temperaturnya rendah terhindar dari sinar matahari karena penguapan rendah kelembaban pun rendah dengan demikian dapat mengurangi kecepatan menguapnya air dari permukaan. Pengeringan dilakukan selama 28 hari kemudian dilakukan uji fisik dan kimia.



Gambar 3-6. Perawatan *Paving block*

Sumber: Dokumentasi Penulis

3.6 Pengujian

Pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini meliputi pengujian pada material yang digunakan yaitu *sludge* IPAL, pengujian terhadap produk s/s yang dihasilkan, maupun pada air hasil rendaman produk s/s. Uji-uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji tekan, uji penyerapan air, uji TCLP, uji XRF dan uji XRD.

3.6.1 Uji Tekan

Pengujian kuat tekan *paving block* dilakukan untuk mengetahui mutu kuat tekan satu *paving block* dengan satuan luasan bidang tekan tertentu. Untuk kuat tekan pengujiannya akan dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM C 39/C 39M – 04a. Sampel akan dibuat dengan dengan ukuran 20 x 10 x 6 cm. Umumnya ketebalan *paving block* 6 cm dan 8 cm dengan toleransi ukuran 2 cm untuk ukuran bidang dan 3 mm untuk ukuran tebalnya.

Pengujian tersebut meliputi :

- Contoh uji (*paving block*) dengan No. sampel 1 dipersiapkan kemudian diukur panjang, lebar dan ketebalannya
- Ulangi langkah diatas untuk No. sampel 2, 3, 4, dan 5
- Benda uji dengan No sampel 1 diletakkan pada mesin tekan secara sentris
- Mesin dijalankan, tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik
- Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat dalam satuan kg/cm²
- Ulangi pengujian sampai 5 buah sampel benda uji

Hasil penelitian dimasukkan dalam rumus. Untuk menghitung kekuatan tekan masing-masing *paving block* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2 - 1)$$

Keterangan :

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

σ = Kuat tekan produk (kg/ cm²)

3.6.2 Uji Penyerapan Air

Benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam), ditimbang beratnya dalam keadaan basah. Kemudian dikeringkan dalam oven selama kurang lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105 °C.

Penyerapan air dihitung sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (2 - 2)$$

Keterangan :

A = Berat bata benda uji basah

B = Berat bata benda uji kering

3.6.3 Uji TCLP

Guna Guna mengetahui suatu limbah industri beracun, perlu dilakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) yang merupakan uji pelindian dan digunakan selain sebagai penentuan salah satu sifat “berbahaya (beracun)” suatu limbah juga dapat diterapkan dalam mengevaluasi produk pretreatment limbah sebelum di landfill maupun dimanfaatkan kembali yaitu dalam proses stabilisasi/solidifikasi.

Dalam kaitannya dengan baku mutu yang akan diterapkan, maka uji TCLP ini merupakan pendekatan dalam upaya pengendalian terhadap pembuangan limbah berbahaya. Adapun sasaran uji TCLP ini adalah membatasi adanya lindi (*leaching*) berbahaya yang dihasilkan dari penimbunan (landfilling) setelah limbah di stabilisasi/solidifikasi.

Pada penelitian ini uji TCLP akan dilakukan pada *sludge* IPAL PT. Medco E&P Lematang sebelum selanjutnya dilakukan stabilisasi/solidifikasi. Setelah dilakukan proses pembuatan produk s/s dengan mencampurkan *sludge* IPAL dengan

semen dan material lainnya atau stabilisasi/solidifikasi, produk s/s yang paling menguntungkan untuk dikembangkan juga akan diuji kadar unsur logam berat nya. Setelah itu juga dilakukan pemeriksaan logam berat pada air rendaman dari produk s/s untuk diketahui konsentrasi unsur logam berat yang terlepas ke lingkungan. Benda uji dalam pengujian *leachate* adalah air PAM yang dibuat pH nya menyerupai air hujan di Lematang yaitu 5,5 yang direndam dengan produk s/s tersebut. Air tersebut direndam selama 30 hari kemudian diperiksa kadar logam beratnya.

Prosedur untuk menghasilkan air rendaman yang akan digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan air dengan pH yang disesuaikan dengan pH air hujan untuk digunakan sebagai air rendaman
- Produk s/s direndam dalam wadah berisi air tersebut selama 30 hari
- Pada hari ke-30, dilakukan pengecekan logam berat dalam air rendaman tersebut

Untuk melakukan uji perlindian (TCLP) terhadap limbah beracun memerlukan alat Rotary Agitator yaitu suatu alat yang berputar secara rotasi end-over-end dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm selama 18 ± 2 jam.

Adapun cara pengujian pelindian (*leachate*) limbah beracun ini adalah :

- Sampel padat limbah B3 tanpa fasa cair, diayak terlebih dahulu dengan partikel yang lolos dari ayakan 0,9 cm
- Ke dalam masing-masing botol pengecokan yang berkapasitas lebih dari 1000 mL, masukkan contoh limbah padat B3 masing-masing sebanyak 50 gram. Selanjutnya tambahkan larutan asam asetat (pH 5) sebanyak 1000 mL. Perbandingan berat limbah padat B3 dengan larutan asam asetat yaitu 1 : 20
- Kocok larutan yang telah berisi limbah B3 ini pada alat Rotary Agitator dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm selama 18 ± 2 jam.
- Saring larutan hasil pengocokan (*leachate*) tersebut dengan kertas saring khusus untuk TCLP yaitu whatman GF/ F (porositas 0,7 mm)
- Hasil ekstraksi ini kemudian dianalisis menggunakan baik spektrofotometer serapan atom nyala (AAS Flame) maupun AAS-Flameless terutama untuk

menentukan konsentrasi logam-logam berat seperti kadmium (Cd) krom (Cr), tembaga (Cu), timah hitam (Pb), seng (Zn), besi (Fe), mangan (Mn), dan nikel (Ni) yang ada dalam limbah padat beracun tersebut.

- Setelah dianalisis, bila kandungan logam-logam berat dari hasil leachate (lindi) tersebut lebih rendah dari baku mutu TCLP yang dikeluarkan oleh pemerintah, maka limbah padat tersebut dikatakan tidak berbahaya/ beracun sehingga ia dapat di landfill maupun dimanfaatkan setelah dilakukan proses stabilisasi/solidifikasi terlebih dahulu.

Peralatan Rotary Agitator ini secara keseluruhan terdiri dari :

- Extraction Bottle : tempat terjadinya leachate (lindi) limbah B3 oleh larutan pengestrak (asam asetat dengan pH 5). Botol pengestrak ini berjumlah 6 (enam) botol sesuai dengan kapasitas alat Rotary Agitator yang dapat mengestrak 6 contoh limbah B3 sekaligus.
- Time Adjustor : waktu yang diperlukan untuk mengatur lamanya pelindian (leachate) yang diperlukan yaitu selama 18 ± 2 jam.
- Timer Display : kita dapat mengetahui telah berapa lama proses pelindian (leachate) telah berlangsung dengan timer display.
- Tachometer : alat pengatur kecepatan putaran Rotary Agitator yang diharapkan yaitu 30 ± 2 rpm (round per minute).
- Motor : motor yang digunakan untuk memutar extraction bottle yang ada pada extraction bottle tray, dimana kecepatan putarannya dapat diatur dari 30 – 300 rpm.
- Extraction Bottle Tray : tempat botol yang akan digunakan dalam proses pelindian yang berkapasitas 6 botol x 1 liter untuk dirotasi secepat 30 ± 2 rpm dan selama 18 ± 2 jam.

3.6.4 Uji XRF

Melalui pengujian dengan XRF, kita dapat melihat kandungan unsur yang dimiliki oleh sampel yang kita uji. Pada penelitian ini yang dijadikan sampel untuk

diuji kandungan unsurnya adalah *sludge* IPAL Medco dan *paving block* yang dihasilkan dari dari komposisi yang telah ditentukan sebelumnya dengan hasil kuat tekan terbaik. Untuk melakukan pengujian ini, sampel dibuat dalam bentuk pelet. Pembuatan pelet dilakukan dengan meletakkan sejumlah sampel pada pipa plastik kemudian ditekan hingga mencapai tekanan 10 ton menggunakan alat Hidraulic Press Jeol SX 29020. Jika sampel terlalu sedikit, sampel dapat diletakan dalam wadah sampel khusus untuk analisa XRF.

3.6.5 Uji XRD

Uji XRD digunakan untuk mengetahui senyawa dan mineral-mineral yang terkandung dalam *sludge* IPAL secara kualitatif. Metode ini menggunakan radiografi yaitu sinar-X untuk keperluan analisis kimia, dipilih metode difraksi sinar-X dikarenakan zat selalu menghasilkan karakteristik pola difraksi yang berbeda-beda baik zat itu dalam keadaan murni atau tercampur menjadi senyawa atau campuran unsur lain. Digunakan analisa kualitatif yaitu sampel ditembakkan dengan sinar-X maka akan didapatkan pola difraksi yang diketahui berupa jarak spasi posisi garis unsur tersebut (d), sudut difraksi (2θ), dan intensitas (I) kemudian pola dicocokkan dengan data pola semua senyawa dan mineral.

3.7 Lokasi Penelitian

Berikut ini merupakan lokasi yang digunakan selama penelitian berlangsung :

- Pengambilan sampel dilakukan pada IPAL PT. Medco E&P Lematang
- Uji XRF dan XRD dilaksanakan di Laboratorium Pusat Survei Geologi, Bandung
- Uji TCLP dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah DKI Jakarta
- Kalsinasi *sludge* IPAL suhu 300°C dilaksanakan di Laboratorium Material, Departemen Teknik Metalurgi Universitas Indonesia
- Uji tekan, dan uji penyerapan air dan pelaksanaan perendaman dilaksanakan di Laboratorium Bahan Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia

- Pembuatan *paving block* dilakukan di PD Atap Sejahtera, sebuah industri di daerah Bekasi

3.8 Analisa Data

Berdasarkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan maka analisa yang dapat dilakukan meliputi :

- Hubungan antara penambahan *sludge* IPAL dalam komposisi dengan kuat tekan dan penyerapan air dari produk s/s yang dihasilkan
- Hubungan antara hasil kuat tekan produk s/s dan penyerapan air dengan syarat mutu kuat tekan produk s/s sesuai Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995, SNI 03-0691-1996 *Paving block*, dan SNI 03-0348-1989 Batako
- Hubungan antara hasil uji TCLP pada *sludge* IPAL dengan baku mutu limbah PP 85 Tahun 1999
- Hubungan antara hasil uji TCLP produk s/s dengan baku mutu limbah PP 85 Tahun 1999
- Hubungan antara hasil uji TCLP pada *sludge* IPAL dengan hasil uji TCLP produk s/s
- Perbandingan biaya dan manfaat antara kondisi apabila perusahaan melakukan pemanfaatan dengan kondisi jika *sludge* IPAL langsung dibawa menuju PPLI untuk pengolahan

3.9 Waktu Penelitian

Seluruh rangkaian proses penelitian mulai dari proses persiapan dan pengambilan sampel, tahapan dan proses penelitian di laboratorium, penyusunan laporan akhir, dan sidang skripsi atau publikasi penelitian dilakukan dalam kurun waktu 4 bulan yaitu Februari 2012 sampai dengan Juni 2012. Seluruh tahapan dan proses penelitian tersebut dilakukan secara sistematis dan komprehensif sesuai dengan jadwal penelitian. Pada Tabel 3-3 akan diuraikan jadwal kegiatan penelitian :

Tabel 3-3. Timeline Jadwal Penelitian

Keterangan	Feb				Mar				April				Mei				Juni			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengambilan data primer di WTC Medco				■	■															
Persiapan pembuatan sampel dan pengujian awal <i>sludge</i> IPAL				■	■	■														
Pembuatan Sampel				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Penngujian Produk Paving yang dihasilkan				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Studi Literatur lanjutan dan penyusunan laporan				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Draft																			■	
Studi literatur dan proses revisi																			■	■
Hasil Final																			■	■
UAS Semester Genap																			■	■
Sidang Skripsi																				■

Sumber: Pengolahan Penulis

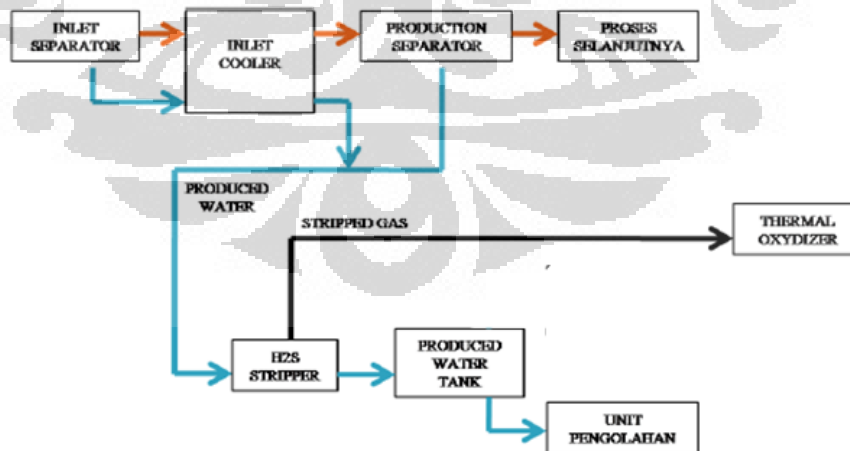
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pendahuluan

Proses pengolahan gas alam agar dapat memenuhi spesifikasi gas jual untuk Perusahaan Gas Negara (PGN) akan menghasilkan limbah yaitu kandungan-kandungan yang terbawa pada saat pengeboran, namun tidak dibutuhkan. Karena dari hasil pemboran tidak hanya gas saja yang terbawa dari dalam bumi, namun air, maupun kondensat juga terbawa. Ada beberapa limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan gas alam menjadi LNG antara lain *produced water*. *Produced water* digunakan dalam industri migas untuk menggambarkan air yang diproduksi bersama dengan minyak dan gas. Unit-unit yang menghasilkan limbah cair berupa *produced water* adalah *inlet separator*, *inlet cooler*, dan *production separator*.

Pada Gambar 4-1 diperlihatkan diagram alir sistem penyaluran air limbah, pada tahap pertama yaitu limbah cair dari unit-unit tersebut akan dilewatkan ke H₂S stripper untuk mengurangi kandungan gas H₂S yang masih sangat tinggi. Cairan dari proses tersebut dikumpulkan dalam satu tangki yang disebut *Produced water tank* dan hasil gas dari proses H₂S *stripper* akan diolah dalam proses TOx (*Thermal Oxydation*).



