

TA/TL/2008/0248

**PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING DAN GLASSWOOL
PT. PERTAMINA UP IV CILACAP SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN
PLAFON DENGAN CARA SOLIDIFIKASI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Jurusan Teknik
Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Fatihatul Faidah

NIM : 03 513 010

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2008

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING DAN GLASSWOOL PT. PERTAMINA UP IV CILACAP SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PLAFON DENGAN CARA SOLIDIFIKASI

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Untuk Memenuhi Persyaratan Guna
Memperoleh Derajat Sarjana Strata-1 Teknik Lingkungan

Nama : **Fatihatul Faidah**

NIM : **03 513 010**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Pembimbing II

Ir Kasam, MT

Tanggal:

Luqman Hakim, ST, M.Si

Tanggal:

Ketua Jurusan
Teknik Lingkungan

Luqman Hakim, ST, M.Si

Tanggal:

HALAMAN PERSEMBAHAN

Allah SWT..atas nikmat_Nya di stiap detakan jantung....
....Rasulullah SAW atas segala petunjuknya....

Sebuah karya nyata
dari insan biasa untuk orang-orang yang luar biasa.....

teruntuk Aba dan Mama yang tak pernah berhenti mengalirkan bias-bias cinta
dalam stiap kehidupan.....
yang menjadi jiwa dan hidup,,pemberi kebahagiaan dan harapan,,,
sekarang...
juga di masa yang akan datang

my brother (Taufikurrahman, alm) and my sister (Miratushalihah).....

Muhammad Anshor S. SoS
For Love,, and Spirit,,,^-^

And the last.....
for the each soul who thirsty as for science ...

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa, Pencipta Alam semesta beserta isinya dan tempat berlindung bagi Umat-nya. Shalawat serta salam penulis limpahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Alhamdulillahillobbil'alamin atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul "PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING DAN GLASSWOOL PT. PERTAMINA UP IV CILACAP SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PLAFON DENGAN CARA SOLIDIFIKASI.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi tugas akhir sebagai syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan pada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta, sebagai tempat menuntut ilmu saat ini.

Penulis menyadari bahwa kesalahan dan kekurangan dari pada kesempurnaan dalam penyusunan tugas akhir ini, namun dengan segala kemampuan yang dimiliki penulis mencoba dan berusaha menyusun tugas akhir ini sebaik mungkin dengan penuh harapan berguna bagi siapapun.

Penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan berkat dorongan dan motivasi, bantuan, bimbingan dan arahan, serta adanya kerja sama dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan dosen pembimbing II atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir Kasam, MT selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini
3. Dosen-dosen Teknik Lingkungan Bapak Andik Yulianto, ST, bapak Eko Siswoyo, ST, bapak Hudori, ST, Ibu Any Juliani, ST, Msc, Ibu Yureana atas ilmunya selama ini.

4. Bapak Tasyono dan mas Iwan, atas bantuan dan bimbingannya selama penulis berada di Laboratorium Rancang Bangun atau Laboratorium Kualitas Air.
5. Mas Agus, yang banyak membantu dalam administrasi.
6. Bapak Pranoto, atas bantuan dan bimbingannya selama penulis berada di Laboratorium Jalan Raya.
7. Kedua orang tua (Bapak dan Ibu Sofyan), my brother (Ofik, alm), my sister (intan), dan seluruh keluarga besar, terima kasih untuk doa dan semangatnya.
8. Muhammad Anshor, S.SOS, untuk hari-hari yang penuh makna.
9. Bapak Hafid sekeluarga atas doa dan dukungannya.
10. Teman-teman “solid” yang slalu memberi warna; Heni, Evlin, Ratih, Sisi, Lena, Angga, Alvi, Niensa, Fadly, Erfan, dan Ali.
11. Keluarga besar Enviro, khususnya Enviro '03...semangattttt.....^_^...
12. Orang-orang yang pernah datang dan pergi, untuk segala kesan dan pesan hidup.
13. Seluruh pihak yang turut mendukung penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, mungkin terdapat kesalahan-kesalahan yang memerlukan suatu koreksi. Oleh karena itu, kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun ke arah yang lebih baik akan diterima sebagai referensi. Penulis mengharapkan laporan tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya terutama penulis pribadi sebagai penyusunnya.

Yogyakarta , Februari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I LATAR BELAKANG	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun	5
2.2. Peraturan B3	7
2.3. Pengelolaan Limbah B3	10
2.4. Pengolahan Limbah B3	11
2.4.1 Solidifikasi dan Stabilisasi	11
2.4.2 Filtrasi dan Separasi	12
2.4.3 Presipitasi Kimia	12
2.4.3 Reduksi dan Oksidasi	12
2.4.3 Filtrasi dan Separasi	12
2.5. Solidifikasi	13
2.6. Limbah Industri Minyak dan Gas (Migas)	15
2.7. Plafon/eternit	16

2.8. Sandblasting	18
2.9. Glasswool	20
2.10. Limestone	21
2.11. Komposit Polimer	22
2.9.1 Polivinil Asetat.....	23
2.9.2 Epoksi	24
2.12. Air	26
2.13. TCLP	26
2.14. Logam Berat	27
2.13.1 Pb (Timbal)	28
2.13.2 Cr (Chromium)	29
2.13.3 Cu (Tembaga)	30
2.13.4 Zn (Seng)	31
2.15. pH (Derajat Keasaman)	32
2.15.1 Asam	31
2.15.2 Basa	32
2.16. Kuat Lentur	33
2.17. Hipotesa Penelitian	35

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Jenis Penelitian	36
3.2. Lokasi Penelitian	36
3.3. Waktu Penelitian	36
3.4. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	36
3.4.1 Bahan dan Alat	37
3.4.1.1 Bahan	37
3.4.1.2 Alat	38
3.4.2 Analisa Karakteristik Bahan	38
3.4.3 Rancangan Campuran	39
3.4.4 Penentuan Komposisi	39
3.4.5 Pembuatan Sampel	40
3.5. Pengujian Plafon	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Limbah Sandblasting dan Glasswool	42
4.2	Leachate/Lindi (TCLP)	42
4.3	Pengukuran pH (Asam, Basa, dan Netral)	46
4.4	Kuat Lentur Plafon	48
4.5	Prospek Pengembangan Produk	51
4.5.1	Teknis	51
4.5.2	Ekonomis	51
4.5.3	Lingkungan	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Kebutuhan bahan baku eternit	17
Tabel 2.2.	Beberapa Sifat Fisik Timbal	28
Tabel 2.3.	Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium	30
Tabel 2.4.	Beberapa Sifat Fisik Logam Tembaga	31
Tabel 2.5.	Beberapa Sifat Fisik Logam Seng	32
Tabel 3.1.	Komposisi Bahan Pembuatan Plafon	39
Tabel 4.1.	Analisa Fisik Limbah Sandblasting	42
Tabel 4.2.	Analisa Fisik Limbah Glasswool	42
Tabel 4.3.	Karakteristik Kimia Limbah Sandblasting dan Glasswool	43
Tabel 4.4.	Nilai Kuat Lentur Rata-rata Plafon	48
Tabel 4.6.	Rincian Biaya Produksi Plafon	50
Tabel 4.6.	Perbandingan Hasil Uji TCLP	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sandblasting	19
Gambar 2.2. Glasswool	20
Gambar 2.3. Limestone	21
Gambar 2.4. Rumus Kimia Polivinil Asetat	23
Gambar 2.5. Lem Putih PVAc	24
Gambar 2.6. Pembentukan Resin <i>Epoxy</i>	25
Gambar 2.7. Resin dan Hardener <i>Epoxy</i>	23
Gambar 3.1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	37
Gambar 3.2. Alat Uji Ekstraksi	40
Gambar 3.3. Pengukuran pH	41
Gambar 3.4. Uji Kuat Lentur	41
Gambar 4.1. Hasil Uji TCLP Plafon	44
Gambar 4.2. Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 1	46
Gambar 4.3. Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 2	46
Gambar 4.4. Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 3	47
Gambar 4.5. Kuat Lentur Plafon	49
Gambar 4.6. Produk Plafon	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Alat

LAMPIRAN 2

Pembuatan Plafon (Benda Uji)

LAMPIRAN 3

Prosedur Pengujian TCLP

LAMPIRAN 4

Tahapan Pengujian TCLP

LAMPIRAN 5

Tahapan Pengujian TCLP (Lanjutan)

LAMPIRAN 6

Tabel analisa TCLP

Tabel Pengukuran pH

LAMPIRAN 7

Tabel Pengukuran Nilai Kuat Lentur Rata-rata Plafon

LAMPIRAN 8

Dokumentasi Pengujian Karakteristik Fisik Limbah

LAMPIRAN 9

Dokumentasi Pembuatan Plafon (Benda Uji)

LAMPIRAN 10

Dokumentasi Pengujian TCLP

LAMPIRAN 11

Dokumentasi Pengukuran pH

LAMPIRAN 12

Dokumentasi Uji Kuat Lentur

PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING DAN GLASSWOOL PT. PERTAMINA UP IV CILACAP SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN PLAFON DENGAN CARA SOLIDIFIKASI

ABSTRAK

Pada PT. Pertamina (UP) IV Cilacap terdapat bermacam-macam limbah padat, baik dari limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan bukan limbah B3. Dimana selama ini belum ada penanganan limbah padat B3 dengan baik, khususnya sandblasting dan glasswool. Untuk meminimalisasi biaya yang disebabkan oleh penanganan limbah ini, alangkah lebih baik jika limbah ini dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih berguna. Salah satunya dengan metode pengolahan solidifikasi limbah sandblasting dan glasswool sebagai plafon. Adapun tujuannya yaitu mengetahui apakah limbah sandblasting dan glasswool yang dimanfaatkan untuk pembuatan plafon dapat mengimobilisasi logam-logam berat, dan untuk mengetahui kuat lentur plafon yang akan disesuaikan dengan standar DIN-1101, mengetahui apakah limbah sandblasting dan glasswool yang dimanfaatkan dapat menghasilkan alternatif bahan bangunan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

Penelitian ini dilaksanakan pada skala laboratorium dengan ukuran benda uji 20 x 20 x 1 cm. Bahan susun plafon terdiri dari limbah sandblasting, limbah glasswool, limestone, polivinil asetat, dan epoksi. Penggunaan limbah sandblasting dan glasswool dalam penelitian ini adalah sebagai bahan baku utama, selain itu juga sebagai filler (pengisi). Komposisinya yaitu sandblasting masing-masing 46%, 48%, dan 50%, sedangkan glasswool yaitu masing-masing 2%.

Pengujian lindi dilakukan dengan metode Toxicity Characteristics Leaching Procedure (TCLP) untuk logam-logam Pb, Cr, Cu dan Zn menunjukkan bahwa lindi yang terjadi memenuhi Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 tahun 1999, tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Lindi terbesar adalah Zn, yaitu 3,7490 mg/L sedangkan baku mutu 50 mg/L. Sehingga plafon aman bagi lingkungan jika digunakan, namun nilai ekonomisnya kurang karena memerlukan biaya produksi yang cukup mahal. Sedangkan dari hasil pengujian kuat lentur didapatkan nilai kuat lentur tertinggi adalah pemakaian limbah sandblasting dengan proporsi 46% dan glasswool 2%. Kuat lentur yang dihasilkan yaitu sebesar 26,888 kg/cm². Hasil tersebut menunjukkan kuat lentur yang lebih baik dari standar DIN-1101 dimana dengan tebal benda 15 mm, kuat lenturnya sebesar 17 kg/cm².

Kata kunci : Limbah Sandblasting, Glasswool, Solidifikasi, Plafon, TCLP, Kuat Lentur.

UTILIZATION SANDBLASTING WASTE AND GLASSWOOL OF PT PERTAMINA UP IV CILACAP AS INGREDIENT FOR PRODUCING PLAFOND BY SOLIDIFICATION

ABSTRACT

There are kinds of solid waste in PT. Pertamina (UP) IV Cilacap, either from the hazardous waste and non hazardous waste. Currently, the solid waste management is no properly, specially sandblasting and glasswool. For minimalisation expense, the waste is exploited. One of them is processing method with sandblasting and glasswool waste solidification as plafond. The research target is to knowing immobilisation level in heavy metal, and knowing the bending strength where the comparing with DIN-1101 standard, knowing exploiting sandblasting and glasswool to quality yielded alternative of economic value and safe for environment.

This research is laboratory scale and application activity by make plafond with 20 x 20 x 1 cm in size. The plafond materials are: used sandblasting, glasswool, limestone, polvinil acetate, and epoxy. The using of sandblasting and glasswool are as main composition materials and filler. With proportion sandblasting 46%, 48%, dan 50%, and glasswool 2%.

The leaching experiment of heavy metal Pb, Cr, Cu dan Zn on monolite matrix (plafond) by Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) shows that the leaching of heavy metal is requirement to Government Rule (PP) No. 85 on 1999. The greater leaching is Zn 3,7490 mg/L while standard is 5 mg/L. Therefore, plafond safe for environment if used, but economic value its less because cost moneys quite expensive production. While in the highest bending score is 26,888 kg/cm² at the proportion of sandblasting 46% and glasswool 2%. Shows that the bending strength is requirement on DIN-1101, where thick product is 15 mm, the bending strength is 17 kg/cm².

Key Words : Sandblasting waste, Glasswool, Solidification, Plafond, TCLP, Bending Strength test.

BAB I

LATAR BELAKANG

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat dewasa ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan manusia, baik dampak yang bersifat positif maupun dampak yang bersifat negatif. Dampak yang bersifat positif diharapkan oleh manusia dalam rangka meningkatkan kualitas dan kenyamanan hidup. Sedangkan dampak yang bersifat negatif tidak diharapkan karena dapat menurunkan kualitas dan kenyamanan hidup, dan harus dapat diatasi dengan sebaik-baiknya.

Semua kegiatan industri dan teknologi selalu akan menghasilkan limbah yang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Pengolahan limbah dari bahan buangan industri dan teknologi dimaksudkan untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Wardhana, 2001).

Proses solidifikasi merupakan salah satu alternatif penanganan limbah B3 sebelum dibuang ke *landfill* dan diharapkan dapat mengikat logam berat dalam matriks yang lebih padat dengan menambahkan reagen sehingga dapat mengurangi mobilitas dan memperbaiki karakteristik lumpur (Trifina, 2002).

Solidifikasi/stabilisasi ini biasanya digunakan untuk mengurangi mobilitas polutan dalam limbah B3 dengan penambahan reagen-reagen kimia, sehingga limbah dapat ditimbun di dalam *landfill* dengan aman (Vebbyana. S, 2001).

Pada PT. Pertamina unit (UP) IV Cilacap terdapat bermacam-macam limbah dengan jenis yang berbeda. Ada yang termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan bukan limbah B3. Selama ini belum ada penanganan limbah B3 dengan baik. Limbah B3 langsung diserahkan kepada PT. Persada Pamunah Limbah Industri (PT.PPLI), yang membutuhkan biaya cukup besar. Untuk meminimalisasi biaya yang disebabkan oleh penanganan limbah ini, alangkah lebih baik jika limbah ini dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih berguna.

Sandblasting dan *glasswool*, melalui proses solidifikasi akan dibuat menjadi bahan bangunan yaitu plafon. Plafon yang dihasilkan dari uji coba tersebut diharapkan layak dijual dipasaran. Di samping itu, ditinjau dari segi ekonomi biaya pembuatan eternit dengan bahan *sandblasting* dan *glasswool* lebih rendah daripada biaya pembuatan plafon biasa.

Dimana *sandblasting* dan *glasswool* akan dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan plafon. Untuk itu perlu diteliti komposisi campuran limbah yang tepat dalam pembuatan plafon, agar diperoleh hasil yang baik. Mengembangkan pemanfaatan bahan limbah untuk bahan bangunan dengan tujuan untuk menunjang pengadaan bahan bangunan, menunjang program pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan komponen bahan bangunan, kemungkinan berdirinya usaha kecil yang memproduksi komponen bangunan, memberikan nilai tambah bagi pengelola limbah, serta ikut mengatasi problem industri dan terciptanya lapangan kerja baru.

Makin meningkatnya kebutuhan perumahan saat ini menyebabkan kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat pula. Bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Saat ini bahan-bahan bangunan yang terbuat dari semen seperti genteng beton, *conblock* dan *paving block* sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana membuat bahan-bahan tersebut dengan harga yang relatif murah tanpa mengurangi mutunya. Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, maka Puslitbang Pemukiman sejak tahun 1972 telah meneliti dan mengembangkan pemanfaatan bahan limbah untuk bahan bangunan dengan tujuan: menunjang pengadaan bahan bangunan, menunjang program pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan komponen bahan bangunan, kemungkinan berdirinya usaha kecil yang memproduksi komponen bangunan, memberikan nilai tambah bagi pengelola limbah, ikut mengatasi problem industri dan terciptanya lapangan kerja baru (Husin, A. A, 2002).

1.2 Tujuan Penelitian

Pada kegiatan penelitian, maka tujuan yang diharapkan :

- 1) Mengetahui apakah limbah *sandblasting* dan *glasswool* yang dimanfaatkan untuk pembuatan plafon dapat mengimobilisasi logam-logam berat.
- 2) Mengetahui kuat lentur plafon yang terbuat dari *sandblasting*, *glasswool*, polivinil asetat, epoksi, dan *limestone*, dimana akan disesuaikan dengan standar DIN-1101.
- 3) Mengetahui apakah limbah *sandblasting* dan *glasswool* yang dimanfaatkan dapat menghasilkan alternatif bahan bangunan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

1.3 Batasan Masalah

Sesuai dengan tujuan penelitian, agar penelitian ini lebih mudah perlu adanya batasan-batasan sebagai berikut :

- 1) Limbah padat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari limbah PT. PERTAMINA UP IV Cilacap, yaitu limbah *sandblasting* dan *glasswool*.
- 2) Proses pengolahan limbah *sandblasting* dan *glasswool* dengan sentuhan teknologi komposit geo polimer sederhana (*applicable*) yang aman dan ramah lingkungan.
- 3) Polimer yang digunakan yaitu polivinil asetat dan epoksi.
- 4) Kriteria kuat lentur hasil pengolahan solidifikasi berupa plafon akan disesuaikan dengan standar DIN-1101.

1.4 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

- 1) Apakah pemanfaatan *sandblasting* dan *glasswool* yang dimanfaatkan untuk pembuatan plafon dapat mengimobilisasi logam-logam berat?
- 2) Apakah dengan formulasi tersebut dapat menghasilkan plafon yang memiliki kuat lentur yang sesuai dengan standar DIN-1101?
- 3) Apakah dengan formulasi tersebut dapat menghasilkan plafon yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan ramah terhadap lingkungan.

1.5 Manfaat Penelitian

Pemanfaatan *sandblasting* dan *glasswool* dari PT. PERTAMINA UP IV Cilacap dalam pembuatan plafon diharapkan akan memberikan manfaat sebagai berikut :

- 1) Memanfaatkan limbah *sandblasting* dan *glasswool* untuk pembuatan plafon dapat mengimobilisasi logam-logam berat, sehingga mengurangi pencemaran lingkungan.
- 2) Menghasilkan kuat lentur plafon yang sesuai dengan standar DIN-1101.
- 3) Mampu menghasilkan alternatif bahan bangunan yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun

Limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan 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 merusak lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya (PP No 85 tahun 1999).