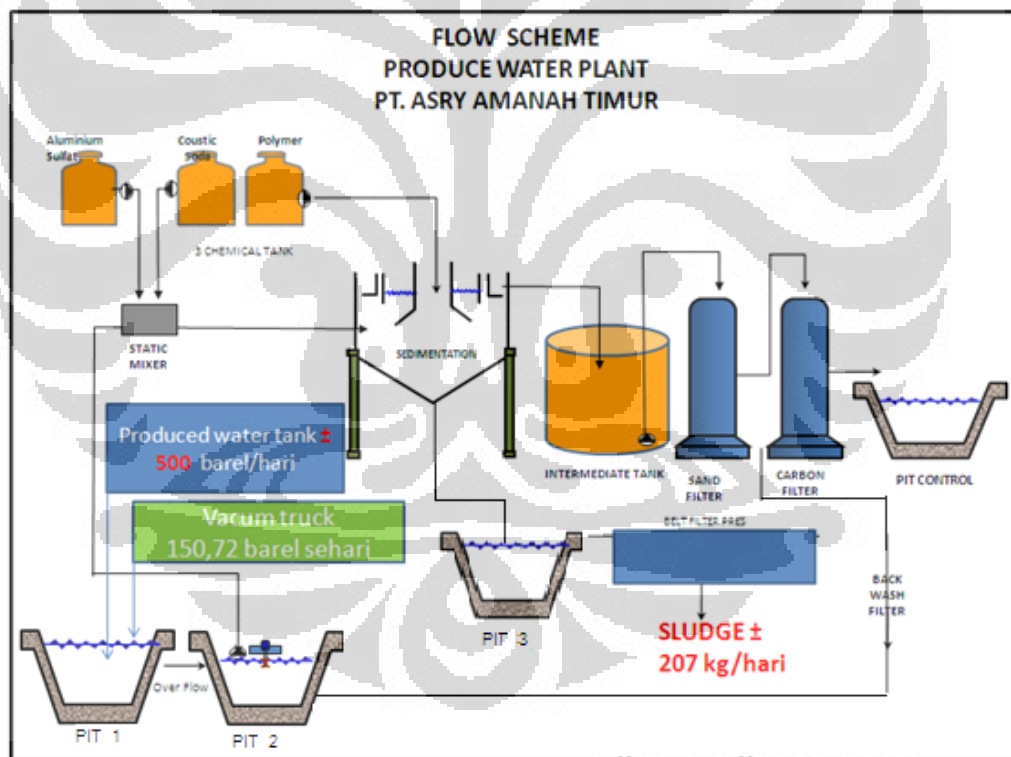
Gambar 4-1 Diagram Alir Sistem Penyaluran Air Limbah

Sumber : Pengolahan Penulis

Limbah berupa *produced water* dan kondensat akan ditampung di *produced water tank*. Kapasitas tank 222,12 m³ atau setara dengan 1394,91 barrel. *Produced water* yang dihasilkan per harinya fluktuatif namun diperkirakan produksinya sekitar 500 barrel per hari.

Selanjutnya *produced water* dalam *produced water tank* dialirkan dengan valve manual yang sewaktu-waktu dapat buka-tutup, dialirkan menggunakan pipa sepanjang ±500 meter ke unit pengolahan *produced water*, agar memenuhi baku mutu sehingga limbah yang sudah diolah akan aman untuk dibuang ke lingkungan (sungai).

Unit pengolahan dikelola oleh kontraktor PT. Asry Amanah Timur, supaya limbah *produced water* dapat dibuang ke sungai tanpa mencemari lingkungan. Secara umum proses pengolahan *produced water* dapat dilihat pada Gambar 4-2



Gambar 4-2 *Flow Scheme Produced Water Plant*

Sumber : PT. Asry Amanah Timur

Hasil samping dari pengolahan *produced water* adalah *sludge* yang merupakan hasil pemisahan dari tangki sedimentasi. Dari tangki sedimentasi tersebut selanjutnya *sludge* dialirkan ke Pit 3. Pada saat keluar dari tangki sedimentasi, kandungan air dalam *sludge* masih sangat besar. Pit 3 difungsikan sebagai *thickener* atau pengental *sludge* sebelum dilakukan langkah proses *dewatering sludge* oleh *belt filter press*. *Sludge* yang dihasilkan oleh unit *belt filter press* inilah yang disebut *sludge* IPAL.

Dalam sehari unit *belt filter press* pada IPAL memproduksi *sludge* sekitar 207 kg/hari (berdasarkan data rata-rata bulan Februari 2012). Hal ini menimbulkan masalah bagi industri tersebut karena jumlahnya yang menumpuk pada tempat penyimpanan sementara limbah B3. Selain itu konsep *zero waste* juga mendorong pemanfaatan dari limbah ini sebagai bahan pengganti dalam bahan bangunan.

Pada penelitian ini, digunakan *sludge* yang berasal dari IPAL pada lokasi produksi gas bumi PT Medco E&P Lematang. Kandungan airnya masih tinggi namun sudah membentuk “*cake*”. Setelah dikeringkan, dihaluskan, dan diayak, *sludge* akan menjadi serbuk berwarna kecoklatan dengan ukuran < 200 mesh. Terdapat 2 perlakuan yang berbeda terhadap *sludge* IPAL yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pada perlakuan pertama *sludge* yang sudah berupa serbuk langsung dijadikan bahan pengganti dalam pembuatan *paving block* sedangkan yang pada perlakuan kedua, *sludge* IPAL harus dilakukan pengeringan pada suhu 300°C untuk menghilangkan kandungan minyak maupun air yang masih tersisa di dalam bahan tersebut baru kemudian dapat dijadikan bahan pengganti dalam pembuatan *paving block*.

Mengingat bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *sludge* dari IPAL kegiatan eksplorasi dan produksi migas, dimana menurut PP No 85 Tahun 1999 limbah tersebut dapat dikategorikan sebagai limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), penggunaan limbah ini perlu diketahui lebih lanjut dampaknya baik terhadap mutu *paving block* yang akan dihasilkan maupun terhadap lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian awal sampel limbah untuk mengetahui kandungan dan

karakteristik dengan pengujian XRF serta XRD, sedangkan untuk toksisitasnya dilakukan dengan pengujian TCLP.

4.1.1 Pengujian Unsur Kimia *Sludge* IPAL dengan Metode XRF

Pengujian XRF berfungsi untuk mengetahui unsur dan oksida yang terkandung dalam limbah padat berbentuk pasir secara kuantitatif. Pengujian karakteristik limbah padat industri dilakukan menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* (XRF). Pengujian XRF yang dilaksanakan di laboratorium Pusat Survei Geologi.

Sebelum dilakukan pengujian XRF, sebelumnya sampel *sludge* IPAL di preparasi terlebih dahulu untuk diketahui apakah sampel tersebut dapat dianalisa dengan menggunakan XRF. Namun, saat dilakukan preparasi terjadi permasalahan karena *sludge* IPAL jika dipanaskan akan menguap dan sisanya berbentuk arang. Hal tersebut tidak diperbolehkan untuk pengujian XRF karena beberapa unsur dan senyawa baru dapat dideteksi jika dilakukan pemanasan sebelumnya pada sampel uji. Permasalahan juga terjadi pada saat sampel dicetak, karena malah dapat merusak alat XRF tersebut. Kemungkinan besar terjadi akibat keberadaan senyawa kimia pada *sludge* IPAL yang berasal dari koagulan, flokulan, dan polimer yang ditambahkan pada proses pengolahan *produced water*. Oleh karena itu, *sludge* IPAL dinyatakan tidak memenuhi persyaratan untuk dilakukan pengujian XRF sehingga *sludge* IPAL tidak dapat dianalisa.

4.1.2 Pengujian Mineralogi *Sludge* IPAL dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Uji XRD digunakan untuk mengetahui mineral-mineral yang terkandung dalam *sludge* IPAL secara kualitatif. Metode ini menggunakan radiografi yaitu sinar-X untuk keperluan analisis kimia, dipilih metode difraksi sinar-X dikarenakan zat selalu menghasilkan karakteristik pola difraksi yang berbeda-beda baik zat itu dalam keadaan murni atau tercampur menjadi senyawa atau campuran unsur lain. Digunakan analisa kualitatif yaitu sampel ditembakkan dengan sinar-X maka akan didapatkan pola difraksi yang diketahui berupa jarak spasi posisi garis unsur tersebut

(d), sudut difraksi (2θ), dan intensitas (I) kemudian pola dicocokkan dengan data pola semua jenis unsur dan senyawa.

Berbeda dengan pengujian XRF, pada pengujian XRD *sludge* IPAL tetap dapat dianalisa. Pengujian XRD dilakukan pada 2 sampel uji. Hasil Pengujian XRD yang dilaksanakan di laboratorium Pusat Survei Geologi dapat dilihat pada Gambar 4-3 dan Gambar 4-4 sedangkan hasil rekaman spectrum pengujian kedua sampel masing masing ditunjukkan pada Gambar 4-5 dan Gambar 4-6

Pemerian umum (brief description):			
Sampel berupa material limbah berukuran lempung sampai lanau berwarna coklat kekuningan.			
Mineral terperi (identified mineral):			
Nama mineral (mineral name)		Nama mineral (mineral name)	
Quartz			
Cryptohalite, syn			
Kamacite			
Perovskite (Mg,Si), syn			
Parameter pengukuran (measurement parameter):			
File name	E:\XPERT	PSD Length [$^{\circ}2\theta$.]	2.13
DATA\2012\020\300 gr Sludge Ipal Syifa.xrdml		Offset [$^{\circ}2\theta$.]	0.0000
Comment	GeolLabs	Divergence Slit Type	Fixed
Measurement Date / Time	4/18/2012 4:59:24 PM	Divergence Slit Size [$^{\circ}$]	0.9570
Operator	Pusat Penelitian	Specimen Length [mm]	10.00
Raw Data Origin (*.XRDML)	XRD measurement	Measurement Temperature [$^{\circ}C$]	25.00
Scan Axis	Gonio	Anode Material	Cu
Start Position [$^{\circ}2\theta$.]	4.0084	K-Alpha1 [\AA]	1.54060
End Position [$^{\circ}2\theta$.]	79.9814	Generator Settings	30 mA, 40 kV
Step Size [$^{\circ}2\theta$.]	0.0170	Goniometer Radius [mm]	240.00
Scan Step Time [s]	4.1750	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Scan Type	Continuous	Incident Beam Monochromator	No
PSD Mode	Scanning	Spinning	No

Gambar 4-3 Hasil Pengujian XRD *Sludge* IPAL (1)

Sumber: Laboratorium Pusat Survey Geologi, April 2012

Pemerian umum (brief description):

Sampel berupa material limbah berukuran lempung sampai lanau berwarna coklat kekuningan.

Mineral terperi (identified mineral):

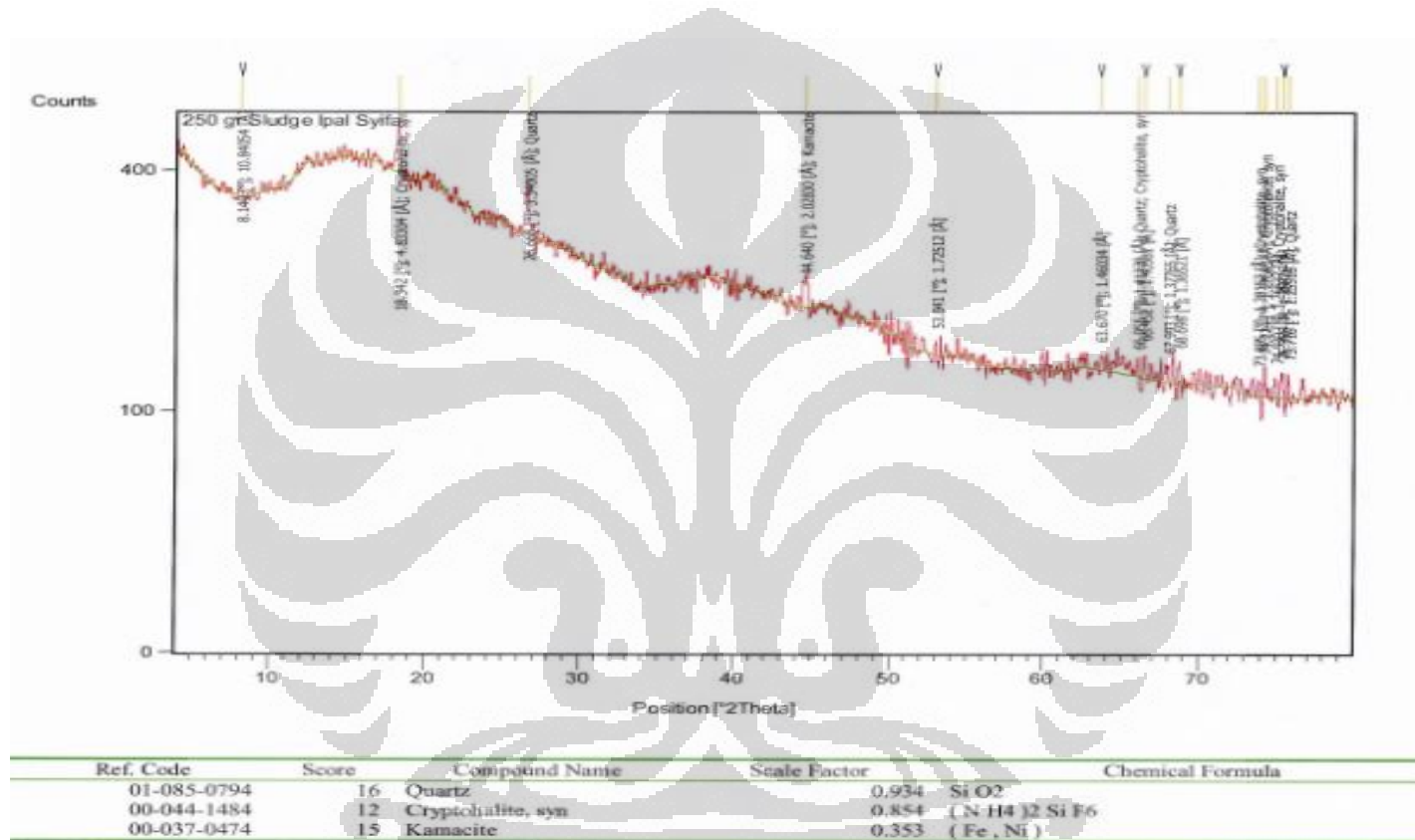
Nama mineral (<i>mineral name</i>)	Nama mineral (<i>mineral name</i>)
Quartz	
Cryptohalite, syn	
Kamacite	

Parameter pengukuran (measurement parameter):

File name	E:\XPERT	PSD Length [°2Th.]	2.13
DATA\2012\020\250 gr Sludge Ipal Syifa.xrdml		Offset [°2Th.]	0.0000
Comment	GeolLabs	Divergence Slit Type	Fixed
Measurement Date / Time	4/18/2012 4:52:22 PM	Divergence Slit Size [°]	0.9570
Operator	Pusat Penelitian	Specimen Length [mm]	10.00
Raw Data Origin (*.XRDML)	XRD measurement	Measurement Temperature [°C]	25.00
Scan Axis	Gonio	Anode Material	Cu
Start Position [°2Th.]	4.0084	K-Alpha1 [Å]	1.54060
End Position [°2Th.]	79.9814	Generator Settings	30 mA, 40 kV
Step Size [°2Th.]	0.0170	Goniometer Radius [mm]	240.00
Scan Step Time [s]	4.1750	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Scan Type	Continuous	Incident Beam Monochromator	No
PSD Mode	Scanning	Spinning	No