Bahan berbahaya dan beracun, yang lebih akrab dengan singkatan B3 keberadaannya di Indonesia makin hari makin mengkhawatirkan. Lebih dari 75% B3 merupakan sumbangan dari sektor industri melalui limbahnya, sedangkan sisanya berasal dari sektor lain termasuk rumah tangga yang menyumbang 5-10% dari total limbah B3 yang ada. Peningkatan jumlah limbah B3 di Indonesia antara kurun waktu 1990–1998 saja mencapai 100% (tahun 1990 sekitar 4.322.862 ton dan pada tahun 1998 mencapai 8.722.696 ton). Jumlah ini akan naik drastis seiring dengan perkembangan industrialisasi yang cukup pesat di negara berkembang seperti Indonesia (Krisbayu. A. R, 2007).

Mengingat sifat dan dampak yang ditimbulkannya, limbah B3 memerlukan pengelolaan yang lebih hati-hati dan seksama. Pemantauan limbah B3 adalah salah satu bagian dari upaya pengelolaan limbah B3. Kesahihan data pemantauan sangat ditentukan oleh tingkat keakurasian data hasil analisis. Keakurasian data ditentukan sejak pengambilan contoh uji di lapangan, pengawetan contoh uji, penyimpanan dan preparasi contoh uji sampai contoh uji tersebut dianalisis di laboratorium dan data hasil uji diolah (Anonim²⁾, 2006).

Pemilihan proses pengolahan limbah B3, teknologi dan penerapannya didasari atas evaluasi kriteria yang menyangkut kinerja, keluwesan, kehandalan, keamanan, operasi dari teknologi yang digunakan, dan pertimbangan lingkungan. Timbunan limbah B3 yang sudah tidak dapat diolah atau dimanfaatkan lagi harus

ditimbun pada lokasi penimbunan (*landfill*) yang memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan (Anonim, 1995).

Tidak semua jenis limbah B3 dapat ditimbun dalam *landfill*, kecuali memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Memenuhi baku mutu uji TCLP, uji *Paint Filler Test*, dan uji kuat tekan.
- b. Sudah melalui proses stabilisasi/solidifikasi, insenerasi atau pengolahan limbah B3 lainnya.
- c. Tidak bersifat mudah meledak, mudah terbakar, reaktif, atau menyebabkan infeksi.
- d. Tidak mengandung zat organik di atas 10%.
- e. Tidak mengandung poly chlorinated biphenyl (PCB) ataupun senyawa dioksin.
- f. Tidak mengandung zat radio-aktif.
- g. Tidak berbentuk cair atau lumpur (Anonim, 2000).

Pengolahan limbah B3, adalah proses untuk mengubah jenis, jumlah dan karakteristik limbah B3 menjadi tidak berbahaya dan/atau tidak beracun dan/atau immobilisasi limbah B3 sebelum ditimbun dan/atau memungkinkan agar limbah B3 dimanfaatkan kembali (daur ulang). Proses pengolahan limbah B3 dapat dilakukan secara pengolahan fisika dan kimia, stabilisasi/solidifikasi, dan insenerasi.

Sebelum melakukan pengolahan, terhadap limbah B3 harus dilakukan uji analisa kandungan/parameter fisika dan/atau kimia dan/atau biologi guna menetapkan prosedur yang tepat dalam proses pengolahan limbah B3 tersebut. Setelah kandungan/parameter fisika dan/atau kimia dan/atau biologi yang terkandung dalam limbah B3 tersebut diketahui, maka terhadap selanjutnya adalah menentukan pilihan proses pengolahan limbah B3 yang dapat memenuhi kualitas dan baku mutu pembuangan dan/atau lingkungan yang ditetapkan (Anonim, 1995).

2.2 Peraturan B3

Kegiatan pembangunan bertujuan meningkatkan kesejahteraan hidup rakyat yang dilaksanakan melalui pembangunan jangka panjang yang bertumpu pada pembangunan di bidang industri. Pembangunan di bidang industri tersebut di satu pihak akan menghasilkan barang yang bermanfaat bagi kesejahteraan hidup rakyat dan di lain pihak industri itu juga akan menghasilkan limbah. Diantara limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri tersebut terdapat limbah B3.

Limbah B3 yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya. Mengingat resiko tersebut, perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat menghasilkan limbah B3 seminimal mungkin dan mencegah masuknya limbah B3 dari luar wilayah Indonesia. Peran serta pemerintah Indonesia dalam pengawasan perpindahan lintas batas limbah B3 tersebut telah diratifikasi Konvensi Basel pada tanggal 12 Juli 1993 dengan Keputusan Presiden Nomor 61 Tahun 1993.

Hierarki Pengelolaan limbah B3 dimaksudkan agar limbah B3 yang dihasilkan masing-masing unit produksi sesedikit mungkin dan bahkan diusahakan sampai nol, dengan mengupayakan reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi bersih. Bilamana masih dihasilkan limbah B3 maka diupayakan pemanfaatan limbah B3.

Pemanfaatan limbah B3, yang mencakup kegiatan daur ulang (*recycling*) perolehan kembali (*recovery*) dan penggunaan kembali (*reuse*) merupakan satu mata rantai penting dalam pengelolaan limbah B3. Dengan teknologi pemanfaatan limbah B3 di satu pihak dapat dikurangi jumlah limbah B3 sehingga biaya pengolahan limbah B3 juga dapat ditekan dan di lain pihak akan dapat meningkatkan kemanfaatan bahan baku. Hal ini pada gilirannya akan mengurangi kecepatan pengurasan sumberdaya alam. Untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang dapat ditimbulkan dari limbah B3 yang dihasilkan maka limbah B3 yang telah dihasilkan perlu dikelola secara khusus.

Pengelolaan limbah B3 merupakan suatu rangkaian kegiatan yang mencakup penyimpanan, pengumpulan, pemanfaatan, pengangkutan, dan pengolahan limbah B3 termasuk penimbunan hasil pengolahan tersebut. Dalam rangkaian kegiatan tersebut terkait beberapa pihak yang masing-masing merupakan mata rantai dalam pengelolaan limbah B3, yaitu:

- a. Penghasil Limbah B3;
- b. Pengumpul Limbah B3;
- c. Pengangkut Limbah B3;
- d. Pemanfaat Limbah B3;
- e. Pengolah Limbah B3;
- f. Penimbun B3.

Dengan pengolahan limbah sebagaimana tersebut diatas, maka mata rantai siklus perjalanan limbah B3 sejak dihasilkan oleh penghasil limbah B3 sampai penimbunan akhir oleh pengolah limbah B3 dapat diawasi. Setiap mata rantai perlu diatur, sedangkan perjalanan limbah B3 dikendalikan dengan sistem manifest berupa dokumen limbah B3 yang dihasilkan dan berapa yang telah dimasukkan ke dalam proses pengolahan dan penimbunan tahap akhir yang telah memiliki persyaratan lingkungan.

Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Sebagian dari limbah industri tersebut ke dalam kategori limbah B3, selain dari kegiatan industri, limbah B3 dapat ditimbulkan juga dari kegiatan - kegiatan kesehatan (seperti limbah infeksius), kegiatan pertanian (dalam penggunaan pestisida), atau dalam kegiatan pendayagunaan energi Nuklir. Penanganan limbah B3 yang kurang baik dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan, seperti penyakit akut, keracunan dan terakumulasinya unsur beracun.

Berdasarkan Peraturan Pemerintahan (PP) RI No. 74 tahun 2001 yang mengatur tentang pengelolaan B3 menyebutkan bahwa pengertian B3 (pasal 1) sebagai berikut:

”Bahan beracun dan berbahaya yang selanjutnya disingkat dengan B3 adalah bahan yang karena sifat dan konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara

langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya”.

Disamping itu disebutkan pula bahwa yang termasuk B3 adalah limbah yang memenuhi salah satu atau lebih klasifikasi (pasal 4) dibawah ini:

- a. Mudah meledak (*explosive*)
- b. Pengoksidasi (*oxidizing*)
- c. Sangat mudah sekali menyala (*highly flammable*)
- d. Mudah menyala (*flammable*)
- e. Amat sangat beracun (*extremely toxic*)
- f. Sangat beracun (*highly toxic*)
- g. Beracun (*moderatly toxic*)
- h. Berbahaya (*harmful*)
- i. Korosif (*Corrosive*)
- j. Bersifat iritasi (*iritant*)
- k. Berbahaya bagi lingkungan (*dangerous to the environment*)
- l. Karsinogenik (*Carcinogenic*)
- m. Teratogenik (*Teratogenic*)
- n. Mutagenik (*Mutagenic*)

Salah satu contoh dari bahan beracun dan berbahaya yaitu logam berat, misalnya Hg, Pb, Cu, Cr, dan Ni. 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.

Kelompok logam berat memiliki ciri-ciri:

- a) *Spesific Gravity* yang sangat besar (>4)
- b) Mempunyai nomor atom 22-23 dan 40-50 serta unsur laktanida dan aktinida
- c) Mempunyai respon biokimia spesifik pada organisme hidup

Dapat dikatakan bahwa semua logam berat yang bila masuk secara berlebihan ke dalam tubuh, akan berubah fungsi menjadi zat beracun bagi tubuh yang merusak tubuh organisme hidup.

2.3 Pengelolaan Limbah B3

Perbedaan paling penting yang membedakan pengelolaan limbah B3 dengan pengelolaan limbah lain adalah pertanggungjawaban hukumnya (*law liability*). Pada limbah non-B3 hasil akhir pengelolaan lebih penting dibandingkan dengan cara mencapai hasil tersebut. Artinya, bila suatu perusahaan telah memenuhi baku mutu limbah, maka perusahaan tersebut telah berhasil melakukan pengelolaan limbah. Namun, pada limbah B3, selain hasil akhir, cara pengelolaan juga harus memenuhi peraturan yang berlaku. Jadi, untuk berhasil mengelola limbah B3, tidak cukup hanya memenuhi baku mutu limbah B3 saja, cara mengelola seperti pencatatan, penyimpanan, pengangkutan, pengolahan dan pembuangan harus juga memenuhi peraturan yang berlaku. Sekali lagi, dalam limbah B3 cara mengelola adalah suatu hal yang penting untuk diperhatikan. Dalam tuntutan hukum, limbah B3 tergolong dalam tuntutan yang bersifat formal. Artinya, seseorang dapat dikenakan tuntutan perdata dan pidana lingkungan karena cara mengelola limbah B3 yang tidak sesuai dengan peraturan, tanpa perlu dibuktikan bahwa perbuatannya tersebut telah mencemari lingkungan. Sekali lagi, mengetahui cara pengelolaan limbah B3 yang memenuhi persyaratan wajib diketahui oleh pihak-pihak yang terkait dengan limbah B3 (Anonim¹⁾, 2007).