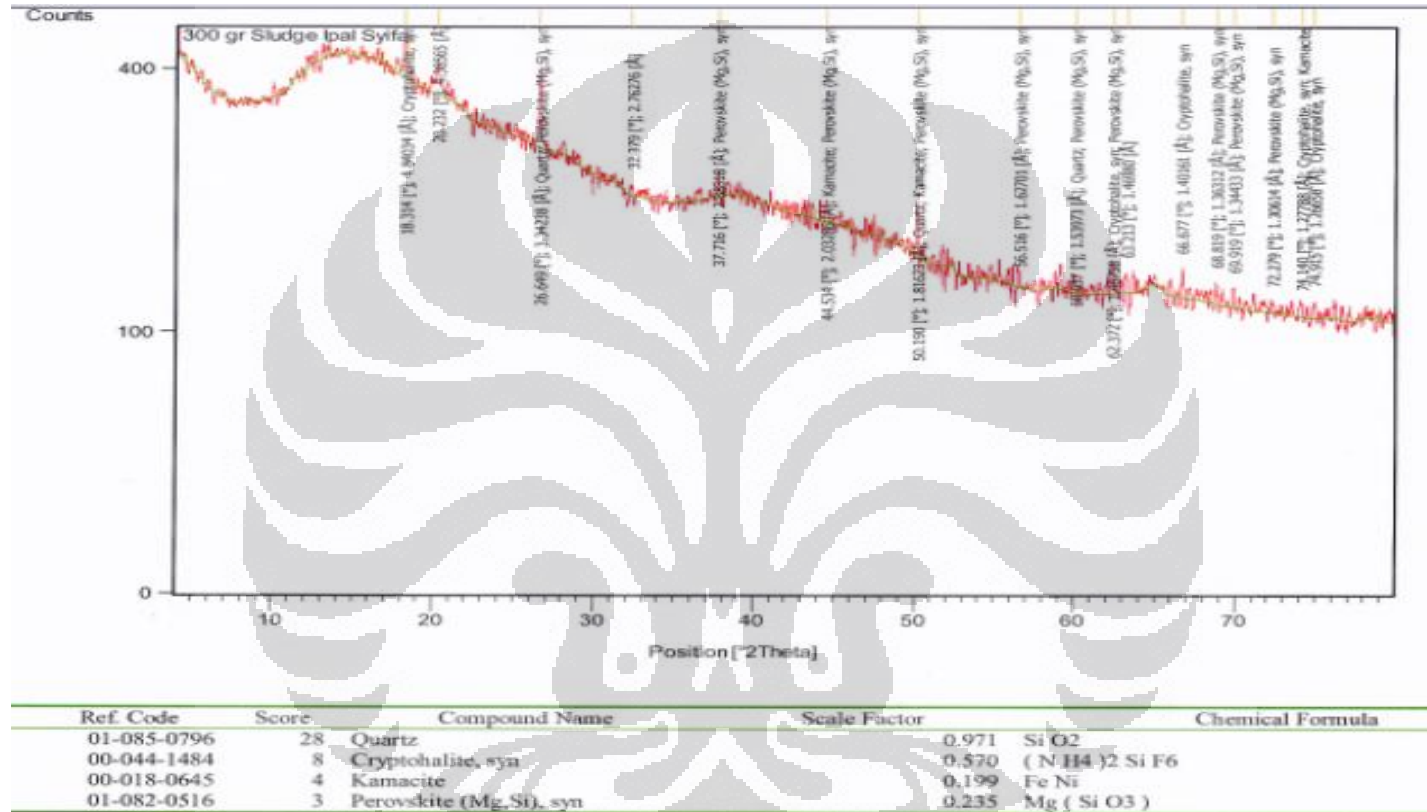
Gambar 4-4 Hasil Pengujian *Sludge* IPAL (2)

Sumber: Laboratorium Pusat Survey Geologi, April 2012



Gambar 4-5 Rekaman Spektrum XRD *Sludge* IPAL (1)

Sumber : Laboratorium Pusat Survei Geologi, April 2012



Gambar 4-6 Rekaman Spektrum XRD *Sludge* IPAL (2)

Sumber : Laboratorium Pusat Survei Geologi, April 2012

Dari hasil uji terlihat bahwa pada *sludge* IPAL mengandung beberapa mineral yaitu *quartz* (kuarsa), *kamacite*, *cryptohalite*, *perovskite*. Kuarsa yang terdiri dari komposisi kimia SiO₂ merupakan salah satu bahan pembentuk semen yang berfungsi sebagai pasta pengikat agregat dalam beton. *Kamacite* memiliki komposisi kimia (Fe,Ni) yang memiliki komposisi 89,54% Fe dan 10,54% Ni, merupakan mayor konstituen dari meteorit besi. Keberadaan *kamacite* menyebabkan *sludge* IPAL bersifat korosif.

4.1.3 Pengujian TCLP *Sludge* IPAL

Sebelum memanfaatkan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dalam *paving block*, penting untuk mengetahui sifat toksisitas dari bahan tersebut sehingga perlu dilakukan pengujian TCLP pada *sludge* IPAL. Pengujian TCLP ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keluruhan (*leached*) dari sifat B3 dalam *sludge* IPAL. Pengujian TCLP dilakukan di Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah (LLHD) DKI Jakarta. Hasil pengujian *sludge* IPAL ditunjukkan dalam Tabel 4-1

Tabel 4-1. Hasil Uji TCLP *Sludge* IPAL

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Besi (Fe)	mg/L	4.79	TCLP/EPA.SW.846 Method 1310
2	Cadmium	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1311
3	Cromium	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1312
4	Nikel (Ni)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1313
5	Seng (Zn)	mg/L	17.8	TCLP/EPA.SW.846 Method 1314
6	Tembaga (Cu)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1315
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	0.05	TCLP/EPA.SW.846 Method 1316
8	Mangan	mg/L	3.53	TCLP/EPA.SW.846 Method 1317

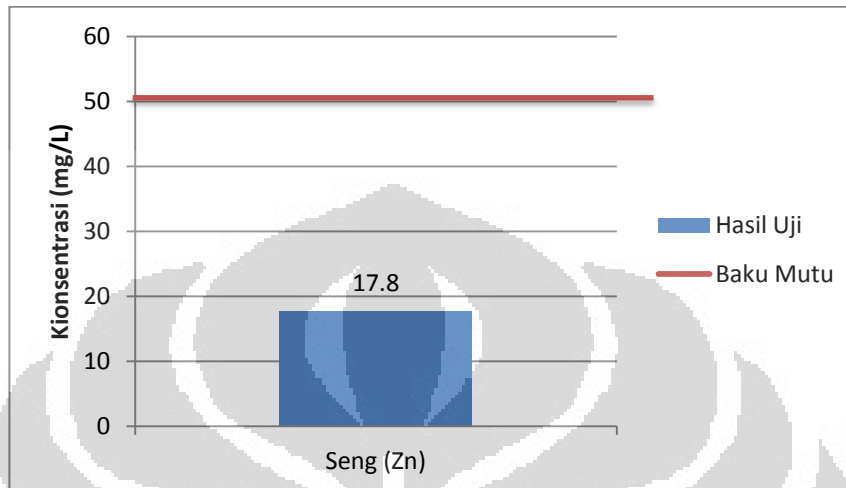
Keterangan :

*) tidak terdeteksi

Sumber: Laboratorium LLHD DKI Jakarta, Mei 2012

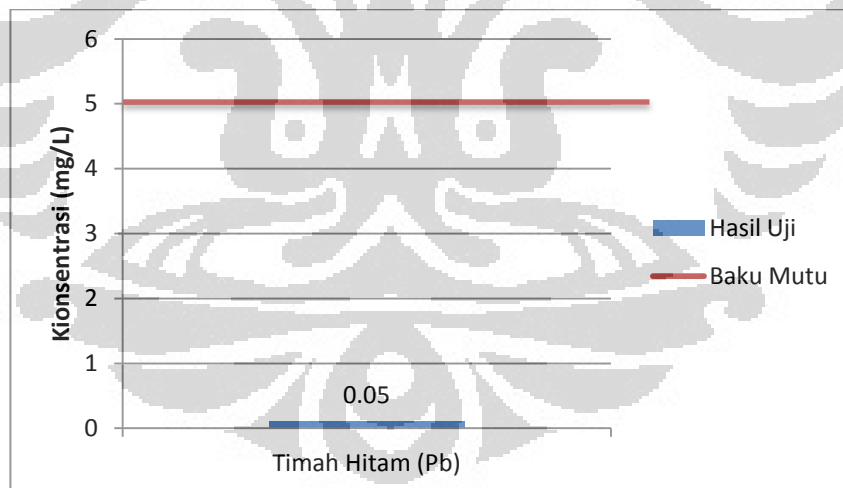
Jika dilihat pada Tabel 4-1 dapat disimpulkan bahwa hanya terdeteksi 4 jenis logam berat dari 8 parameter logam berat yang diujikan yaitu besi (Fe), seng (Zn), mangan (Mn), dan timah hitam (Pb). Beberapa paramater seperti kadmium (Cd),

kromium (Cr), nikel (Ni) dan tembaga (Cu) tidak terdeteksi dalam pengujian TCLP ini karena konsentrasinya yang sangat kecil.



Gambar 4-7. Perbandingan Konsentrasi Seng dalam *Sludge* IPAL dengan Ambang Batas Baku Mutu PP 85 tahun 1999

Sumber: Pengolahan Data Penulis



Gambar 4-8. Perbandingan Konsentrasi Timah Hitam (Pb) dalam *Sludge* IPAL dengan Ambang Batas Baku Mutu PP 85 tahun 1999

Sumber: Pengolahan Data Penulis

Dari Gambar 4-7 dan Gambar 4-8 dapat dilihat bahwa konsentrasi Zn dan Pb hasil uji TCLP dalam *sludge* IPAL masih berada dibawah ambang batas baku mutu

dalam PP 85 Tahun 1999 sehingga jika dilihat berdasarkan 2 parameter logam berat tersebut *sludge* IPAL tidak dapat dinyatakan sebagai limbah B3. Namun yang perlu ditinjau kembali adalah penetapan suatu limbah agar dapat dikategorikan sebagai limbah B3 tidak hanya berdasarkan pengujian logam berat saja namun masih terdapat beberapa uji seperti pengujian organik dan uji karakteristik limbah B3 lainnya yang perlu dilakukan sebagaimana tercantum dalam pasal 7 ayat 3 pada PP 85 tahun 1999 untuk mendefinisikan sifat limbah tersebut yaitu mudah meledak, reaktif, mudah terbakar, infeksius, dan korosif.

4.2 Analisa Produk Stabilisasi/Solidifikasi (S/S)

4.2.1 Pengujian Kuat Tekan

Kekuatan tekan menunjukkan kemampuan produk s/s untuk menerima gaya tekan persatuan luas, sehingga kuat tekan tersebut mengidentifikasi mutu produk. Semakin tinggi nilai kuat tekan produk s/s akan semakin tinggi pula mutu produk tersebut. Kekuatan tekan akan bertambah dengan naiknya umur produk tersebut dan mencapai nilai maksimal saat mencapai umur 28 hari.

Tabel 4-2 Hasil Uji Kuat Tekan

% Kandungan <i>Sludge</i> IPAL	Nilai Kuat Tekan					
	Tanpa Kalsinasi			Kalsinasi		
	(kg/cm ²)	MPa	T/m ²	(kg/cm ²)	MPa	T/m ²
0%	287.5	28.75	2875	287.5	28.75	2875
10%	62.4	6.24	624	87.1	8.71	871
25%	31.25	3.125	312.5	42.8	4.28	428
50%	18	1.8	180	23	2.3	230

Sumber: Pengolahan Penulis

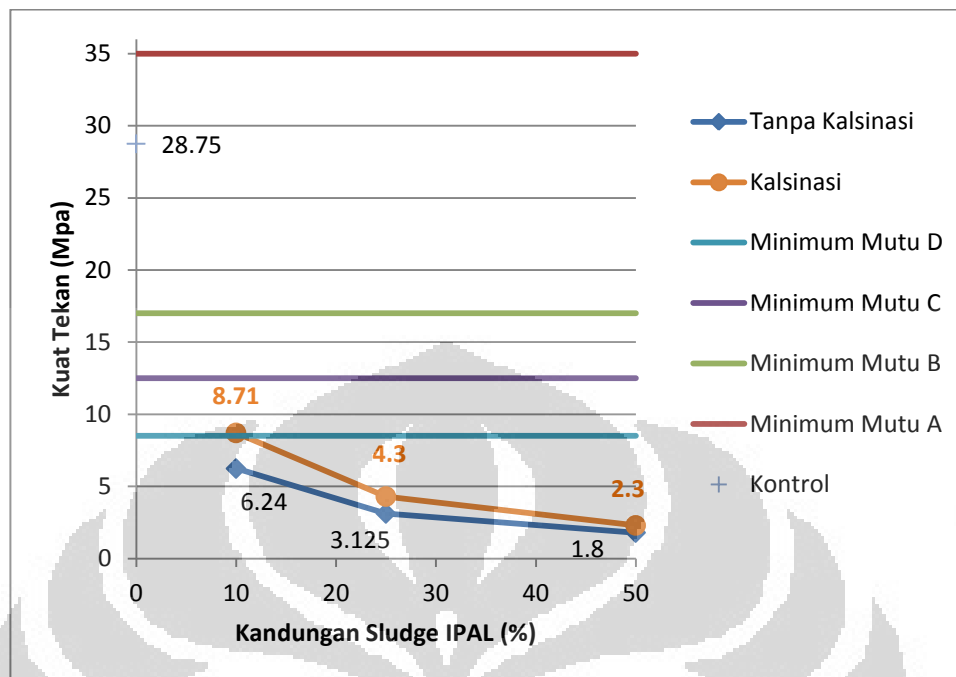
Dari Tabel 4-2 dapat dilihat bahwa semakin banyak persentase dari *sludge* IPAL maka kuat tekannya semakin berkurang. Kuat tekan yang berkurang disebabkan komposisi campuran bahan yang kurang ideal sehingga butiran semen tidak maksimal mengikat seluruh butiran *sludge* IPAL. Selain itu, dari tabel menunjukkan bahwa proses kalsinasi juga mempengaruhi nilai kuat tekan. Pada

sampel yang mengandung *sludge* yang telah dikalsinasi, nilai kuat tekannya cenderung lebih besar dibandingkan dengan yang tidak dilakukan kalsinasi. Hal tersebut terjadi karena pada prinsipnya kalsinasi dapat menghilangkan kandungan minyak yang masih terdapat pada *sludge* IPAL. Keberadaan minyak pada produk s/s tersebut membuat kuat tekannya menjadi tidak maksimal.

Faktor air-semen juga mempengaruhi kuat tekan dari produk s/s yang dihasilkan. Secara umum semakin besar nilai faktor air-semen maka kekuatan tekannya semakin menurun. Pada saat pencampuran produk s/s dalam penelitian ini, semakin besar jumlah *sludge* IPAL yang digunakan sebagai bahan pengganti *paving block* maka semakin besar jumlah air yang digunakan untuk mendapatkan suatu pasta yang cukup ideal dalam pembuatan *paving block*. Hal tersebut menyebabkan semakin rendahnya kekuatan produk s/s pada jumlah kandungan *sludge* yang semakin besar.

Pada penelitian ini, pencetakan produk s/s dikerjakan dengan manual sehingga nilai kuat tekannya kurang maksimal. Hal tersebut terjadi karena pada pencetakan secara manual, pemadatan yang dilakukan kurang merata dibandingkan *paving block* yang dikerjakan dengan mesin akibatnya masih terdapat rongga rongga yang dapat membuat porositas menjadi besar. Besarnya porositas ini kemudian membuat rongga yang kosong kemudian diisi oleh air sehingga mengakibatkan berkurangnya kekuatan tekan dari produk s/s.

Perawatan menjadi hal yang juga perlu diperhatikan tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan produk s/s yang tinggi tapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan, kedekatan terhadap air, ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur produk *paving block*. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, produk s/s akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat.