Adapun prinsip pengelolaan limbah B3 yaitu antara lain:

- a) Minimalisasi limbah
- b) Pengelolaan limbah B3 dekat dengan sumber (persyaratan teknis operasional)
- c) Pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan
- d) “*From Cradle to Grave*” (mulai dihasilkan sampai penimbunan)

Hal-hal pokok yang melatarbelakangi peraturan pengelolaan limbah B3 yaitu dengan meningkatnya penggunaan B3 pada berbagai kegiatan, antara lain pada kegiatan perindustrian, pertambangan, kesehatan, rumah tangga dan

kegiatan lainnya, meningkatnya upaya pengendalian pencemaran udara dan pengendalian pencemaran air, yang akan menghasilkan lumpur/*sludge* atau debu yang berbahaya dan beracun, dampak penting atau pencemaran yang diakibatkan oleh pembuangan limbah B3 terhadap lingkungan dan manusia, selain itu Indonesia merupakan salah satu negara tujuan tempat pembuangan limbah B3.

Sedangkan hal-hal yang difokuskan dalam pengelolaan limbah B3 dan pengawasannya antara lain, dilarang membuang limbah B3 langsung ke lingkungan, dilarang melakukan pengenceran limbah B3, dan dilarang melakukan impor limbah B3 (ekspor limbah B3 diperbolehkan jika memenuhi persyaratan dan ada persetujuan dari negara penerima dan KLH) (Agustina, H, 2006).

2.4 Pengolahan Limbah B3

Pengolahan secara fisika-kimia adalah suatu teknik konversi limbah B3 menjadi non B3 atau kurang berbahaya, melalui reaksi fisika atau kimia, atau keduanya. Beberapa teknik pengolahan fisika-kimia yang dikenal pada saat ini diuraikan seperti di bawah ini :

2.4.1 Solidifikasi dan Stabilisasi

Dalam pengelolaan limbah B3, teknologi solidifikasi dan stabilisasi ini biasanya digunakan untuk mengurangi mobilitas polutan dalam limbah B3 dengan penambahan reagen-reagen kimia, sehingga limbah tersebut dapat ditimbun dalam *landfill* secara aman. Tujuan penambahan additif ini dimaksudkan untuk meningkatkan karakteristik fisik, mengurangi luas permukaan tempat terjadinya “pencucian” (*leaching*) polutannya, mengurangi daya larut (*solubility*) polutan, atau menghilangkan sifat racun dari polutannya.

Ukuran untuk menentukan keberhasilan suatu proses stabilisasi/solidifikasi ini adalah bahwa produk pengolahan ini haruslah memenuhi kriteria TCLP parameter. *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) adalah suatu uji laboratorium dimana limbah hasil stabilisasi/solidifikasi tersebut diekstrak selama 18 jam pada putaran 30 rpm (*dynamic extraction*). Cairan ekstraknya kemudian dianalisa kandungan komponen-komponen kimianya. Jika kandungan komponen-komponen kimia tersebut berada di bawah ambang batas yang diijinkan, maka

limbah hasil stabilisasi/solidifikasi tersebut layak untuk ditimbun dalam lahan urug yang terkendali (*secure landfill*).

2.4.2 Filtrasi dan Separasi

Filtrasi/separasi adalah metoda pemisahan partikel padat dari suatu fluida dengan menggunakan suatu media berpori. *Driving force* untuk filtrasi ini adalah gradien tekanan yang dihasilkan oleh gaya gravitasi, gaya sentrifugal, vakum, ataupun tekanan lain di atas tekanan atmosfer. Contoh metoda ini adalah :

- 1) Netralisasi asam kuat dengan kapur, diikuti dengan pengendapan sehingga diperoleh padatan ataupun berupa lumpur. Lumpur ini kemudian kurangi kadar airnya (*de-watering*) sehingga membentuk *cake*.
- 2) Presipitasi larutan logam berat sebagai senyawa hidroksida, karbonat, atau sulfida, diikuti dengan pengendapan seperti diatas.

2.4.3 Presipitasi Kimia

Presipitasi kimia adalah proses dimana polutan terlarut dikonversikan menjadi senyawa tidak larut, baik dengan reaksi kimia ataupun dengan merubah komposisi pelarut sedemikian rupa sehingga mengurangi daya larut (*solubility*) polutan tersebut. Proses ini biasanya digunakan untuk menghilangkan logam berat dalam larutan air.

2.4.4 Reduksi dan Oksidasi

Reaksi oksidasi-reduksi adalah reaksi dimana tingkat oksidasi suatu reaktan dinaikkan, sementara tingkat oksidasi reaktan lainnya diturunkan. Reaksi kimia ini biasanya digunakan dalam pengolahan limbah B3 yang mengandung logam berat atau senyawa an-organik, beracun lainnya seperti : senyawa sulfida, sianida dan *chromium*. Selain itu, teknik ini juga dapat dipakai untuk pengolahan limbah B3 yang mengandung senyawa organik beracun seperti fenol dan pestisida.

2.4.5 Filtrasi dan Separasi

Teknologi evaporasi saat ini banyak digunakan untuk mengolah limbah B3 berupa cairan radio-aktif dan pelapisan logam. Untuk industri yang menghasilkan limbah cair dengan jumlah besar namun konsentrasinya rendah, teknik ini biasanya digunakan untuk memekatkan polutannya untuk pengolahan lebih lanjut.

Teknologi ini biasanya relatif lebih mahal dibandingkan dengan teknologi IPAL biasa (Anonim, 2000).

2.5 Solidifikasi

Salah satu teknik pengolahan limbah B3 secara fisika-kimia yang dikenal pada saat ini adalah solidifikasi-stabilisasi (S/S). Di dalam proses S/S, terdapat proses reaksi fisika-kimia diantaranya : kontrol pH, presipitasi, adsorpsi, sorpsi secara kimia, *ion exchange*, represipitasi dan pengkapsulan baik secara mikro maupun makro (Vebbyana, S, 2001).

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*).

Prinsip kerja stabilisasi/solidifikasi adalah pengubahan watak fisik dan kimiawi limbah B3 dengan cara penambahan senyawa pengikat sehingga pergerakan senyawa-senyawa B3 dapat dihambat atau terbatas dan membentuk ikatan massa monolit dengan struktur yang kekar (*massive*) (Anonim, 1995).

Kualitas dari hasil stabilisasi/solidifikasi akan sangat tergantung pada :

- a. Derajat keasaman lingkungannya (pH)
- b. Homogenitas proses
- c. Bentuk fisik dan jenis limbah
- d. Bahan pereaksi yang digunakan
- e. Urutan proses yang dilakukan

Dalam pengelolaan limbah B3, teknologi solidifikasi dan stabilisasi ini biasanya digunakan untuk mengurangi mobilitas polutan dalam limbah B3 dengan penambahan reagen-reagen kimia, sehingga limbah tersebut dapat ditimbun dalam *landfill* secara aman. Tujuan penambahan additif ini dimaksudkan untuk meningkatkan karakteristik fisik, mengurangi luas permukaan tempat terjadinya “pencucian” (*leaching*) polutannya, mengurangi daya larut (*solubility*) polutan, atau menghilangkan sifat racun dari polutannya (Anonim, 2000).

Bahan-bahan yang biasa digunakan untuk proses stabilisasi/solidifikasi (bahan aditif) antara lain :

- 1) Bahan pencampur: gypsum, pasir, lempung, abu terbang; dan
- 2) Bahan perekat/pengikat: semen, kapur, tanah liat, dll

Prosedur stabilisasi/solidifikasi adalah sebagai berikut:

1. Sebelum distabilisasi/solidifikasi karakteristik limbah B3 harus ditentukan karakteristiknya terlebih dahulu guna menentukan komposisi bahan-bahan yang perlu ditambahkan.
2. Setelah dilakukan stabilisasi/solidifikasi, selanjutnya dilakukan uji TCLP terhadap hasil olahan tersebut untuk mengukur kadar/konsentrasi parameter dalam lindi (*extract/eluate*). Hasil uji TCLP sebagaimana dimaksud, kadarnya tidak boleh melewati nilai ambang batas sebagaimana ditetapkan Bapedal.
3. Terhadap hasil olahan tersebut selanjutnya dilakukan uji kuat tekan (*compressive strength*). Hasil stabilisasi mempunyai nilai tekanan minimum sebesar 10 ton/m² dan lolos uji *paint filter test*.
4. Hasil stabilisasi yang memenuhi persyaratan baku mutu TCLP, nilai uji kuat tekan dan *paint filter test* harus ditimbun di tempat penimbunan (*landfill*) B3 (Anonim, 1995).

Penelitian ini dimaksudkan mengetahui sifat-sifat kimia dan fisika limbah *sandblasting* dan *glasswool* dari pengolahan limbah Pertamina UP IV Cilacap, di samping itu juga dilakukan penambahan bahan-bahan aditif lain yang dapat membantu pengikatan limbah tersebut sehingga menjadi suatu matrik padat yang kemungkinannya dapat digunakan sebagai bahan bangunan.