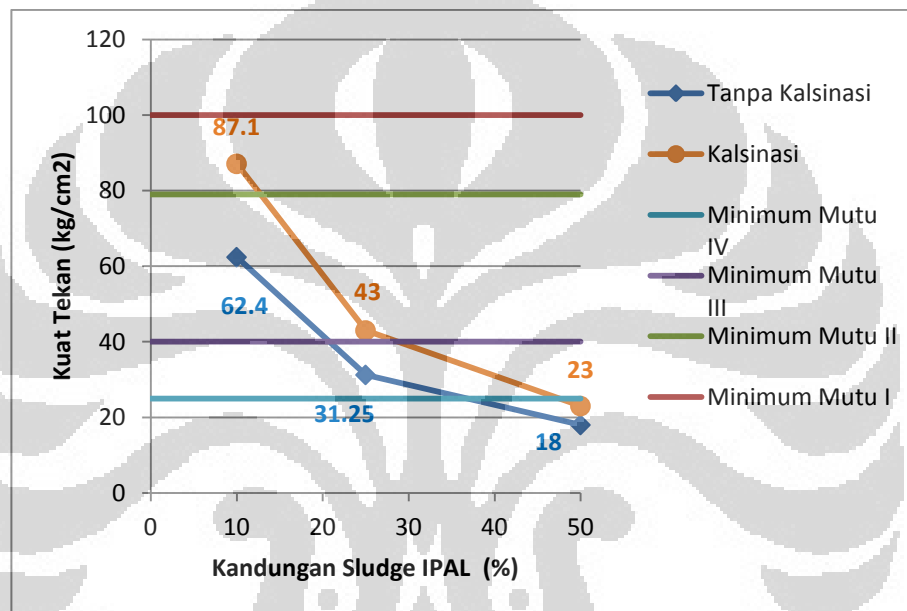
Gambar 4-9 Perbandingan Hasil Uji Tekan dengan SNI *Paving Blok*

Sumber: Pengolahan Penulis

Dari Gambar 4-9 menunjukkan bahwa kuat tekan dari produk s/s kontrol yaitu produk tanpa penambahan *sludge* IPAL setelah pengeringan selama 28 hari adalah 28,75 MPa. Dengan hasil ini berarti produk *paving block* kontrol memenuhi SNI *Paving Block* 03-0691-1996 mutu B yaitu digunakan untuk pelataran parkir, dimana standar minimumnya sebesar 12,5 MPa. Pada hasil uji tekan terhadap produk s/s dengan kandungan *sludge* 10% yang telah dikalsinasi, nilai kuat tekannya memenuhi persyaratan SNI *Paving block* 03-0691-1996 yaitu sebesar 8,71 Mpa dengan peruntukannya sebagai perkerasan pada taman. Sedangkan pada kandungan *sludge* sebesar 25% dan 50% nilai kuat tekan nya masing-masing 4,28 MPa dan 2,3 MPa. Oleh karena itu, berarti produk s/s memiliki mutu yang masih dibawah standar SNI 03-0691-1996 dimana untuk kelas terendah standar minimumnya sebesar 8,5 MPa. Untuk *paving blok* dengan kandungan *sludge* sebesar 10%, 25% dan 50% yang tidak dikalsinasi hanya memiliki nilai kuat tekan masing-masing 6,24 MPa, 3,125 MPa dan 1,8 MPa sehingga belum memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 *Paving block*.

Namun jika dikaji berdasarkan Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995 untuk standar kuat tekan dari produk s/s, seluruh hasil produk s/s sudah memenuhi standar karena nilai kuat tekan (*compressive strength*) melebihi nilai tekanan minimum yang disyaratkan yaitu sebesar 10 ton/m².

Apabila dikaji kembali terhadap SNI 03-0348-1989 Batako, beberapa produk s/s juga telah memenuhi persyaratan. Pengklasifikasian produk s/s terhadap persyaratan SNI 03-0348-1989 Batako dapat dilihat pada Gambar 4-10



Gambar 4-10 Perbandingan Hasil Kuat Tekan dengan SNI Batako Pejal

Sumber : Pengolahan Penulis

Secara lebih ringkas, hasil kuat tekan dari produk s/s jika dihubungkan dengan persyaratan Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995, SNI 03-0691-1996 *Paving block*, dan SNI 03-0348-1989 Batako ditunjukkan pada Tabel 4-3

Tabel 4-3 Hasil Uji Tekan dan Persyaratan

Persyaratan	Benda Uji						
	% Kandungan Sludge IPAL						
	0%	10%	25%	50%	10%	25%	50%
	Kontrol	Kalsinasi			Tanpa Kalsinasi		
Hasil Uji (kg/cm ²)	287.5	87.1	42.8	23	62.4	31.25	18
Syarat Produk S/S (Bapeda)							
	x	x	x	x	x	x	X
SNI Paving Block							
Mutu B	x						
Mutu C	x						
Mutu D	x	x					
SNI Batako Pejal							
Mutu I	x	x					
Mutu II	x	x					
Mutu III	x	x	x		x		
Mutu IV	x	x	x		x	x	

Keterangan : X = Memenuhi

Sumber: Pengolahan Penulis

4.2.2 Pengujian Penyerapan Air

Hasil pengukuran antara serapan air terhadap komposisi *sludge* IPAL pada *paving blok* diperlihatkan pada Tabel 4-4

Tabel 4-4 Hasil Uji Penyerapan Air

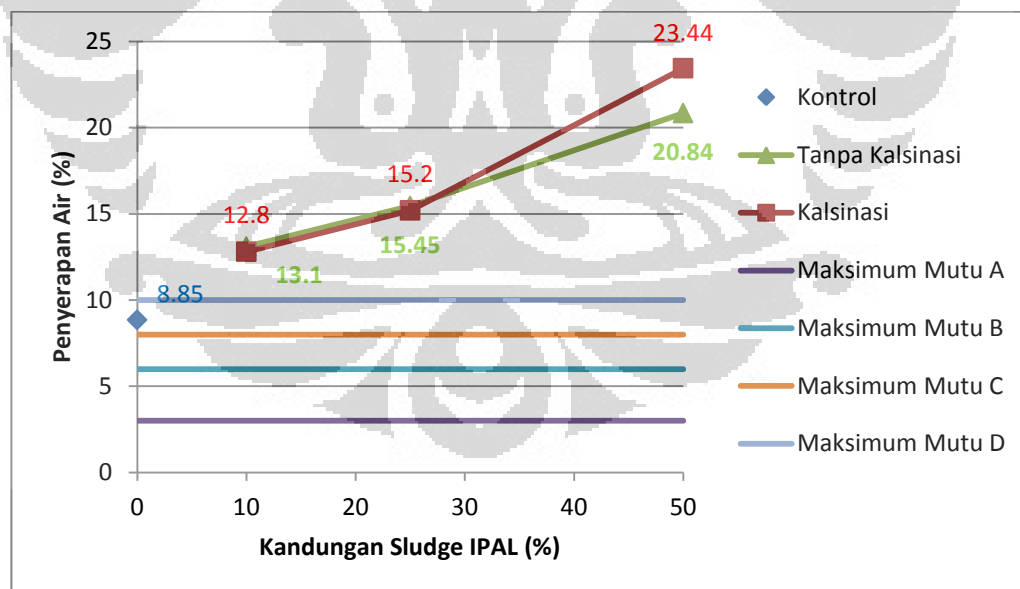
No	Kandungan Sludge IPAL	Penyerapan Air (%)	
	(%)	Tanpa Kalsinasi	Kalsinasi
1	10	13.10	12.8
2	25	15.45	15.2
3	50	20.84	23.44
4	Kontrol 0%	8.85	

Sumber: Pengolahan Penulis

Dari Tabel 4-4 ditunjukkan bahwa semakin banyak kandungan *sludge* IPAL dalam produk *s/s* maka menghasilkan nilai serapan air yang semakin meningkat. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak *sludge* IPAL maka semakin sulit pengikatan yang terjadi dalam material pembentuk masih menyebabkan adanya rongga sehingga

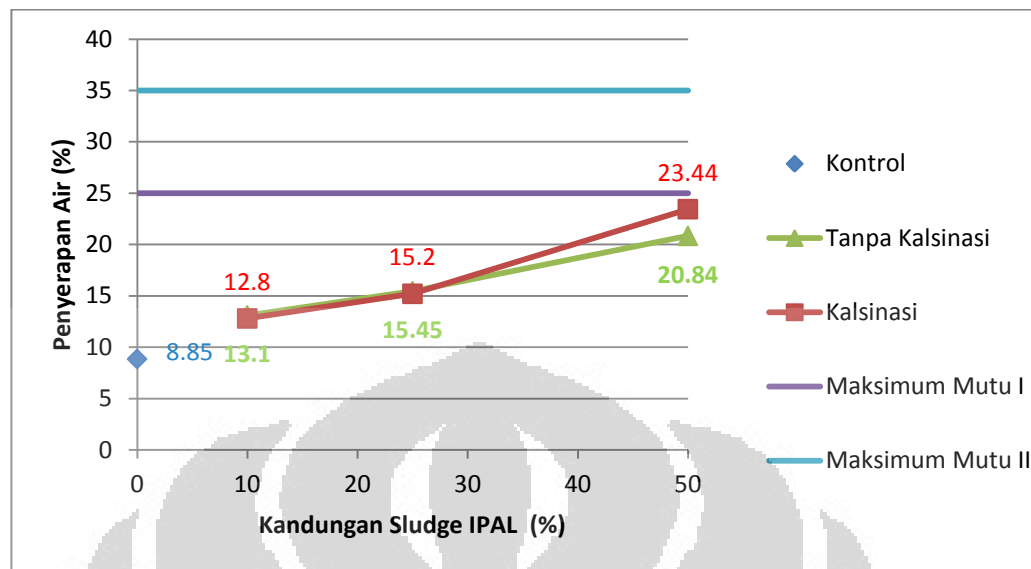
air mengisi rongga rongga tersebut. Selain itu, pemadatan paving secara manual juga memungkinkan masih terdapatnya rongga sehingga keberadaan rongga tersebutlah akan diisi oleh air. Nilai serapan air yang kecil menyatakan bahwa produk s/s tersebut semakin kedap (*resistance*). Hal tersebut juga menunjukkan bahwa semakin kecil nilai penyerapan air pada produk s/s maka semakin baik kualitasnya.

Nilai penyerapan air pada produk s/s dengan kandungan IPAL 10 %, 25%, 50% tanpa kalsinasi memiliki nilai penyerapan air masing- masing 13,10 %, 15,45% dan 20,84%. Produk tersebut memiliki nilai penyerapan air yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan produk dengan kandungan *sludge* IPAL yang telah dikalsinasi terlebih dahulu. Seluruh produk s/s yang dibuat pada penelitian ini memiliki nilai penyerapan air yang melebihi batas maksimum SNI *Paving Block* 03-0691-1996 dimana untuk mutu terendah yaitu kelas D, maksimum penyerapan airnya sebesar 10%. Namun apabila dibandingkan dengan SNI Bata Beton (Batako) menurut SNI 03-0348-1989, seluruh produk s/s termasuk dalam mutu I dimana nilai maksimal penyerapan air nya sebesar 25%.



Gambar 4-11 Perbandingan Hasil Uji Penyerapan Air dengan SNI Paving Blok

Sumber: Pengolahan Penulis



Gambar 4-12 Perbandingan Hasil Uji Penyerapan Air dengan SNI Batako

Sumber: Pengolahan Penulis

4.2.3 Pengujian Unsur Kimia Produk dengan Metode XRF

Berdasarkan pada hasil pengujian fisik yang telah dilakukan sebelumnya, maka pengujian unsur kimia dengan metode XRF dilakukan hanya pada produk s/s dengan kandungan *sludge* IPAL 25% tanpa kalsinasi. Hal tersebut dipilih karena pada komposisi tersebut produk yang dihasilkan sudah memenuhi mutu IV SNI 03-0348-1989 tentang Batako dan penggantian material 25% lebih menguntungkan untuk mengurangi *sludge* IPAL yang perlu diolah. Hasil pengujian oksida dan unsur pada produk tersebut dapat terdapat pada Tabel 4-5

Tabel 4-5 Hasil Uji Kimia Metode XRF pada Produk *Paving block*

Oksida	Satuan	Jumlah	Elemen	Satuan	Jumlah
SiO ₂	%	35,81	Si	%	16,74
TiO ₂	%	0,300	Ti	%	0,180
Al ₂ O ₃	%	16,78	Al	%	8,88
Fe ₂ O ₃	%	4,75	Fe	%	3,32
MnO	%	0,0946	Mn	%	0,0733
CaO	%	18,09	Ca	%	12,94
MgO	%	1,67	Mg	%	1,01
Na ₂ O	%	1,35	Na	%	1,00
K ₂ O	%	1,40	K	%	1,17
P ₂ O ₅	%	0,145	P	%	0,0633
SO ₃	%	2,09	S	%	0,837
LOI	%	16,53	-	%	-
ZnO	%	0,0250	Zn	%	0,0201
PbO	%	-	Pb	%	-
NiO	%	-	Ni	%	-
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-
HfO ₂	%	0,0045	Hf	%	0,0038
HgO	%	-	Hg	%	-
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-
CuO	%	0,0077	Cu	%	0,0062
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-
SrO	%	0,0698	Sr	%	0,0590
V ₂ O ₅	%	0,0088	V	%	0,0049
Cr ₂ O ₃	%	0,0061	Cr	%	0,0042
Cl	%	0,0137	Cl	%	0,0137
BaO	%	0,0423	Ba	%	0,0379
Rb ₂ O	%	0,0056	Rb	%	0,0051
Ga ₂ O ₃	%	0,0018	Ga	%	0,0013

Sumber: Laboratorium Pusat Survei Geologi, Mei 2012

Berdasarkan hasil pengujian unsur limbah dengan menggunakan metode XRF di laboratorium Pusat Survey Geologi menunjukkan adanya kandungan oksida yaitu SiO₂ sebesar 35,81%, CaO sebesar 18,09%, Al₂O₃ sebesar 16,78%, LOI sebesar 16,51%, Fe₂O₃ sebesar 4,75% sedangkan senyawa oksida lainnya terdapat dalam jumlah yang kecil.

SiO₂ dan CaO merupakan salah satu bahan pembentuk semen yang berfungsi sebagai pasta pengikat agregat dalam produk. Kandungan Fe₂O₃ (oksida besi) berguna untuk mengontrol komposisi bahan dalam produk.

Hasil pengujian juga dapat diketahui bahwa pada produk terdapat kandungan logam berat. Keberadaan logam berat dalam produk kemungkinan besar diakibatkan kandungan *sludge* IPAL yang terdapat dalam produk yang fungsinya menggantikan agregat halus. Namun keberadaan logam berat juga berasal dari pasir yang digunakan dalam pembuatan produk. Persentase logam berat dalam produk lebih jelas dimuat pada Tabel 4-6

Tabel 4-6 Persentase Logam Berat dalam Produk *Paving Block* dengan Kandungan *Sludge* IPAL 25% Tanpa Kalsinasi

Logam Berat	Jumlah	Satuan
Fe	3,32	%
Mn	0,0733	%
Zn	0,0201	%
Cu	0,0062	%
Cr	0,0042	%
Ba	0,0379	%

Sumber: Pengolahan Penulis

4.2.4 Pengujian Mineralogi Produk dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

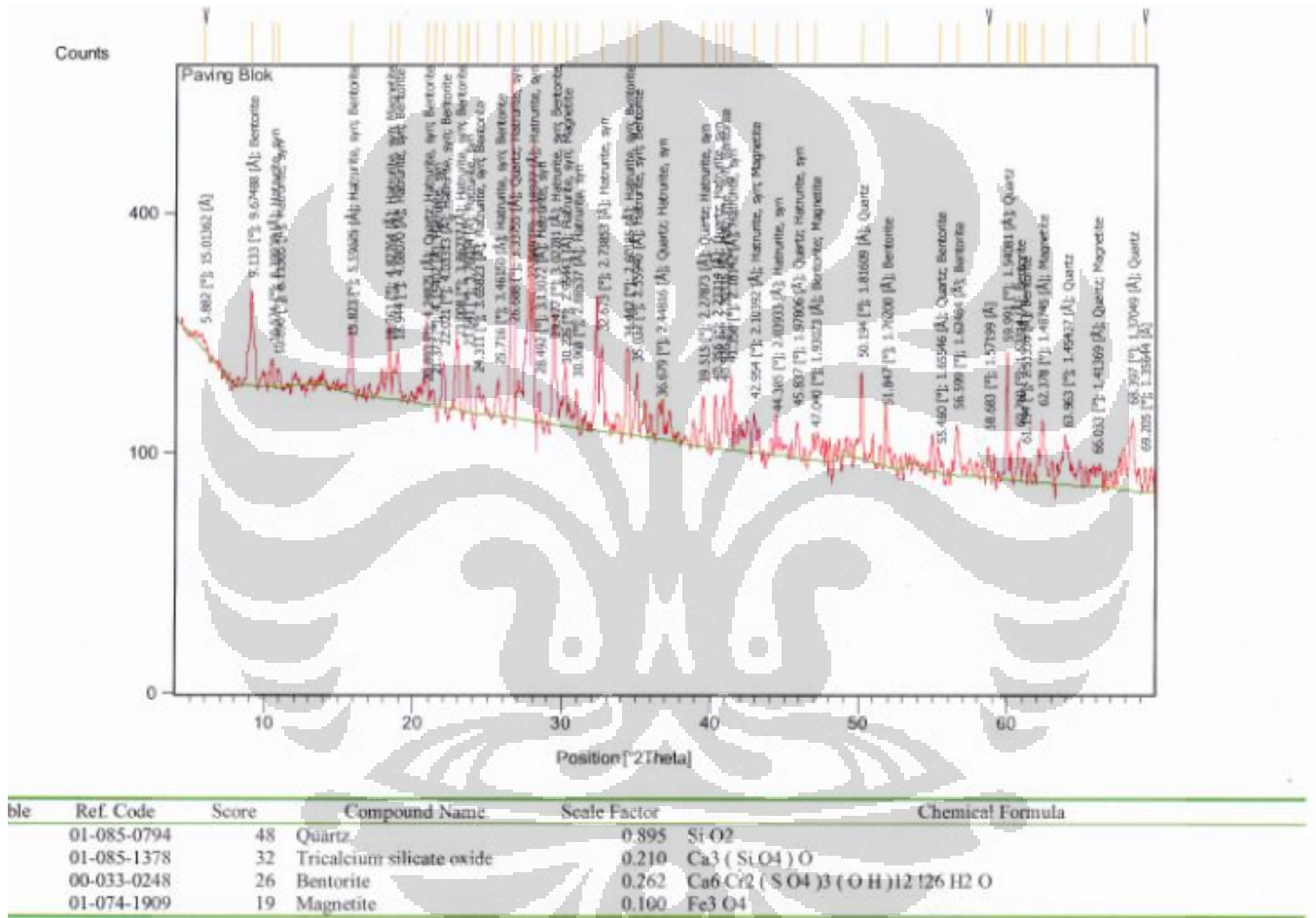
Sama halnya dengan pengujian XRF, pengujian mineralogi dengan difraksi sinar-x atau yang lebih dikenal dengan XRD juga dilakukan pada produk s/s dengan kandungan *sludge* IPAL 25% tanpa kalsinasi. Hasil pengujian dan rekaman spectrum nya dapat dilihat pada Gambar 4-13 dan Gambar 4-14

Pemerian umum (brief description):			
Batupasir lanauan berwarna abu-abu terang, butiran sangat halus, mudah dihancurkan dengan diremas, ada sedikit mineral magnetite.			
Mineral terperi (identified mineral):			
Nama mineral (mineral name)	%	Nama mineral (mineral name)	%
Quartz			
Tricalcium silicate oxide			
Bentorite			
Magnetite			
Parameter pengukuran (measurement parameter):			
File name	E:\XPERT	PSD Length [°2Th.]	2.13
DATA\2012\028\Paving Blok.xrdml		Offset [°2Th.]	0.0000
Comment	GeolLabs	Divergence Slit Type	Fixed
Measurement Date / Time	6/4/2012 4:35:53 PM	Divergence Slit Size [°]	0.9570
Operator	Pusat Penelitian	Specimen Length [mm]	10.00
Raw Data Origin	XRD measurement	Measurement Temperature [°C]	25.00
(* .XRDML)		Anode Material	Cu
Scan Axis	Gonio	K-Alpha1 [Å]	1.54060
Start Position [°2Th.]	4.0084	Generator Settings	25 mA, 40 kV
End Position [°2Th.]	69.9854	Goniometer Radius [mm]	240.00
Step Size [°2Th.]	0.0170	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Scan Step Time [s]	4.1750	Incident Beam Monochromator	No
Scan Type	Continuous	Spinning	No
PSD Mode	Scanning		

Gambar 4-13 Hasil Uji XRD Produk *Paving Block* dengan Kandungan *Sludge* IPAL 25% Tanpa Kalsinasi

Sumber: Laboratorium Pusat Survei Geologi, Mei 2012

Dari Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa mineral yang teridentifikasi pada pengujian ini yaitu *quartz* (kuarsa), *tricalcium silicate oxide*, *bentorite*, *magnetite*. Kuarsa yang terdiri dari komposisi kimia SiO_2 merupakan salah satu bahan pembentuk semen yang berfungsi sebagai pasta pengikat agregat dalam produk. Keberadaan *tricalcium silicate oxide* mempengaruhi kekuatan tekan awal dan panas hidrasi produk, semakin tinggi maka semakin tinggi juga kekuatan tekan awal dan hidrasinya.



Gambar 4-14 Rekaman Spektrum Hasil Uji XRD *Paving Block* dengan Kandungan *Sludge* IPAL 25% Tanpa Kalsinasi

Sumber: Laboratorium Pusat Survei Geologi, Mei 2012

4.2.5 Pengujian TCLP Produk

Pengujian TCLP ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keluruhan (*leached*) dari sifat B3 dalam *sludge* IPAL setelah mengalami proses stabilisasi dan solidifikasi dengan dijadikan produk *paving block*. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk memenuhi pasal 34 ayat 3 PP 18/1999 dan PP 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (limbah B-3) dan Keputusan Kepala Bapedal Nomor 03/Bapedal/09/1995, tentang Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah B-3, dimana setiap pengolahan limbah B-3 dengan cara stabilisasi dan solidifikasi wajib memenuhi persyaratan uji TCLP.

Pengujian TCLP dilakukan di Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah (LLHD) DKI Jakarta. Sampel yang diujikan pada uji TCLP ini merupakan produk *paving block* dengan kandungan *sludge* IPAL 25% hal tersebut dipilih karena memiliki kuat tekan yang lebih baik dibanding produk *paving block* dengan kombinasi 50%. Pada pengujian ini terdapat 8 parameter logam berat yang diujikan yaitu besi, kadmium, kromium, nikel, seng, tembaga, timah hitam, dan mangan. Hasil pengujian TCLP terhadap contoh produk *paving block* dengan kandungan *sludge* IPAL 25% tanpa kalsinasi terdapat dalam Tabel 4-7

Tabel 4-7 Hasil Uji TCLP *Paving block* dengan Kandungan *Sludge* IPAL 25%
Tanpa Kalsinasi

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Besi (Fe)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1310
2	Cadmium (Cd)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1311
3	Kromium (Cr)	mg/L	0.06	TCLP/EPA.SW.846 Method 1312
4	Nikel (Ni)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1313
5	Seng (Zn)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1314
6	Tembaga (Cu)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1315
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1316
8	Mangan (Mn)	mg/L	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1317

Keterangan :

*) tidak terdeteksi

Sumber: Laboratorium LLHD DKI Jakarta, Mei 2012

Dari hasil uji TCLP produk pada Tabel 4-7 dapat dilihat bahwa hanya Cr saja yang dapat terdeteksi yaitu sebesar 0,06 mg/L sedangkan parameter logam berat lainnya tidak terdeteksi karena konsentrasinya yang sangat kecil. Kecilnya nilai konsentrasi logam berat pada produk terjadi karena jumlah *sludge* IPAL yang digunakan sebagai bahan pengganti dalam produk ini tidak besar dan efektivitas dari teknik solidikasi itu sendiri dimana dapat menurunkan toksisitas dalam produknya.

Tabel 4-8 Perbandingan Hasil Uji *Sludge* IPAL dengan Produk *Paving Block*

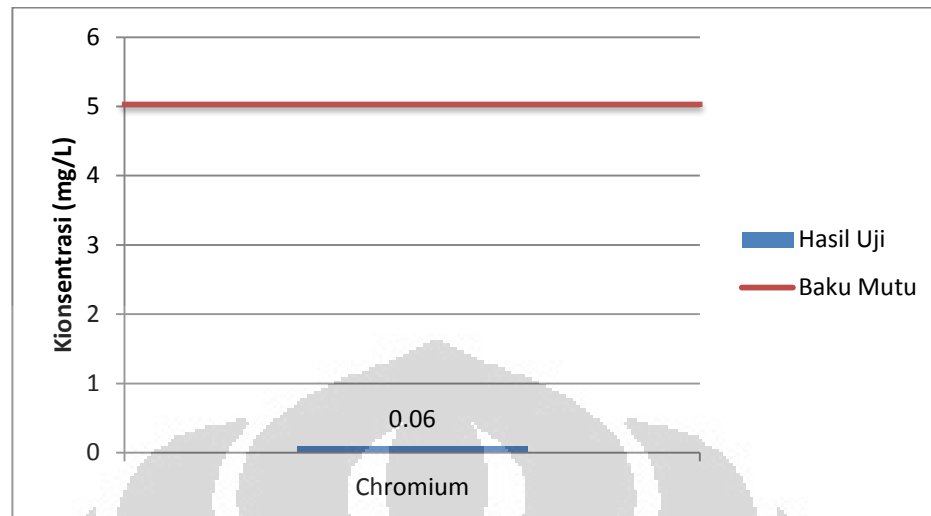
No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Metoda Uji
			<i>Sludge</i> IPAL	<i>Paving block</i> 25%	
1	Besi (Fe)	mg/L	4.79	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1310
2	Cadmium (Cd)	mg/L	*	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1311
3	Kromium (Cr)	mg/L	*	0.06	TCLP/EPA.SW.846 Method 1312
4	Nikel (Ni)	mg/L	*	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1313
5	Seng (Zn)	mg/L	17.8	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1314
6	Tembaga (Cu)	mg/L	*	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1315
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	0.05	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1316
8	Mangan (Mn)	mg/L	3.53	*	TCLP/EPA.SW.846 Method 1317

Keterangan :

*) tidak terdeteksi

Sumber: Laboratorium LLHD DKI Jakarta, Mei 2012

Apabila dibandingkan kepada data awal pengujian TCLP sebenarnya pada logam Cr awalnya tidak terdapat dalam *sludge* IPAL itu sendiri namun ketika dilakukan pengujian TCLP pada produk, keberadaan logam Cr dapat terdeteksi. Hal tersebut diakibatkan adanya Cr pada bahan pembentuk *paving block* lainnya seperti agregat halus. Jika dibandingkan dengan baku mutu TCLP, konsentrasi Cr masih aman karena masih jauh dibawah baku mutunya yaitu 5 mg/L.



Gambar 4-15 Hasil Uji TCLP Chromium (Cr) pada Produk s/s dengan Kandungan
Sludge IPAL 25%

Sumber: Pengolahan Penulis

4.2.6 Uji Leaching Air Rendaman Produk

Pemeriksaan logam berat juga dilakukan pada air rendaman produk s/s yang dibuat memiliki pH menyerupai pH air hujan Lematang yaitu 5,5 (berdasarkan hasil pengukuran pH air hujan Lematang 24 Februari 2012) selama 30 hari. Walaupun berdasarkan pengujian TCLP baik pada *sludge* IPAL maupun produknya, konsentrasi logam berat yang terdeteksi masih dibawah baku mutu, namun tetap dilaksanakan pemeriksaan logam berat pada air rendaman untuk memastikan bahwa produk tersebut tidak memiliki dampak buruk terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia akibat logam berat yang mungkin terlepas dari produk tersebut. Hasil pemeriksaan logam berat ditunjukkan pada Tabel 4-9

Tabel 4-9 Hasil Pemeriksaan Logam Berat pada Air Rendaman Produk

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Besi (Fe)	mg/L	0,10
2	Cadmium	mg/L	< 0,003
3	Cromium	mg/L	<0,006
4	Nikel (Ni)	mg/L	<0,010
5	Seng (Zn)	mg/L	<0,006
6	Tembaga (Cu)	mg/L	<0,006
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	<0,023
8	Mangan	mg/L	<0,004

Keterangan : *) Tidak terdeteksi

Sumber: Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah DKI Jakarta, Juni 2012

Berdasarkan Tabel 4-9 dapat disimpulkan bahwa hanya terdeteksi Fe dengan konsentrasi 0,10 mg/L sedangkan logam lainnya tidak terdeteksi logam berat pada air rendaman produk. Hal tersebut dapat dikarenakan struktur matriks pada produk yang cukup padat dan stabil sehingga dapat mencegah lepasnya logam berat ke lingkungan. Kehadiran logam berat mungkin saja ada namun dalam konsentrasi yang sangat kecil sehingga tidak terdeteksi saat pengujian berlangsung. Selain itu diperlukan waktu yang jauh lebih panjang waktu perendaman 30 hari sehingga konsentrasi logam berat yang terlepas dari produk semakin besar dan konsentrasinya dapat dideteksi.

4.3 Prospek Pengembangan Produk

4.3.1 Teknis dan Kualitas Produk

Salah satu aspek yang dapat menunjukkan suatu produk berkualitas baik yaitu dengan melihat karakteristik fisiknya seperti kekuatan tekan dan penyerapan airnya. Namun dari hasil kuat tekan pada produk s/s memiliki kualitas dibawah *paving block* standar. Produk *paving block* hasil solidifikasi ini dapat memiliki kualitas yang lebih baik apabila produk *paving block* dibuat dengan menggunakan peralatan dengan teknologi yang lebih baik dibanding dengan cara manual yaitu dengan mesin cetak. Selain itu, untuk meningkatkan mutu dari produk s/s ini, dapat ditambahkan suatu bahan yang sifatnya dapat meningkatkan kekuatan dari produk. Bahan tambahan itu

dapat berupa *fly ash* (abu terbang). Dengan karakteristik fisik yang baik sesuai dengan standar yang telah ditetapkan maka produk *paving block* hasil solidifikasi layak untuk di produksi.

Namun kuat tekan yang dihasilkan dari produk yang mengandung *sludge* IPAL 25% lebih cocok dimanfaatkan sebagai bahan bangunan yaitu batako, karena dengan nilai kuat tekan dan penyerapan yang dihasilkan dari produk, sudah memenuhi SNI 03-0349-1989 tentang bata beton (batako) tanpa perlu dilakukan beberapa perlakuan yang dapat meningkatkan mutunya. Produk batako yang dihasilkan lebih cocok digunakan pada pembuatan dinding nonstruktural dengan peruntukannya pada SNI 03-0349-1989 misalnya dinding penyekat maupun pagar. Dinding non-struktural tersebut haruslah terlindung dari cuaca mengingat hasil kuat tekan yang dicapai hanya memenuhi mutu III dan IV sesuai peruntukannya..