Bahan bangunan ekologis yang dimaksudkan adalah bahan bangunan yang dibentuk dari bahan sisa atau limbah industri melalui proses yang ramah lingkungan serta aman terhadap kesehatan baik saat diterapkan maupun pemanfaatan bangunan. Bahan bangunan ini dikembangkan untuk mengurangi dampak negatif dari limbah terhadap lingkungan. Semakin berkembangnya kegiatan industri dan aktivitas lainnya akan membawa konsekuensi yang luas termasuk timbulnya bahan limbah yang dihasilkan. Secara umum limbah

merupakan bahan buangan dari suatu proses yang dalam jumlah tertentu bila tidak ditangani secara baik akan menimbulkan gangguan lingkungan (Lasino, 2003).

Proses pengolahan limbah B3 secara kimia/fisika yang umum dilakukan adalah: stabilisasi/solidifikasi yaitu suatu tahapan proses pengolahan limbah B3, melalui suatu mekanisme pengubahan bentuk fisik dan sifat kimia dengan cara menambahkan senyawa pengikat dan pereaksi tertentu yang bertujuan memperkecil/membatasi kelarutan, pergerakan atau penyebaran daya racunnya, sebelum dibuang ke tempat penimbunan akhir (*secure landfill*) (Anonim, 1995).

Ukuran untuk menentukan keberhasilan suatu proses stabilisasi/solidifikasi ini adalah bahwa produk pengolahan ini haruslah memenuhi kriteria TCLP parameter.

2.6 Limbah Industri Minyak dan Gas (Migas)

Limbah dari proses penyulingan minyak mentah (*crude oil*) dalam industri perminyakan sangatlah kompleks. Limbah yang dihasilkan dapat diklasifikasikan sebagai limbah gas, cair dan padat. Kandungan limbah gas buangan seperti, *volatile hydrocarbon*, CO, NO_x, dan SO_x dapat mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan masyarakat disekitarnya. Begitupula dengan limbah cair dari sisa proses penyulingan umumnya memiliki kandungan minyak, bahan-bahan kimia seperti, timbal, *sulphide*, *phenol*, dan *chloride* yang merupakan limbah berbahaya beracun.

Limbah padat yang dihasilkan disebut *oil sludge*. Dimana minyak hasil penyulingan (*refines*) dari minyak mentah biasanya disimpan dalam tangki penyimpanan. Oksidasi proses yang terjadi akibat kontak antara minyak, udara dan air menimbulkan adanya sedimentasi pada dasar tangki penyimpanan, endapan ini adalah *oil sludge*. *Oil sludge* terdiri dari, minyak (*hydrocarbon*), air, abu, karat tangki, pasir, dan bahan kimia lainnya. Kandungan dari *hydrocarbon* antara lain *benzene*, *toluene*, *ethylbenzene*, *xylenes*, dan logam berat seperti timbal (Pb) pada *oil sludge* merupakan limbah B3 yang dalam pengelolaannya harus mengacu pada PP No. 85 tahun 1999, dimana limbah B3 harus diproses untuk

mengubah karakteristik dan komposisi limbah B3 menjadi tidak beracun dan berbahaya (Sugiarto, 2006).

2.7 Plafon/eternit

Makin meningkatnya kebutuhan perumahan saat ini menyebabkan kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat pula. Bahan yang digunakan untuk bangunan terdiri dari bahan-bahan atap, dinding dan lantai. Saat ini bahan-bahan bangunan yang terbuat dari semen seperti genteng beton, *conblock* dan *paving block* sudah banyak digunakan oleh masyarakat luas. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana membuat bahan-bahan tersebut dengan harga yang relatif murah tanpa mengurangi mutunya. Untuk menjawab permasalahan tersebut di atas, maka Puslitbang Pemukiman sejak tahun 1972 telah meneliti dan mengembangkan pemanfaatan bahan limbah untuk bahan bangunan dengan tujuan: menunjang pengadaan bahan bangunan, menunjang program pemerintah dalam usaha memenuhi kebutuhan komponen bahan bangunan, kemungkinan berdirinya usaha kecil yang memproduksi komponen bangunan, memberikan nilai tambah bagi pengelola limbah, ikut mengatasi problem industri dan terciptanya lapangan kerja baru (Husin, A. A, 2002).

Sebagai langit-langit rumah selain eternit/asbes, juga digunakan gipsum dan triplek. Dibandingkan dengan gipsum dan triplek, harga eternit/asbes jauh lebih murah sehingga banyak digunakan terutama untuk perumahan sederhana, sedangkan gipsum dan triplek lebih banyak digunakan pada perumahan mewah.

Eternit merupakan produk bahan bangunan dibuat dari campuran semen dengan tepung batu gamping atau asbes yang digunakan sebagai langit-langit rumah. Eternit dikenal juga dengan sebutan *plasterboard*. Eternit dapat dicetak sesuai dengan motif yang dibuat, sehingga akan tampak lebih menarik. Sebagai langit-langit rumah selain eternit/asbes, juga digunakan gipsum dan triplek. Dibandingkan dengan gipsum dan triplek, harga eternit/asbes jauh lebih murah sehingga banyak digunakan terutama untuk perumahan sederhana, sedangkan gipsum dan triplek lebih banyak digunakan pada perumahan mewah.

Proses pembuatan eternit relatif mudah untuk dilakukan dan tidak memerlukan persyaratan khusus lokasi. Tenaga kerja yang dibutuhkanpun tidak memerlukan spesifikasi/keahlian khusus. Karena itu usaha pembuatan eternit hampir merata dapat dilakukan di seluruh wilayah Indonesia yang memiliki sumber bahan baku batu gamping/asbes. Bahan baku pembuatan eternit adalah mill (tepung batu gamping/batu kapur), semen, dan benang som. Semen yang digunakan adalah semen portland sebagaimana yang biasa digunakan untuk bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.

Kebutuhan bahan baku untuk memproduksi eternit dengan jumlah produksi per hari 2.500 unit eternit adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kebutuhan bahan baku eternit

No	Bahan	Satuan	Jumlah Penggunaan
1	Mill	Kg	6.000
2	Semen	Kg	1.250
3	Benang som	Kg	300

(Sumber : Data sekunder, 2006)

Sumber bahan baku, khususnya mill (tepung batu gamping/batu kapur) dapat diperoleh dari pabrik penggilingan batu kapur di wilayah setempat. Menurut Dinas Pertambangan Kabupaten Banyumas, terdapat beberapa pabrik penggilingan batu kapur/batu gamping. Salah satu pabrik penggilingan yang ditemui di Desa Sawangan Kecamatan Ajibarang memproduksi 26 ton mill/hari. Berdasarkan data yang tercatat pada tahun 2001, potensi batu kapur di Banyumas diperkirakan sebanyak 442.181.713 ton.

Sumber benang som adalah dari pabrik-pabrik pembuatan pakaian berbahan jins, atau dapat diperoleh dari pedagang yang khusus menyediakan bahan pembuatan eternit. Sedangkan semen diperoleh dari perwakilan supplier di daerah atau pedagang yang dapat ditemui di pasar lokal.

Ketersediaan bahan baku untuk pembuatan eternit di Indonesia cukup melimpah. Berdasarkan data BPS tahun 2003 produksi batu kapur Indonesia

mencapai 53.745.686,43 ton yang tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia (Anonim¹⁾, 2006).

Bahan pembuatan plafon yang biasanya dipasaran yaitu asbes. Asbes atau asbestos terdiri dari serat silikat mineral dengan komposisi kimiawi yang berbeda. Kerusakan pada material yang mengandung serat asbes ini akan menimbulkan debu asbes. Jika terhisap, serat asbes mengendap didalam paru-paru, menyebabkan parut. Menghirup asbes juga dapat menyebabkan penebalan pleura (selaput yang melapisi paru-paru) (Anonim, 2004). Mengingat akan bahaya yang ditimbulkan oleh debu asbes tersebut untuk kesehatan manusia, maka perlu adanya adanya pencegahan yang lebih dini dalam proses pembuatannya sehingga debu asbes tidak terhirup. Selain itu perlu juga dipikirkan kemungkinan menghirup debu asbes pada waktu pemasangannya. Dari penelitian ini, diharapkan memberikan alternatif komposisi baru yang aman dan ramah lingkungan.

2.8 Sandblasting

Sandblasting merupakan materi sejenis pasir yang digunakan untuk menghaluskan atau meratakan permukaan yang keras dengan menyemprotkan pasir pada suatu permukaan dengan tekanan yang tinggi.

Sandblasting artinya semburan pasir yaitu suatu istilah umum untuk proses dalam memperlancar, membentuk dan membersihkan suatu permukaan yang susah dikeraskan atau dihaluskan dengan memaksa partikel butiran padat ke permukaan lain dengan kecepatan tinggi, efeknya serupa dengan penggunaan amplas. Semburan pasir dapat terjadi secara alami, biasanya sebagai hasil pukulan partikel oleh angin yang menyebabkan erosi eolian, atau di buat menggunakan udara kempa. Sebuah pembuatan proses semburan pasir sudah dipatenkan oleh [Benjamin Chew Tilghman](#) pada tanggal 18 Oktober 1870.

Sandblasting yaitu suatu bahan yang dipergunakan untuk mempercepat reaksi pada saat proses perengkahan (*cracking*). *Sandblasting* juga berarti membersihkan, menghaluskan, mengkasarkan atau memindahkan dari bagian permukaan benda yang digunakan untuk menggosok (mengamplas), pancaran

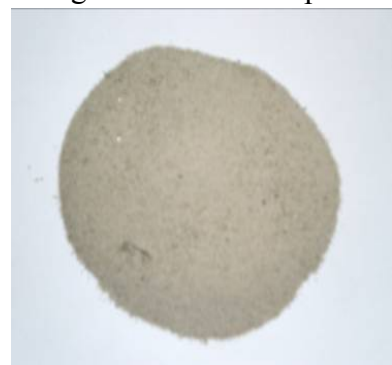
pasir, metal shot, kerikil atau pendorong bahan material lain oleh udara kempa, uap air (panas) atau sebuah roda.