4.3.2 Lingkungan

Berdasarkan hasil uji TCLP yang telah diujikan terhadap 8 logam berat menunjukkan bahwa produk s/s memiliki karakteristik logam berat dibawah baku mutu PP No.85 tahun 1999 sehingga dapat dikatakan bahwa produk s/s aman bagi lingkungan. Demikian juga

Selama ini limbah *sludge* IPAL tidak dimanfaatkan, *sludge* IPAL hanya dikirim ke PPLI. Oleh sebab itu, dengan adanya pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti dalam pembuatan *paving block* maupun batako diharapkan kelimpahan limbah dapat dikurangi sehingga mendukung konsep *zero waste* pada industri.

Selain itu, dengan adanya Program Peringkat Kinerja Perusahaan atau “PROPER” yang diluncurkan mulai tahun 2012 oleh Kementerian Lingkungan Hidup, dengan melakukan pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dalam pembuatan *paving block* maupun batako dapat membantu perusahaan untuk meraih kriteria atau peringkat warna hijau yaitu peringkat untuk usaha dan/atau kegiatan yang telah melakukan pengelolaan lingkungan lebih dari yang dipersyaratkan dalam peraturan melalui pelaksanaan sistem pengelolaan lingkungan, pemanfaatan sumber daya secara efisien melalui upaya 4R (*reduce, reuse, recycle, dan recovery*), dan

melakukan upaya tanggung jawab sosial (CSR) dengan baik. Hal itu dikarenakan berdasarkan rencana awal perusahaan apabila pemanfaatan ini dapat diaplikasikan, produk s/s yang dihasilkan sebagian akan diperuntukan untuk program CSR untuk masyarakat sekitar blok Lematang.

4.3.3 Ekonomis

Pada penelitian ini juga akan dikaji pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti suatu material dari sisi ekonomis. Namun pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai *paving block* yang memenuhi standar SNI *Paving block* kurang menguntungkan karena :

- Hanya dapat digantikan dengan 10% limbah sehingga upaya pengurangan limbah nya kurang signifikan
- Melibatkan proses kalsinasi sehingga membutuhkan peralatan yang mahal
- Proses kalsinasi berpotensi mengeluarkan senyawa volatil yang berbahaya

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pada penulisan ini akan diperhitungkan biaya pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dalam pembuatan batako dimana dengan kandungan *sludge* IPAL 25% tanpa dikalsinasi terlebih dahulu karena sudah memenuhi mutu III maupun IV SNI 03-0348-1989 tentang Batako. Terdapat dua kondisi yang akan diperhitungkan dan kemudian dibandingkan yang didasarkan *cost and benefit analysis* yaitu :

- *Sludge* IPAL tersebut langsung dibawa ke PPLI untuk dilakukan pengolahan limbah B3 tanpa ada pemanfaatan
- Dilakukan pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dalam pembuatan batako dengan kandungan *sludge* IPAL 25%

Pada Tabel 4-10 dapat dilihat beberapa data terkait yang akan diperlukan untuk menghitung baik biaya pengolahan PPLI maupun biaya pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai batako pejal.

Tabel 4-10. Data untuk Menghitung Biaya Pemanfaatan

Daftar	Harga	Unit
Semen @ 40 kg	54000	rupiah /sak
Agregat halus ($\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$)	135000	rupiah /m ³
Perlengkapan	2000000	Rupiah
Upah pekerja	100000	rupiah /orang
Bangunan	3000000	Rupiah
Harga pengolahan (PPLI)	70	\$/150kg
Harga batako di pasaran	1200	rupiah /buah

Sumber : Faris dan Danu. (2012). Personal Interview

Selain data yang tertera pada Tabel 4-10 digunakan juga beberapa data yang sudah diketahui maupun asumsi untuk membantu menyelesaikan perhitungan ini yaitu :

- Produksi *sludge* IPAL 207 kg/hari dan jumlah hari produksi 20 hari /bulan
- Kandungan *sludge* dalam batako sebesar 25%
- Untuk dapat dimanfaatkan *sludge* perlu dikeringkan sehingga beratnya berkurang 50 % dari berat awal
- Kapasitas produksi 3 m² /hari
- Jumlah *sludge* yang dimanfaatkan 95 kg
- 1 m² batako setara dengan 13 buah
- Umur depresiasi alat selama 2 tahun
- Diperlukan 3 tenaga kerja untuk kegiatan pemanfaatan *sludge* IPAL
- 1 \$ = Rp 9000,00
- Kebutuhan bahan batako untuk ukuran 40 x 20 x 10 cm/buah ditunjukkan dalam Tabel 4-11

Tabel 4-11. Kebutuhan Bahan Batako per Buah

Kebutuhan Bahan	1 : 3 : 1 (25%)
	Massa (kg)
Semen	2,49
Agregat Halus	7,21
<i>Sludge</i> IPAL	2,49
Total	12,19

Sumber : Pengolahan Penulis

Tabel 4-12. Perhitungan *Cost and Benefit Analysis*

BENEFIT			COST		
Kondisi 1					
			Biaya Pengolahan di PPLI	869400	rupiah/hari
			207 kg x 70\$/150 kg x Rp 9000/\$		
TOTAL	0	rupiah/hari	TOTAL	869400	rupiah/hari
Kondisi 2					
			Biaya pemanfaatan		
			Semen		
			2,49 kg/buah x 13 buah/m ² x 3 m ² = 95 kg	127813	rupiah/hari
			95 kg semen x Rp 54000/40 kg		
Pengurangan biaya di PPLI	869400	rupiah/hari	Agregat halus		
			7,28 kg/buah x 13 buah/m ² x 3 m ² = 285 kg	21911	rupiah/hari
			285 kg pasir = 0,163 m ³ x Rp 135000		
			Upah		
			3 pekerja x Rp 100000/pekerja	300000	rupiah/hari
			Lain-lain		
			(perlengkapan + bangunan) /umur depresiasi		
			(Rp 4000000 + Rp 3000000)/480 hari	14583	rupiah/hari
			produksi		
			Operasional	10000	rupiah/hari
TOTAL	873000	rupiah/hari	TOTAL	474307	rupiah/hari

Sumber : Pengolahan Penulis

Dari hasil analisis biaya dan manfaat yang terdapat pada Tabel 4-12, pada kondisi 1 yaitu apabila perusahaan memutuskan untuk membawa limbah untuk dilakukan pengolahan ke PPLI maka perusahaan harus mengeluarkan biaya sebesar Rp 869400/hari dan tidak memiliki keuntungan yang didapatkan. Sedangkan pada kondisi 2, perusahaan diperkirakan hanya akan membutuhkan biaya sebesar Rp 474307/hari untuk dapat melakukan pemanfaatan *sludge* IPAL sebagai bahan pengganti dalam pembuatan batako. Total biaya pengeluaran pada perusahaan dapat berkurang sebesar 45,5% jika melakukan pemanfaatan limbah. Selain itu, dengan melakukan pemanfaatan juga perusahaan akan mendapatkan keuntungan karena dengan pemanfaatan yang dilakukan dapat mengurangi biaya pengolahan yang harus dibayarkan ke PPLI sebesar Rp 869400/hari dan menghasilkan 3 m² batako yang senilai dengan harga Rp 46800/hari sehingga total keuntungannya mencapai Rp 873000/hari.

4.4 Perbandingan Hasil Dengan Penelitian Yang Relevan

Walaupun pada dasarnya penelitian pemanfaatan limbah dengan teknik solidifikasi ini sudah banyak dilakukan, namun hasil penelitian antara penelitian yang satu dengan yang lain tidaklah sama. Perbedaan karakteristik limbah dan perlakuan yang diterapkan pada masing-masing penelitian menyebabkan hal tersebut terjadi. Secara lebih ringkas hasil penelitian yang relevan yaitu pemanfaatan limbah dengan teknik solidifikasi dijabarkan pada Tabel 4-13

Tabel 4-13 Perbandingan Hasil Penelitian Yang Relevan

Studi	Komposisi	Kuat Tekan (kg/cm ²)	TCLP		Ekonomis
			Parameter	Keterangan	
Pemanfaatan <i>Sludge</i> IPAL dari Lokasi Produksi Gas Bumi PT. Medco E&P Lematang Sebagai Bahan Pengganti Dalam Pembuatan <i>Paving Block</i> (Syifarahma Ayu, 2012)	20% semen, 60% pasir, 20% limbah	31,25	Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Fe, Ni, Mn	Memenuhi PP 85 Th 1999	Melakukan pemanfaatan dapat mengurangi biaya pengolahan limbah 45,5%
Pemanfaatan Limbah (<i>Oil Sludge</i>) Sebagai Bahan Utama Dalam Pembuatan Bata Konstruksi <i>Paving Block</i> (Rut Maria Ginting, 2009)	12,5% semen, 12,5% <i>waterglass</i> , 15% pasir, 60% limbah	171,5	-	-	-
Pemanfaatan Limbah <i>Sludge</i> Industri Kertas Sigaret Untuk Bahan Baku Bata Beton (Henggar Hardiani, 2009)	15% semen, 51% pasir, 34% limbah	17,67	Cd, Cr, Pb, Cu, Zn, Hg, Ba, Se, As, B, Ag	Memenuhi PP 85 Th 1999	-
Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT. Pertamina UP IV Cilacap Jawa Tengah Sebagai Bata Tahan Api (Teknik Solidifikasi) (Magdalena Silitonga, 2008)	10% limbah TA-5, 30% limbah <i>sand blasting</i> , 10% limbah alumina, 25% <i>feldspar</i> , 15% kaolin, 5% <i>vulkano stone</i> , 5% <i>fireclay</i>	128	Pb, Cu, Cr, Zn	Memenuhi PP 85 Th 1999	-
Solidifikasi Limbah Alumina dan <i>Sand Blasting</i> PT. Pertamina UP IV Cilacap Sebagai Campuran Bahan Pembuat Keramik (Henri Dwi Kurniasih, 2008)	10% kaolin, 30% tanah liat, 15% limbah <i>sand blasting</i> , 25% limbah alumina	-	Pb, Cu, Cr, Zn	Memenuhi PP 85 Th 1999	Biaya pembuatan produk per buah sebesar Rp 7113,00
Penelitian Beton Berpori (<i>Porous Concrete</i>) dengan Pemanfaatan Limbah Finishing Industri Manufaktur Sebagai Bahan Agregat Halus (Rendy Koestiawan, 2007)	7,75% semen, 77,25% agregat kasar, 11% pasir, 4% limbah	20,31	Fe, Mn, Zn	Memenuhi PP 85 Th 1999	-
Pemanfaatan Padatan <i>Sludge</i> Minyak Sebagai Bahan Pencampur Pembuatan Bata Merah (Suwarno, 2002)	77,5% <i>clay</i> , 22,5% limbah	115,38	Cr, Cu, Zn	Memenuhi PP 85 Th 1999	-

Sumber : Pengolahan Penulis

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pada pemanfaatan *sludge* IPAL dari lokasi pusat produksi gas bumi PT. Medco E&P Lematang sebagai bahan pengganti dengan komposisi 1 : 3 : 1 (kandungan *sludge* IPAL 25%) tanpa kalsinasi:

- Memenuhi SNI Batako Pejal Mutu IV dengan nilai kuat tekan produk s/s sebesar 31,25 kg/cm² dan penyerapan air sebesar 15,45% dengan peruntukannya sebagai pasangan dinding nonstruktural yang terlindung dari cuaca luar.
- Berdasarkan uji XRF dan TCLP diketahui bahwa produk s/s mampu mengimobilisasi keberadaan logam berat yaitu Fe, Mn, Zn dan Cu.
- Berdasarkan hasil uji TCLP terhadap parameter 8 logam berat yang diujikan pada produk s/s, yaitu Cr, Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Fe, dan Mn hanya terdeteksi keberadaan logam Cr dengan konsentrasi 0,06 mg/L dimana konsentrasi tersebut masih dibawah ambang batas baku mutu PP No.85 tahun 1999 sehingga dapat dikatakan bahwa produk s/s aman bagi lingkungan
- Memberikan keuntungan kepada perusahaan sebesar 45,5% dalam mengurangi biaya untuk pengolahan limbah berdasarkan perhitungan *cost and benefit analysis*.

5.2 Saran

Untuk perbaikan kearah yang lebih baik, maka untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan perbaikan-perbaikan, diantaranya :

- Mengingat bahaya yang mungkin ditimbulkan akibat pemanfaatan *sludge* IPAL maka perlu untuk dilakukan pengujian uji karakteristik limbah B3 sebagaimana tercantum dalam pasal 7 ayat 3 pada PP 85 tahun 1999 untuk mendefinisikan sifat limbah tersebut yaitu mudah meledak, reaktif, mudah terbakar, infeksius, dan korosif.

- Pengujian TCLP organik sebaiknya dilakukan baik pada *sludge* IPAL maupun produk s/s yang dihasilkan agar memastikan bahwa pemanfaatan *sludge* IPAL tidak menimbulkan resiko terhadap kesehatan maupun lingkungan.
- Karena pengujian unsur kimia dengan menggunakan metode XRF tidak dapat dilakukan untuk *sludge* IPAL, maka perlu dikaji cara yang lebih cocok untuk dapat mengidentifikasi kandungan *sludge* IPAL secara kuantitatif.
- Pada penelitian dapat diketahui bahwa dengan melakukan kalsinasi 300°C pada *sludge* IPAL dapat menghasilkan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan tidak dilakukannya kalsinasi. Oleh karena itu dirasa perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui suhu kalsinasi optimum untuk mendapatkan hasil produk dengan kuat tekan maksimal.
- Perlu dilakukan pengujian karakteristik fisik agregat seperti berat isi, kadar air, kadar lumpur, penyerapan air yang kemudian dibandingkan antara agregat halus yang biasa digunakan dengan *sludge* IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

- A M, Neville. (1981). *Properties of Concrete*. London
- Asia., Enweani., & Eguavoen. (2006). *Characterization and treatment of sludge from the petroleum industry. African Journal of Biotechnology*, 6
- Damanhuri, Enri. : Diklat kuliah pengelolaan limbah B3 TL 3204 Edisi Semester II 2009/2010, Teknik Lingkungan ITB
- Dwi Kurniasari, Heni. *Solidifikasi Limbah Alumina dan Sand Blasting PT.Pertamina UP IV Cilacap Sebagai Campuran Bahan Pembuat Keramik*. Skripsi. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. 2008
- Ginting, Rut Maria. 2009. *Pemanfaatan Limbah (Oil Sludge) Sebagai Bahan Utama Dalam Pembuatan Bata Konstruksi Paving block*. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara, Medan. 2009
- Hardiani, Henggar. *Pemanfaatan Limbah Sludge Industri Kertas Sigaret Untuk Bahan Baku Bata Beton*. Jurnal. Bandung. 2009
- Hema, Patel., & Suneel, Pandey. (2011). *Evaluation of physical stability and leachability of Portland Pozzolona Cement (PPC) solidified chemical sludge generated from textile wastewater treatment plants. Journal of Hazardous Materials*, 23, 2362-2370.
- Jauhari, Imam. *Studi Perilaku Kuat Tekan dan Susut pada Beton dengan Tambahan Kaca Sebagai Filter dan Agregat Halus*. Skripsi. Program Sarjana Universitas Indonesia, Depok. 2010
- John W. Anthony, Richard A. Bideaux, Kenneth W. Bladh, and Monte C. Nichols, Eds., *Handbook of Mineralogy*, Mineralogical Society of America, Chantilly, VA 20151-1110, USA. 2003. 16 Juni 2012.
<<http://www.handbookofmineralogy.org/>>
- Keputusan Kepala Bapedal No. 3 Tahun 1995 Tentang: Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun

- Koestiawan, Rendy. Penelitian Beton Berpori (*Porous Concrete*) dengan Pemanfaatan Limbah Finishing Industri Manufaktur Sebagai Bahan Agregat Halus. Skripsi. Program Sarjana Universitas Indonesia, Depok. 2007
- LaGrega, Michael., Buckingham, Phillip., Evans, Jeffrey., & Management, Environmental Resources. (2000). *Hazardous Waste Management 2nd Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Munir, Misbachul. Pemanfaatan Abu Batu Bara (*Fly Ash*) Untuk *Hollow* yang Bermutu dan Aman bagi Lingkungan. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang. 2008
- Naibaho, Reni. Pembuatan dan Karakterisasi *Paving block* Sebagai Beton Konstruksi Dengan Menggunakan Campuran *Oil Sludge* dan Semen. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara, Medan. 2009
- Osman, Gencil., Cengiz, Ozel., Fuat, Koksall., Ertugrul, Erdogmus., Gonzalo., Martine, Barrerae., & Witold, Brostowf: *Properties of concrete paving blocks made with waste marble*. *Journal of Cleaner Production*, 21, 62-70.
- Pellant, Chris. (2002). *Smithsonian Handbooks: Rocks & Minerals 1st Edition*. London : DK Adults.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 2 Tahun 2008 Tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun
- Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun
- Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 Tentang: Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun
- Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun
- PT Medco E & P Indonesia. 2009. “*Annual Report 2011*”.
- PT Medco E & P Lematang. “*General Introduction*”.
- Purba, Radiks. Analisa Biaya Dan Manfaat (*Cost And Benefit Analysis*). Jakarta : Rineka Cipta. 1997

Silitonga, Magdalena. Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun PT. Pertamina UP IV Cilacap Jawa Tengah Sebagai Bata Tahan Api (Teknik Solidifikasi). Skripsi. Program Sarjana Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. 2008

SNI 03-0348-1989 Batako

SNI 03-0691-1996 Bata Beton (*Paving block*)

Suwarno. Pemanfaatan Padatan *Sludge* Minyak Sebagai Bahan Pencampur Pembuatan Bata Merah. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Semarang. 2002

Teknologi Pengolahan Limbah B3 (2008) 22 Oktober 2011.
<<http://majarimagazine.com/2008/01/teknologi-pengolahan-limbah-b3/>>

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

LAMPIRAN A

Tabel A.1. Kebutuhan Bahan Tiap Sampel

Persentase Limbah	0%	10%	25%	50%
	Massa (gr)	Massa (gr)	Massa (gr)	Massa (gr)
Semen	576	576	576	576
Agregat Halus	2304	2074	1728	1152
Sludge IPAL	576	230	576	1152
Total	2880	2880	2880	2880

Tabel A.2. Faktor Air Semen

Persentase Limbah	0%	10%	25%	50%
Fas	0,3	0,5	0,6	0,8

Tabel A.3. Hasil Pengukuran Berat Jenuh dan Berat Kering

Produk S/S Tanpa Kalsinasi

No	Kandungan Limbah	Berat Jenuh	Berat Kering
	(%)	(gr)	(gr)
1	0	2682	2464
2	10	2239	1979
3	25	2047	1773
4	50	1908	1579

Tabel A.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Produk S/S Tanpa Kalsinasi

No	Kandungan Limbah (%)	Umur Beton (hari)	Gaya Tekan Pada Dial P (kg)	Luas Permukaan Tekan A (cm ²)
1	0	28	57500	200
2	10		12480	200
2	25		6250	200
3	50		3600	200

Tabel A.5. Hasil Pengukuran Berat Jenuh dan Berat Kering
Produk S/S dengan Kalsinasi

No	Kandungan <i>Sludge</i> IPAL	Berat Jenuh	Berat Kering
	(%)	(gr)	(gr)
1	10	255	226
2	25	233	202
3	50	178	144

Tabel A.6. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Produk S/S Kalsinasi

No	Kandungan Limbah (%)	Umur Beton (hari)	Gaya Tekan Pada Dial P (kg)	Luas Permukaan Tekan A (cm ²)
2	10	28	2180	25
2	25		1070	25
3	50		580	25

LAMPIRAN B



Gambar (a) Mesin Belt Filter Press; (b) *Sludge* IPAL dari Mesin Belt Filter Press; (c) Pengancuran *Sludge* IPAL; (d) *Sludge* IPAL yang Telah Diayak



(e)



(f)



(g)



(h)

Gambar (e) Pengujian Kuat Tekan; (f) Penimbangan Produk S/S; (g) Pengecekan pH Air Rendaman; (h) Perendaman Produk S/S

LAMPIRAN C



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
 BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 409 / LAB.2 - P / IV / 2012
 Contoh dari : SYIFARAHMA AYU
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tgl Penerimaan Contoh : 17 April 2012
 Tgl Pengujian Contoh : 17 April 2012 - 01 Mei 2012
 Jenis Contoh : Sludge
 Tipe Lokasi : Sludge IPAL

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Besi (Fe)	mg/L	4.79	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
2	Cardmium	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
3	Cromium (Cr)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
4	Nikel (Ni)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
5	Seng Zn	mg/L	17.80	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
6	Tembaga (Cu)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	0.05	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
8	Mangan	mg/L	3.53	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310

Keterangan :
 *) tidak terdeteksi

Jakarta, 2 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)



Dr. JONI TAGOR H, MM
 NIP 195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berbubung dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.5/SMM-LL; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk industri Daur Ulang



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav. 1 Kuningan Telp. 5209651 - 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkijakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 410 / LAB.2 - P / IV / 2012
 Contoh dari : SYIFARAHMA AYU
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tgl Penerimaan Contoh : 17 April 2012
 Tgl Pengujian Contoh : 17 April 2012 - 01 Mei 2012
 Jenis Contoh : Sludge
 Tipe Lokasi : Paving Block dengan kandungan sludge IPAL 25%

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Besi (Fe)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
2	Cadmium	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
3	Cromium (Cr)	mg/L	0.06	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
4	Nikel (Ni)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
5	Seng Zn	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
6	Tembaga (Cu)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
7	Timah Hitam (Pb)	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310
8	Mangan	mg/L	*	TCLP / EPA.SW.846 Method 1310

Keterangan :
 *) tidak terdeteksi

Jakarta, 2 Mei 2012

KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

[Signature]
 Drs. JONI TAGOR H, MM
 NIP.195804111983091002

Halaman 1 dari 1

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

DPIS.10.SGMM-LI; Rev 1; 01 Februari 2006



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang



PEMERINTAH PROVINSI DAERAH KHUSUS IBUKOTA JAKARTA
BADAN PENGELOLA LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH

Jl. Casablanca Kav 1 Kuningan Telp. 5209651- 5209653, Fax. 52960584, e-mail : llhddkjakarta@yahoo.com
 JAKARTA

Kode Pos : 12950

No. Akreditasi : LP - 126 - IDN

LAPORAN HASIL UJI

Nomor Contoh : 788 / LAB.2 - LC / VI / 2012
 Contoh dari : SYIFARAHMA AYU
 Alamat : Kampus UI, Depok
 Tgl Penerimaan Contoh : 14 Juni 2012
 Tgl Pengujian Contoh : 14 Juni 2012 - 20 Juni 2012
 Jenis Contoh : Air Limbah
 Tipe Lokasi : Air Rendaman Paving Block Tanpa Kalsinasi

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Metoda Uji
1	Timah Hitam (Pb)	mg/L	< 0.023	SNI 6989.8:2009
2	Cadmium	mg/L	< 0.003	SNI 6989.16:2009
3	Besi (Fe)	mg/L	0.10	SNI 6989.4:2009
4	Seng (Zn)	mg/L	< 0.006	SNI 6989.7:2009
5	Tembaga (Cu)	mg/L	< 0.006	SNI 6989.6:2009
6	Mangan	mg/L	< 0.004	SNI 6989.5:2009
7	Nikel (Ni)	mg/L	< 0.010	SNI 6989.18:2009
8	Cromium (Cr)	mg/L	< 0.006	SNI 6989.17:2009

Keterangan :
 Parameter yang tercetak tebal telah diakreditasi oleh KAN

Jakarta, 25 Juni 2012
 KEPALA LABORATORIUM LINGKUNGAN HIDUP DAERAH
 BPLHD PROVINSI DKI JAKARTA
 (Manajer Puncak)

 Drg. JONI TAGOR H, MM
 NIP. 195804111983091002

Catatan : 1. Laporan hasil uji hanya berhubungan dengan contoh yang diuji
 2. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya, tanpa persetujuan tertulis dari laboratorium

No.32/6/DP

No Revisi/Terbit : 1/2

Halaman 1 dari 1



Mari bersama memasyarakatkan penggunaan produk Industri Daur Ulang

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI KIMIA METODE XRF
(XRF METHOD CHEMISTRY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 127/L/GL/2.2/05/2012

Tanggal (date) : 14 Mei 2012

Kode sampel (sample code) : Paving Blok ±500 gram	Tanggal diterima (received date) : 26 April 2012
Kode lab. (lab. code) : 136/2.2/12/0517	Tanggal diuji (analyzed date) : 14 Mei 2012
Lokasi (location) : -	Metode uji (method) : GL-MU-2.2
Kedalaman (depth) : -	Preparator (preparator) : Unang Suwana
Pemilik (property) : Syifarahma Ayu Universitas Indonesia	Analisis (analist) : Amung
	Penyelia (supervisor) : Irfani Agustiany, S.Si

Unsur Kimia (Oksida / Elements)

Oksida (oxides)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Elemen (elements)	Satuan (unit)	Jumlah (amount)	Sd	Ket. (expl.)
SiO ₂	%	35.81	Si	%	16.74	0.11	
TiO ₂	%	0.300	Ti	%	0.180	0.009	
Al ₂ O ₃	%	16.78	Al	%	8.88	0.11	
Fe ₂ O ₃	%	4.75	Fe	%	3.32	0.07	
MnO	%	0.0946	Mn	%	0.0733	0.0037	
CaO	%	18.09	Ca	%	12.94	0.13	
MgO	%	1.67	Mg	%	1.01	0.04	
Na ₂ O	%	1.35	Na	%	1.00	0.05	
K ₂ O	%	1.40	K	%	1.17	0.05	
P ₂ O ₅	%	0.145	P	%	0.0633	0.0032	
SO ₃	%	2.09	S	%	0.837	0.029	
LOI	%	16.53	-	-	-	-	
ZnO	%	0.0250	Zn	%	0.0201	0.0010	
PbO	%	-	Pb	%	-	-	
NiO	%	-	Ni	%	-	-	
ZrO ₂	%	-	Zr	%	-	-	
HfO ₂	%	0.0045	Hf	%	0.0038	0.0009	
HgO	%	-	Hg	%	-	-	
Cs ₂ O	%	-	Cs	%	-	-	
CuO	%	0.0077	Cu	%	0.0062	0.0005	
As ₂ O ₃	%	-	As	%	-	-	
SrO	%	0.0698	Sr	%	0.0590	0.0029	
V ₂ O ₅	%	0.0088	V	%	0.0049	0.0006	
Cr ₂ O ₃	%	0.0061	Cr	%	0.0042	0.0006	
Cl	%	0.0137	Cl	%	0.0137	0.0011	
BaO	%	0.0423	Ba	%	0.0379	0.0066	
Rb ₂ O	%	0.0056	Rb	%	0.0051	0.0004	
Ga ₂ O ₃	%	0.0018	Ga	%	0.0013	0.0002	

Kepala Sub Bidang Laboratorium
(Chief of Laboratory Subdivision)

R. Isnu Hajar Sulistyawan, ST., MT.
NIP. 197305202006041001.

Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI MINERALOGI DIFRAKSI SINAR-X
(X-RAY DIFFRACTION MINERALOGY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 115/L/GL/1.2/04/2012

Tanggal (date) : 25 April 2012

Kode sampel (sample code) : 250 gr Sludge IPAL SYIFA	Tanggal diterima (received date) : 17 April 2012
Kode lab. (lab. code) : 123/1.2/12/0476	Tanggal diuji (analyzed date) : 25 April 2012
Lokasi (location) : -	Metode uji (method) : GL-MU-1.2 bagian (part) 4.2.2, 4.3.2.& 4.4.2
Kedalaman (depth) : -	Preparator (preparator) : Purwo Kawoco
Pemilik (property) : Syifarahma Ayu Universitas Indonesia	Pengambil data (data collector) : Purwo Kawoco
	Interpreter (interpreter) : Ir. Subiyanto MSc.

Pemerian umum (brief description):

Sampel berupa material limbah berukuran lempung sampai lanau berwarna coklat kekuningan.

Mineral terperi (identified mineral):

Nama mineral (mineral name)	Nama mineral (mineral name)
Quartz	
Cryptohalite, syn	
Kamacite	

Parameter pengukuran (measurement parameter):

File name : E:\XP\PERT	PSD Length [°2Th.] : 2.13
DATA\2012\020\250 gr Sludge Ipal Syifa.xrdml	Offset [°2Th.] : 0.0000
Comment : GeolLabs	Divergence Slit Type : Fixed
Measurement Date / Time : 4/18/2012 4:52:22 PM	Divergence Slit Size [°] : 0.9570
Operator : Pusat Penelitian	Specimen Length [mm] : 10.00
Raw Data Origin (*,XRDML) : XRD measurement	Measurement Temperature [°C] : 25.00
Scan Axis : Gonio	Anode Material : Cu
Start Position [°2Th.] : 4.0084	K-Alpha1 [Å] : 1.54060
End Position [°2Th.] : 79.9814	Generator Settings : 30 mA, 40 kV
Step Size [°2Th.] : 0.0170	Goniometer Radius [mm] : 240.00
Scan Step Time [s] : 4.1750	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] : 91.00
Scan Type : Continuous	Incident Beam Monochromator : No
PSD Mode : Scanning	Spinning : No

Ulasan (comment):

Rekaman spektrum (spectral record):

Terlampir (enclosed)

Kepala Sub/Bidang Laboratorium
(Chief of Laboratory Subdivision)

R. Isnu Jajar Sulistyawan, ST. MT.
NIP. 197305202006041001.

Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI MINERALOGI DIFRAKSI SINAR-X
(X-RAY DIFFRACTION MINERALOGY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 115/L/GL/1.2/04/2012

Tanggal (date) : 25 April 2012

Kode sampel : 300 gr Sludge IPAL SYIFA (sample code)	Tanggal diterima : 17 April 2012 (received date)
Kode lab. : 123/1.2/12/0477 (lab. code)	Tanggal diuji : 25 April 2012 (analyzed date)
Lokasi : - (location)	Metode uji : GL-MU-1.2 bagian (part) 4.2.2, (method) 4.3.2. & 4.4.2
Kedalaman : - (depth)	Preparator : Purwo Kawoco (preparator)
Pemilik : Syifarahma Ayu (property) Universitas Indonesia	Pengambil data : Purwo Kawoco (data collector)
	Interpreter : Ir. Subiyanto MSc. (interpreter)

Pemerian umum (brief description):

Sampel berupa material limbah berukuran lempung sampai lanau berwarna coklat kekuningan.