Sandblasting digunakan untuk membersihkan kotoran, kerusakan, cat atau lapisan-lapisan lain dari pergantian permukaan. Pembersihan kerikil pada umumnya tidak mengandung limbah berbahaya. Biasanya industri-industri dimana semburan pasir menggunakan bangunan kapal dan pemeliharaan, transportasi, pemeliharaan jembatan dan operasi-operasi militer.

Menurut sejarah, material digunakan untuk pembuatan semburan pasir adalah pasir yang sudah sesuai/siap untuk suatu ukuran yang seragam. Debu silika diproduksi di proses semburan pasir yang disebabkan silicosis setelah penghisapan debu terus menerus. Semburan pasir sekarang bisa hanya dilakukan di suatu lingkungan terkendali dengan menggunakan ventilasi, pakaian pelindung dan suplai udara (Anonim³, 2007).

Material lain untuk semburan pasir telah dikembangkan sebagai pengganti pasir; sebagai contoh, debu baja, baja menembak, terak tembaga, manik-manik gelas/kaca (penghancur manik-manik), butir metal, batu karbon dioksida, akik merah tua, bubuk abrasif berbagai nilai, bubuk ampas bijih, dan bahkan mengandaskan kulit kelapa atau *corncoobs* telah digunakan untuk aplikasi spesifik dan menghasilkan akhir permukaan yang jelas. Karakteristik fisik dari sandblasting yaitu berbau, mudah terbakar, mudah meleleh serta terbakar, dan mudah menguap.

PT. Pertamina (Persero) unit (UP) IV Cilacap selain menghasilkan limbah padat lainnya, juga menghasilkan *sandblasting* dengan unsur utama yaitu silica dan berwarna kecoklat-coklatan (seperti terlihat pada gambar 2.1). Sandblasting digunakan untuk perawatan dinding kilang-kilang atau sebagai pembersih dinding kilang dari kerak-kerak. Sehingga sandblasting merupakan limbah padat yang tidak termasuk



Gambar 2.1 Sandblasting

dalam B3 dan selama ini sandblasting hanya dibuang begitu saja tanpa ada pemanfaatan. Meskipun karakteristik fisiknya mirip dengan pasir, sandblasting juga bernilai ekonomis sebagai bahan mentah produk bangunan.

Karena material yang digunakan memiliki karakteristik yang sama dengan pasir pada umumnya. Sehingga diharapkan dapat menjadi bahan pengisi dalam pembuatan plafon.

2.9 Glasswool

Glasswool adalah bahan isolasi superior yang berdaya kuat tarik tinggi dan fleksibel, berwarna keemasan. Daya tarik dan daya pegasnya mudah ditangani dengan biaya pemindahan dan instalasi yang rendah.

a) Keunggulan produk

1. Daya konduksi rendah
2. Bebas digunakan dalam temperatur 100°C - 250°C
3. Tidak mudah terbakar
4. Tidak karat/berjamur
5. Tersedia dalam bentuk lembaran
6. Daya fleksibilitasnya sangat baik

b) Aplikasi produk :

1. Isolasi Ducting AC
2. Atap gudang/rumah
3. Peredam Suara partisi/ruang genset
4. Industri oven

c) Di pasaran tersedia dalam bentuk :

Lembaran, Roll

Gambar 2.2 merupakan glasswool yang berasal dari sisa kegiatan PT. Pertamina UP IV Cilacap. Dimana termasuk dalam kategori limbah B3. Karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka suatu produk



Gambar 2.2 Glasswool

menjadi limbah B3 memerlukan pengelolaan. Dalam penelitian ini, *glasswool* akan dimanfaatkan sebagai *filler* dalam bentuk serat untuk pembuatan plafon.

2.10 Limestone

Limestone atau yang dikenal di Indonesia dengan batugamping, merupakan batuan sedimen yang terdiri dari kalsit dan terbentuk terutama secara organik, berupa kumpulan sisa biota laut seperti kerang, siput, *foraminifera*, dan ganggang. Kadang-kadang batugamping juga terbentuk secara mekanik sebagai hasil rombakan dari batugamping organik (terumbu), maupun secara kimia sebagai hasil evaporasi suatu larutan. Batugamping juga merupakan bahan baku industri yang paling umum terdapat di Indonesia, paling tidak tersebar di 392 lokasi dari Provinsi Nangroe Aceh Darussalam sampai Papua. Total sumber daya batugamping di Indonesia adalah 2,1 trilyun ton, dengan sumber daya hipotetik lebih dari 675 milyar ton, sumber daya teroka hampir 1,5 trilyun ton, sumber daya tertunjuk 3,8 milyar ton dan sumber daya terukur hampir 2,3 milyar ton, sedangkan data cadangannya belum pernah didapatkan (Adhi dkk, 2004).

Limestone atau batugamping (gambar 2.3) merupakan salah satu di antara mineral industri dan batuan yang paling banyak dibutuhkan, khususnya untuk industri semen dan bahan bangunan (agregat dan ornamen), kemudian diikuti oleh industri-industri lain seperti industri kertas, cat, plastik,



kosmetik, farmasi, besi baja, tekstil, gula, kimia, agro **Gambar 2.3 Limestone** industri dan lain-lain. Batugamping yang memiliki motif menarik dapat dipoles untuk diperdagangkan sebagai marmer (Noer. M. R, Sukotjo. S. H, 1997).

Batugamping dipasarkan dalam berbagai bentuk untuk berbagai industri, misalnya batugamping mentah sebagai bahan bangunan dan penstabil jalan, atau bubuk CaCO_3 hablur murni jika digunakan sebagai pemutih, bubuk kapur tohor (CaO) untuk menurunkan keasaman, penjernih, dan katalisator dalam berbagai industri, serta kapur padam $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ untuk bahan bangunan. Pusat pemanfaatan batugamping yang paling banyak adalah Pulau Jawa, terutama Provinsi Jawa

Barat. Batugamping di Indonesia masih belum dimanfaatkan secara optimal, terutama untuk memproduksi kalsium karbonat bagi industri-industri selain semen (Adhi. R. N dkk, 2004).

Berdasarkan sampel hasil analisis kimia, batugamping memiliki kadar CaO mencapai 57,12-53,73 % (Anonim³⁾, 2005). Semua batugamping tersusun secara dominan oleh CaCO_3 dalam bentuk kalsit dan aragonit. Senyawa tersebut terbentuk sebagai: fragmen atau partikel yang berasal dari organisme atau bahan organik, lumpur karbonat, dan bahan semen yang dibentuk oleh proses anorganik, biokimia, atau penguapan (Bronto. S, 1999).

Pengembangan batugamping untuk bahan bangunan akan lebih cerah di daerah yang kekurangan sumber daya andesit/*basalt*. Di Indonesia timur, terbuka peluang membangun industri semen skala kecil, dan dalam bidang pertanian, untuk meningkatkan kesuburan tanah, karena tanah pertanian di kawasan timur kurang subur dan mempunyai tingkat keasaman yang tinggi. Pengembangan batugamping sebagai bahan baku industri memerlukan penelitian yang lebih seksama, terutama karena sangat erat kaitannya dengan penyediaan air tanah bagi penduduk di sekitarnya, terutama batugamping yang membentuk kawasan *kars* (Adhi. R. N dkk, 2004).

Pada penelitian kasam dalam “karakteristik dan pelindian solidifikasi limbah lumpur industri elektroplating dengan campuran semen” bahwa limbah lumpur pada sumber limbah yang sudah melalui proses dewatering dengan filter press mempunyai pH di bawah netral yaitu $\text{pH}=4,83$, hal ini terjadi karena tidak konsistennya dalam pengolahan limbah cair. Nilai pH meningkat setelah dilakukan pencampuran dengan CaO. Penambahan CaO sampai pada proporsi 20% terhadap berat limbah menyebabkan peningkatan pH secara signifikan yaitu menjadi $\text{pH}=7,25$ untuk penambahan 10 % CaO dan $\text{pH}=10,52$ untuk proporsi 20 % CaO (Kasam, 2005).

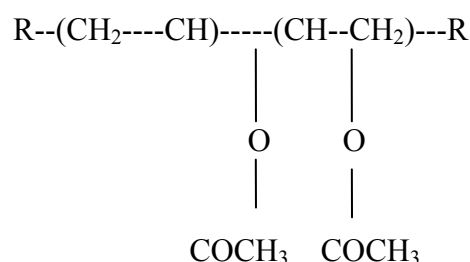
2.11 Komposit Polimer

Polimer banyak digunakan untuk gedung-gedung di daerah yang rawan CO_2 dsb, serta untuk konservasi bangunan-bangunan kuno. Polimer dapat

dicampurkan dengan bahan-bahan lain seperti semen, keramik, dsb menjadi suatu bahan bangunan yang disebut bahan komposit. Bahan komposit dapat digunakan sebagai bahan perekat, dempul, cat, *coating* juga untuk struktur panel, lantai, atap, bahan peredam suara (akustik) dan peralatan energi suara. Bila dibandingkan bahan-bahan bangunan konvensional seperti beton, polimer memiliki sejumlah keunggulan antara lain; tidak berkarat, tahan cuaca, tahan terhadap bahan kimia, lebih ringan dan memiliki sifat yang mudah diatur sesuai dengan keinginan kita. Sejumlah monomer, zat kimia dan aditif yang dipakai pada pemrosesan polimer cenderung berefek negatif bagi kulit (dermatik). Demikian pula, hasil penguraian termal berbagai polimer, seperti PVC, polikloroprena dan policarbonat, dapat menjadi zat yang berbahaya (Feldman. D, Hartomo A.J, 1995).