Mineral terperi (identified mineral):

Nama mineral (mineral name)	Nama mineral (mineral name)
Quartz	
Cryptohalite, syn	
Kamacite	
Perovskite (Mg,Si), syn	

Parameter pengukuran (measurement parameter):

File name : E:\XPERT	PSD Length [°2Th.] : 2.13
DATA\2012\020\300 gr Sludge Ipal Syifa.xrdml	Offset [°2Th.] : 0.0000
Comment : GeolLabs	Divergence Slit Type : Fixed
Measurement Date / Time : 4/18/2012 4:59:24 PM	Divergence Slit Size [°] : 0.9570
Operator : Pusat Penelitian	Specimen Length [mm] : 10.00
Raw Data Origin : XRD measurement	Measurement Temperature [°C] : 25.00
(*XRDML)	Anode Material : Cu
Scan Axis : Gonio	K-Alpha1 [Å] : 1.54060
Start Position [°2Th.] : 4.0084	Generator Settings : 30 mA, 40 kV
End Position [°2Th.] : 79.9814	Goniometer Radius [mm] : 240.00
Step Size [°2Th.] : 0.0170	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm] : 91.00
Scan Step Time [s] : 4.1750	Incident Beam Monochromator : No
Scan Type : Continuous	Spinning : No
PSD Mode : Scanning	

Ulasan (comment):

Rekaman spektrum (spectral record):

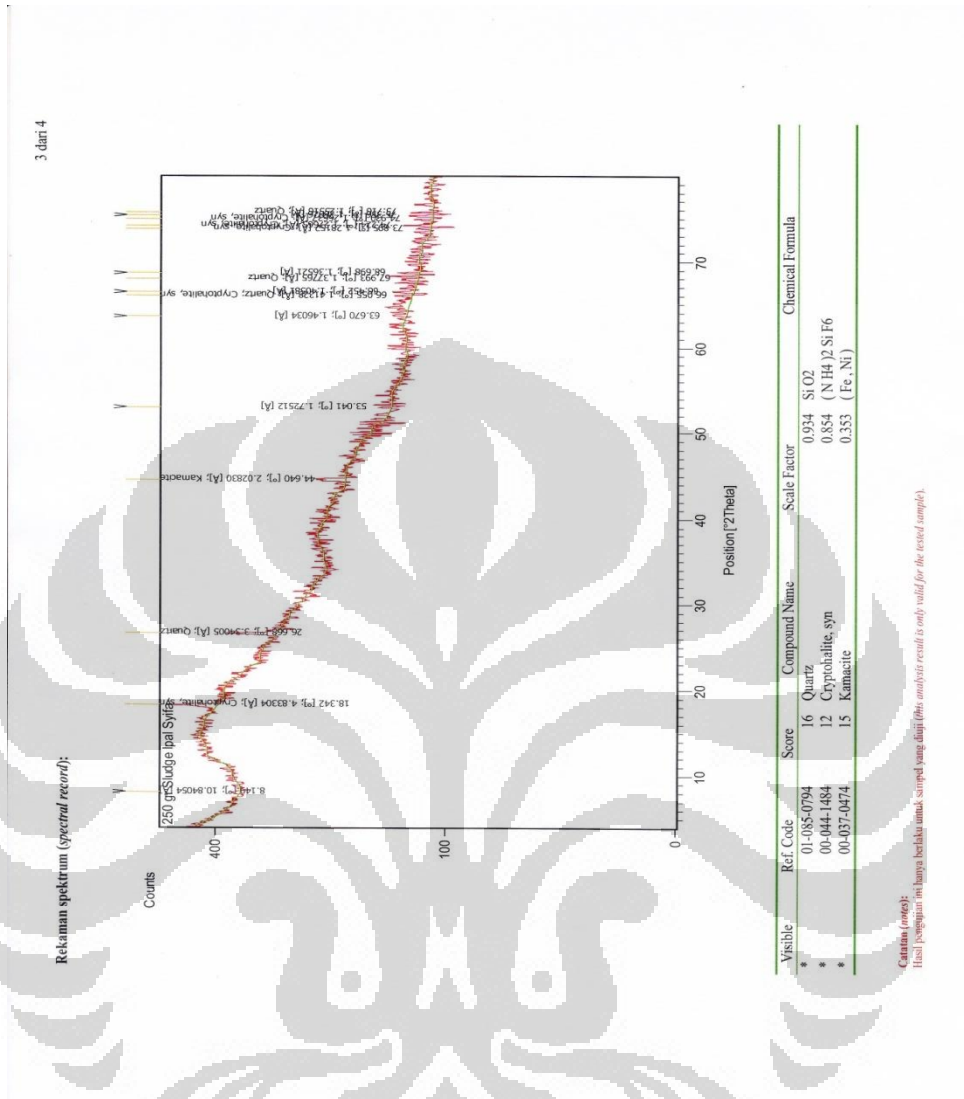
Terlampir (enclosed)

Kepala Sub Bidang Laboratorium
(Chief of Laboratory Subdivision)

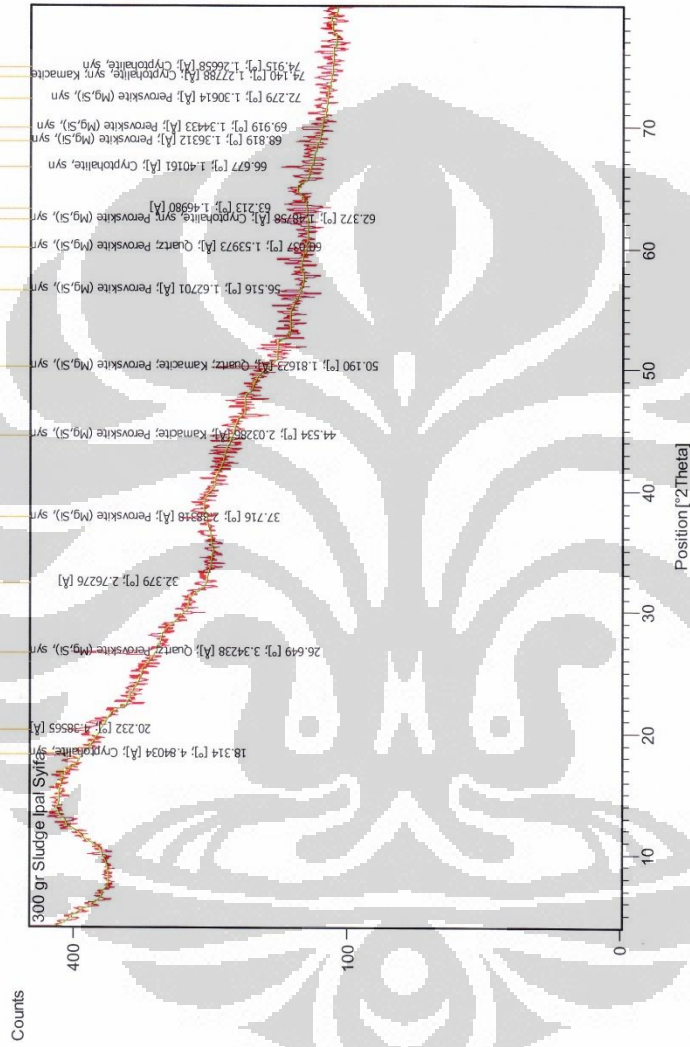
R. Isnu Hajar Sulistyawan, ST. MT.
NIP. 197305202006041001.

Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).



4 dari 4



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-085-0796	28	Quartz	0.971	Si O2
*	00-044-1484	8	Cryophalite, syn	0.570	(NH4)2 Si F6
*	00-018-0645	4	Kamacite	0.199	Fe Ni
*	01-082-0516	3	Perovskite (Mg, Si), syn	0.235	Mg (Si O3)

Catatan (notes):
 Hasil perogujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

**HASIL UJI MINERALOGI DIFRAKSI SINAR-X
(X-RAY DIFFRACTION MINERALOGY ANALYSIS RESULT)**

Nomer lab. (lab. number) : 137/L/GL/1.2/06/2012

Tanggal (date) : 06 Juni 2012

Kode sampel : Paving Blok (sample code)	Tanggal diterima : 26 April 2012 (received date)
Kode lab. : 149/1.2/12/0570 (lab. code)	Tanggal diuji : 06 Juni 2012 (analyzed date)
Lokasi : - (location)	Metode uji : GL-MU-1.2 bagian (part) 4.2.2, (method) 4.3.2. & 4.4.2
Kedalaman : - (depth)	Preparator : Purwo Kawoco (preparator)
Pemilik : Sdri. Syifarahma Ayu (property) Universitas Indonesia Jakarta.	Pengambil data : Purwo Kawoco (data collector)
	Interpreter : Ir. Subiyanto MSc. (interpreter)

Pemerian umum (brief description):

Batupasir lanauan berwarna abu-abu terang, butiran sangat halus, mudah dihancurkan dengan diremas, ada sedikit mineral magnetite.

Mineral terperi (identified mineral):

Nama mineral (mineral name)	%	Nama mineral (mineral name)	%
Quartz			
Tricalcium silicate oxide			
Bentorite			
Magnetite			

Parameter pengukuran (measurement parameter):

File name	E:\XP\PERT	PSD Length [°2Th.]	2.13
DATA\2012\028\Paving Blok.xrdml		Offset [°2Th.]	0.0000
Comment	GeolLabs	Divergence Slit Type	Fixed
Measurement Date / Time	6/4/2012 4:35:53 PM	Divergence Slit Size [°]	0.9570
Operator	Pusat Penelitian	Specimen Length [mm]	10.00
Raw Data Origin	XRD measurement	Measurement Temperature [°C]	25.00
(*XRDML)		Anode Material	Cu
Scan Axis	Gonio	K-Alpha1 [Å]	1.54060
Start Position [°2Th.]	4.0084	Generator Settings	25 mA, 40 kV
End Position [°2Th.]	69.9854	Goniometer Radius [mm]	240.00
Step Size [°2Th.]	0.0170	Dist. Focus-Diverg. Slit [mm]	91.00
Scan Step Time [s]	4.1750	Incident Beam Monochromator	No
Scan Type	Continuous	Spinning	No
PSD Mode	Scanning		

Ulasan (comment):

Rekaman spektrum (spectral record):

Terlampir (enclosed)

Plt Kepala Sub Bidang Laboratorium,

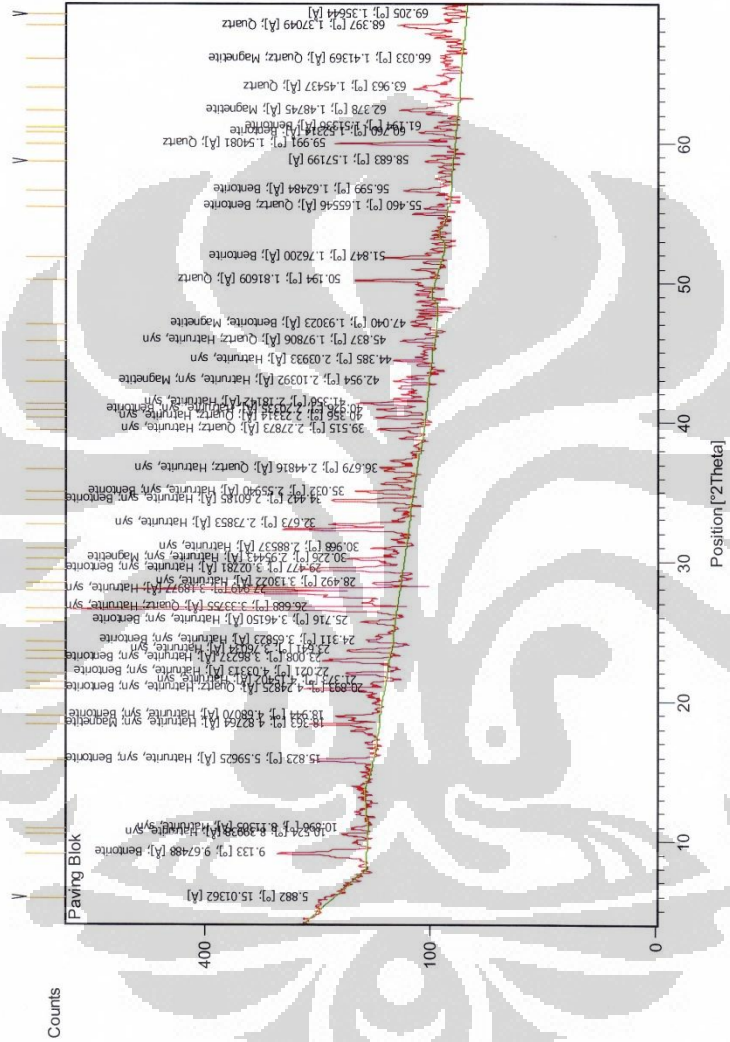
Ir. Eddy Miranda, M.Si.
NIP. 196112201988031001.

Catatan (notes):

Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

2 dari 2

Rekaman spektrum (spectral record):



Visible	Ref. Code	Score	Compound Name	Scale Factor	Chemical Formula
*	01-085-0794	48	Quartz	0.895	Si O2
*	01-085-1378	32	Tricalcium silicate oxide	0.210	Ca3 (Si O4) O
*	00-033-0248	26	Bentine	0.262	Ca6 Cr2 (S O4)3 (O H)12 /26 H2 O
*	01-074-1909	19	Magnetite	0.100	Fe3 O4

Catatan (notes): Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk sampel yang diuji (this analysis result is only valid for the tested sample).

**LABORATORIUM PUSAT SURVEI GEOLOGI
(GEOLOGY LABORATORIES)**

Jl. Diponegoro No. 57, Bandung, 40122, Indonesia
Telp: 022-7203205, 7273108 Fax: 022-7273108 E-mail: labpsg@grdc.esdm.go.id

026
GL-F-PA-03

**PERMINTAAN UJI SAMPEL *)
(From of Sample Test Order)**

Nomor
(Number) : 123/L/PA/03/04/2012

Nama
(Name) : Syifarahma Ayu / Spk. Yudi Darlan (P350)
Perusahaan/Instansi
(Company/Institution) : Universitas Indonesia
Alamat
(Address) : Kampus Bina UI Depok

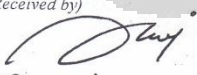
Dengan ini mengajukan permintaan untuk pengujian sampel sebagai berikut :
(Affirm to order a sample test of)

No.	Identifikasi sampel (sample identification)			Jenis uji (test type)	Biaya (Cost)		Keterangan (explanation)
	Kode (code)	Lokasi (location)	Jumlah (amount)		Satuan (unit)	Total (total)	
1.	250 gram		2 (dua)	XRF	-	-	Dibatalkan
	Sludge IPAL			dan			Sampel tdk memenuhi
	Syifa			XRD	2.400.000	800.000	Syarat.
2	300 gram						
	Sludge IPAL			Adm. lab.		80.000	
	Syifa						
						8180.000	

Pengujian selesai tanggal :
(The test completed on)
Laporan hasil uji atas nama :
(The result authorized by)
Jumlah biaya : Dis 50 % Rp. 440.000,-
(Total cost)
Pembayaran di muka :
(Down payment)
Biaya yang harus dilunasi : Lunas 14/06
(Cost to be pay)

Bandung, 17-04-2012

Penerima,
(Received by)


Dwi Agustina
NIP.

Pelanggan,
(Client)


Syifa

*) Formulir ini sebagai bukti pemesanan uji sampel dan pelanggan akan mematuhi peraturan yang berlaku.
(This form authentically proves the order the and the client approves to obey the prevailing rules)

Catatan : Analisis XRF tidak dapat dilakukan karena sampel tidak dapat di preparasi.