2.10.1 Polivinil Asetat

Polivinil asetat (PVAc) atau dapat disebut juga lem putih yang digunakan sebagai lem kayu dan kertas merupakan salah satu produk jenis polimer emulsi. Polimer emulsi adalah Polimerisasi emulsi adalah polimerisasi adisi terinisiasi radikal bebas dimana suatu monomer atau campuran monomer dipolimerisasikan di dalam air dengan perubahan surfaktan untuk membentuk suatu produk polimer emulsi yang bisa disebut lateks. Lateks didefinisikan sebagai dispersi koloidal dari partikel polimer dalam medium air. Polivinil asetat (Bahasa Inggris: *Polyvinyl acetate*, PVA atau PVAc) adalah suatu polimer karet sintetis. Polivinil asetat dibuat dari monomernya, vinil asetat (*vinyl acetate monomer*, VAM). Senyawa ini ditemukan di Jerman oleh Dr. Flitz Klatte pada 1912. Hidrolisis sempurna atau sebagian dari senyawa ini akan menghasilkan polivinil alkohol (PVOH). Rasio hasil hidrolisis ini berkisar antara 87% - 99%.



Gambar 2.4 Rumus Kimia Polivinil Asetat

PVA juga sering dijadikan kopolimer bersama akrilat (yang lebih mahal), digunakan pada kertas dan cat. Kopolimer ini disebut vinil akrilat. PVA juga bisa digunakan untuk melindungi keju dari jamur dan kelembapan. Gambar 2.5, polivinil asetat yang digunakan sebagai perekat dalam penelitian ini. PVA bereaksi perlahan dengan basa membentuk asam asetat sebagai hasil hidrolisis.



Gambar 2.5 Lem Putih PVAc

Senyawa boron seperti asam borat atau boraks akan terbentuk sebagai endapan. Pada gambar 2.5 merupakan jenis PVA yang digunakan sebagai perekat dalam penelitian. PVA dijual dalam bentuk emulsi di air, sebagai bahan perekat untuk bahan-bahan berpori, khususnya kayu. PVA adalah lem kayu yang paling sering digunakan, baik sebagai "lem putih" atau "lem tukang kayu" (lem kuning). "Lem kuning" tersebut juga digunakan secara luas untuk mengelem bahan-bahan lain seperti kertas, kain, dan rokok. PVA juga umum dipakai dalam percetakan buku karena fleksibilitasnya dan tidak bersifat asam seperti banyak polimer lain. Lem Elmer adalah merk lem PVA terkenal di Amerika Serikat (Anonim³), 2007). Perekat ini mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, porselen, kayu, kertas, dan tekstil. Lateks dari polimerisasi emulsinya tak berbau, tahan kapang, kekentalan seragam, awet disimpan dan dapat dipakai dengan/tanpa zat pemlastik (Feldman. D, Hartomo A.J, 1995).

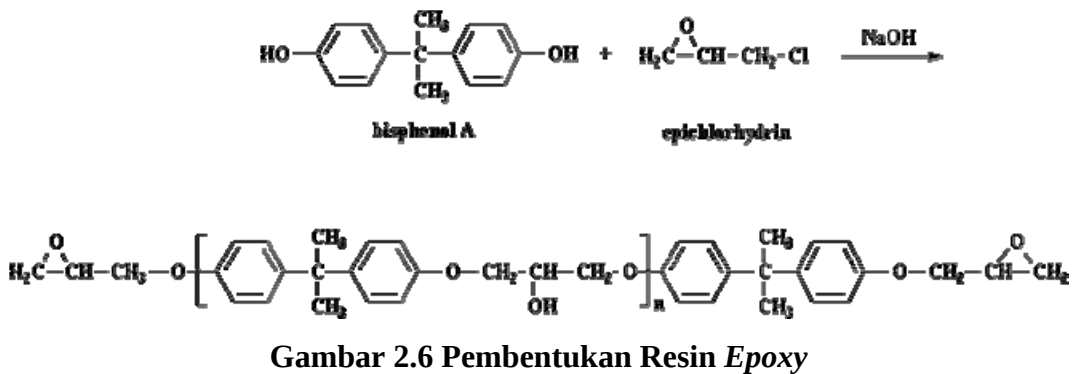
2.10.2 Epoksi

Epoksi merupakan jenis epoksi yang dikualifikasikan sebagai plastik-plastik teknik dimana fungsinya sebagai bahan pelapis protektif, perekat, aplikasi-aplikasi listrik dan elektronik, bahan lantai dasar industri, bahan pengaspal jalan raya, dan juga digunakan sebagai bahan paduan (komposit). Dari segi komersial, polimer atau resin epoksi termasuk polimer nonvinil terpenting.

Epoksi atau polyepoxide adalah sebuah polimer epoxide thermosetting yang bertambah bagus bila dicampur dengan sebuah agen katalis atau “pengeras”

(Anonim²⁾, 2006). Resin *epoxy* yang berasal dari *epichlorohydrin* merupakan reaksi *epichlorohydrin* dengan suatu campuran yang memiliki hidrogen aktif. *Bisphenol-A* dan *epichlorohydrin* sering dipakai sebagai bahan dasar untuk pembuatan resin *epoxy*. Senyawa yang terbentuk disebut *diglycidyl ether of bisphenol-A* (DGEBA), karena mengandung dua gugus glisidil eter per molekul (Jatmiko, 2003).

Dua macam bahan baku yang digunakan dalam resin-resin *epoxy* adalah *epichlorohydrin* dan *bisphenol-A*. Campuran kedua bahan-baku ini dengan basa (NaOH) menghasilkan resin *epoxy*, walaupun struktur dan persamaan reaksinya keliatan rumit. Adapun Pembentukan Resin *Epoxy* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 adalah resin *epoxy* (A) dan *hardener epoxy* (B) yang akan digunakan sebagai *binding agent* dalam penelitian ini. Perbandingannya 1:1, dengan jumlah sesuai kebutuhan. Resin yang sudah dicampur dengan *hardener* memiliki umur (*pot life*) sekitar 100 menit (Anonim²⁾, 2005). Kebanyakan orang mendengar kata epoksi dalam hubungannya dengan resin-resin epoksi, yaitu bahan yang digunakan dalam perekatan logam, gelas dan keramik. Resin-resin epoksi juga digunakan dalam pelapis permukaan (misalnya cat) karena kelembamannya, kekerasan dan fleksibilitasnya.



Gambar 2.7 Resin dan Hardener Epoxy

2.11. Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan plafon. Dalam campuran plafon, air mempunyai 2 fungsi yaitu memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, serta sebagai pelincir campuran bahan lainnya agar memudahkan pencetakan.

Air yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam terlarut, tetapi bila air jernih tidak terasa asin atau payau, maka air dapat digunakan dengan aman.

Air, sebagaimana kita ketahui, merupakan pelarut yang unik. Salah satu sifat khasnya ialah kemampuannya untuk bertindak sebagai asam maupun sebagai basa. Air berfungsi sebagai basa dalam reaksi dengan asam-asam seperti HCl dan CH_3COOH , dan pelarut ini berfungsi sebagai asam dalam reaksi dengan basa seperti NH_3 . Air merupakan elektrolit yang sangat lemah dan dengan demikian merupakan penghantar listrik yang buruk, meskipun hanya terionisasi sedikit.

2.12 *Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)*

Sesuai PP 85/99 tentang Pengelolaan Limbah B3 Uji TCLP merupakan salah satu cara untuk menentukan karakteristik limbah beracun. Disamping digunakan sebagai penentuan salah satu sifat “beracun” dari suatu limbah, uji TCLP dapat diterapkan pula dalam evaluasi produk *pretreatment* limbah sebelum dilandfilling, yaitu dalam proses stabilisasi/solidifikasi (S/S). Pengujian TCLP pada industri yang menghasilkan/*landfilling* limbah B3-nya perlu dilakukan secara rutin namun biayanya cukup mahal. Untuk mengurangi biaya, pihak industri sebaiknya mampu melakukannya sendiri. Peralatan laboratorium, baik instrumen modern maupun metoda konvensional dapat dimanfaatkan (Anonim², 2006).

Uji TCLP di laboratorium dilakukan sesuai dengan metode USEPA 1311. Sebanyak 100 gram sampel diekstrak dengan 2 liter reagensia asam asetat. Ekstraksi berlangsung selama 18 jam dengan putaran botol ekstraktor sebanyak 30 putaran permenit. Ekstrak kemudian dianalisa terhadap kandungan logam berat

dan kandungan senyawa organik lain. Jika kandungan komponen-komponen kimia tersebut berada di bawah ambang batas yang diijinkan, maka limbah hasil stabilisasi/solidifikasi tersebut layak untuk ditimbun dalam bahan lahan urug yang terkendali (*secure landfill*) (Anonim, 2000). TCLP *extract* dianalisa untuk mengetahui kontaminan pencemar yang mencakup *volatile* dan *semi-volatile organics*, *metals*, dan *pesticides*. Uji ekstraksi bisa dikatakan menyimulasi kondisi terburuk bila limbah (padat) yang akan terpapar dengan kondisi air asam seperti air hujan, air limbah hasil pelindian *landfill* (Damanhuri. E, 2000).

Pada umumnya uji ini ditujukan terutama untuk melihat potensi toksisitas leaching dari logam berat yaitu Pb, Cr, Cu, dan Zn.

2.13 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami tanah. Elemen ini tidak dapat didegradasi maupun dihancurkan. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh manusia lewat makanan, air minum, atau melalui udara. Logam-logam berat seperti tembaga, selenium, atau seng dibutuhkan tubuh manusia untuk membantu kinerja metabolisme tubuh. Logam-logam tersebut berpotensi menjadi racun jika konsentrasi dalam tubuh tinggi.

Logam berat menjadi berbahaya disebabkan sistem bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan. Akumulasi atau peningkatan konsentrasi logam berat di alam mengakibatkan konsentrasi logam berat di tubuh manusia adalah tertinggi

Jumlah yang terakumulasi setara dengan jumlah logam berat yang tersimpan dalam tubuh ditambah jumlah yang diambil dari makanan, minuman, atau udara yang terhirup. Jumlah logam berat yang terakumulasi lebih cepat dibandingkan dengan jumlah yang tereliminasi dan terdegradasi.

Disebut logam berat berbahaya karena umumnya memiliki rapat massa tinggi dan sejumlah konsentrasi kecil dapat bersifat racun dan berbahaya. Yang termasuk golongan logam berat adalah seluruh elemen logam kimia. *Merkuri* atau

raksa (Hg), *kadmium* (Cd), *arsen* (As), *khromium* (Cr), *talium* (Tl), dan *timbal* (Pb) adalah beberapa contoh logam berat berbahaya (Martaningtyas, 2004).

Dalam penelitian ini, beberapa logam berat yang akan diteliti dalam produk plafon yaitu :

2.12.1 Pb (Timbal)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan *plumbum*. Dahulu digunakan sebagai konstituen di dalam cat, baterai, dan saat ini banyak digunakan dalam bensin. Pb organik (*Tetra Ethyl Lead* = TEL) sengaja ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Pb adalah racun sitemik yang dikenal dengan cara pemasukannya setiap hari dapat melalui makanan, air, udara dan penghirupan asap tembakau. Efek dari keracunan Pb dapat menimbulkan kerusakan pada otak dan penyakit-penyakit yang berhubungan dengan otak, antara lain epilepsi, halusinasi, kerusakan pada otak besar dan *delirium* (sejenis penyakit gula), kerusakan pada saluran ginjal, ketidaknormalan EKG pada otot jantung (Palar. H, 2004).

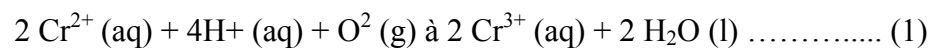
Tabel 2.2. Beberapa Sifat Fisik Timbal

Nama	Timbal
Simbol	Pb
Nomor atom	82
Massa atom relative	207.2 g.mol ⁻¹
Titik Didih	327.5 °C (600.65 °K, 621.5 °F)
Titik Leleh	1740.0 °C (2013.15 °K, 3164.0 °F)
Nomor Protton/Elektron	82
Nomor Neutron	125
Klasifikasi	Logam
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	11.34 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Anonim¹⁾, 2005).

2.13.1 Cr (Khromium)

Senyawa-senyawa yang dapat dibentuk oleh khromium mempunyai sifat yang berbeda-beda sesuai dengan valensi yang dimilikinya. Senyawa yang terbentuk dari logam Cr^{+2} akan bersifat basa, dalam larutan air khromium (II) adalah reduktor kuat dan mudah dioksidasi diudara menjadi senyawa kromium (III) dengan reaksi :



Senyawa yang terbentuk dari ion khromium (III) atau Cr^{3+} bersifat amphoteric dan merupakan ion yang paling stabil di antara kation logam transisi yang lainnya serta dalam larutan, ion ini terdapat sebagai $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ yang berwarna hijau. Senyawa yang terbentuk dari ion logam Cr^{6+} akan bersifat asam. Cr^{3+} dapat mengendap dalam bentuk hidroksida. Khrom hidroksida ini tidak terlarut dalam air pada kondisi pH optimal 8,5–9,5 akan tetapi akan melarut lebih tinggi pada kondisi pH rendah atau asam. Cr^{6+} sulit mengendap, sehingga dalam penanganannya diperlukan zat pereduksi dari Cr^{6+} menjadi Cr^{3+} (Palar. H, 2004).

Khromium dengan bilangan oksidasi +6 mudah membentuk senyawa oksidator dengan unsur lain karena memiliki sifat oksidasi yang kuat, maka Cr^{6+} mudah tereduksi menjadi Cr^{3+} dan khromium (VI) kebanyakan bersifat asam. Khromium sendiri sebetulnya tidak *toxic*, tetapi senyawanya iritan dan korosif.

Logam khromium berbahaya bagi kesehatan manusia, sebagian besar pada orang-orang yang bekerja di industri tekstil dan baja. Permasalahan kesehatan yang lain disebabkan oleh khromium adalah :

1. Gangguan borok dan perut
2. Permasalahan yang berhubungan dengan pernapasan
3. Kerusakan hati dan ginjal
4. Kanker paru-paru.
5. Dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung pada saat inhalasi khromium.

Tabel 2.3. Beberapa Sifat Fisik Logam Khromium

Nama	Khromium
Simbol	Cr
Nomor atom	24
Massa atom relative	51,996 g.mol ⁻¹
Titik leleh	1857.0 °C (2130.15 °K, 3374.6 °F)
Titik didih	2672.0 °C (2945.15 °K, 4841.6 °F)
Nomor Protton/Elektron	24
Nomor Neutron	28
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	7.19 g/cm ³
Warna	Abu-abu

(Anonim¹⁾, 2005).

2.12.3 Cu (Tembaga)

Tembaga dengan nama kimia *cupprum* dilambangkan dengan Cu. Logam ini berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Secara kimia, senyawa-senyawa dibentuk oleh logam Cu (tembaga) mempunyai bilangan valensi +1 dan +2 yang tidak dapat larut dalam air dingin atau air panas, tetapi mereka dapat dilarutkan dalam larutan asam. Secara fisik, logam Cu (tembaga) digolongkan ke dalam kelompok logam-logam penghantar listrik yang baik. Cu merupakan penghantar listrik terbaik setelah perak (*Argentum-Ag*), karena itu logam Cu banyak digunakan dalam bidang elektronika atau pelistrikan. Logam berat Cu digolongkan ke dalam logam berat dipentingkan atau logam berat esensial, artinya meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan meski dalam jumlah yang sedikit. Pada manusia, efek keracunan yang ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap. Cu tersebut adalah terjadinya kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung. Kerusakan itu, merupakan akibat dari gabungan sifat iritatif yang dimiliki oleh debu atau uap Cu tersebut (Palar. H, 2004).

Tabel 2.4 Beberapa Sifat Fisik Logam Tembaga

Nama	Tembaga
Simbol	Cu
Nomor atom	29
Massa atom relative	63.546 g.mol ⁻¹
Titik Didih	1083.0 °C (1356.15 °K, 1981.4 °F)
Titik Leleh	2567.0 °C (2840.15 °K, 4652.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	29
Nomor Neutron	35
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Kubik
Densitas @ 293 K	8.96 g/cm ³
Warna	Merah

(Anonim¹⁾, 2005).

2.12.4 Zn (Seng)

Logam seng (Zn) tersedia secara umum tidak terjadi secara normal untuk membuatnya di dalam laboratorium. Kebanyakan produksi seng didasarkan bijih sulfid. Zn dipanggang didalam pabrik industri untuk membentuk oksida seng, ZnO. Ini dikurangi dengan karbon untuk membentuk seng metal, tetapi diperlukan *practice ingenious technology* untuk memastikan bahwa seng yang dihasilkan tidak mengandung oksida tak murni.



Tipe lain dari ekstraksi adalah *electrolytic*. Penguraian dari *zinc oxide* mentah, ZnO, di dalam sulphuric acid menjadi *zinc sulfate*, ZnSO₄. Solusi dari elektrolisi ZnSO₄ menggunakan katoda aluminium dan dicampur timah dengan anoda perak membentuk logam seng murni yang dilapisi aluminium. Gas oksigen dibebaskan pada anoda.

Tabel 2.5. Beberapa Sifat Fisik Logam Seng

Nama	Seng (Zn)
Simbol	Zn
Nomor atom	30
Massa atom relative	65.39 g.mol ⁻¹
Titik Didih	419.58°C (692.73°K, 787.24396 °F)
Titik Leleh	907.0 °C (1180.15 °K, 1664.6 °F)
Nomor Proton/Elektron	30
Klasifikasi	Logam Transisi
Struktur Kristal	Hexagonal
Densitas @ 293 K	7.133 g/cm ³
Warna	Kebiru-biruan

(Anonim¹⁾, 2005).

2.13 pH (Derajat Keasaman)

pH atau derajat [keasaman](#) digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau [kebasaan](#) yang dimiliki oleh suatu [larutan](#). Yang dimaksudkan "keasaman" adalah konsentrasi [ion hidrogen](#) (H^+) dalam pelarut [air](#).

Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH=7. Nilai pH>7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH<7 menunjukan keasaman. Nama pH berasal dari *potential of hydrogen*. Secara [matematis](#), pH didefinisikan dengan $pH = -\log_{10}[H^+]$.

2.13.1 Asam

Senyawa asam merupakan salah satu kelompok elektrolit yang banyak berperan dalam reaksi-reaksi kimia. Suatu asam dapat berupa zat padat, cairan atau gas. **Asam** (yang sering diwakili dengan rumus umum **HA**) secara umum merupakan [senyawa kimia](#) yang bila dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan dengan [pH](#) lebih kecil dari 7.

Secara umum asam bersifat masam jika dilarutkan dalam air, menyengat bila disentuh, korosif terhadap logam, dan termasuk dalam senyawa elektrolit. Ketika suatu asam dilarutkan kedalam air, terjadilah penarikan H^+ oleh pelarut.

Contoh :



Asam memiliki beberapa kegunaan diantaranya yaitu :untuk menghilangkan karat dari logam dalam proses yang disebut "[pengawetasaman](#)" ([pickling](#)). Asam dapat digunakan sebagai elektrolit di dalam [baterai sel basah](#), seperti [asam sulfat](#) yang digunakan di dalam [baterai mobil](#). Pada tubuh manusia dan berbagai hewan, [asam klorida](#) merupakan bagian dari [asam lambung](#) yang disekresikan di dalam [lambung](#) untuk membantu memecah [protein](#) dan [polisakarida](#) maupun mengubah proenzim [pepsinogen](#) yang inaktif menjadi enzim [pepsin](#). Asam juga digunakan sebagai [katalis](#); misalnya, asam sulfat sangat banyak digunakan dalam proses [alkilasi](#) pada pembuatan bensin (Anonim, 2008).

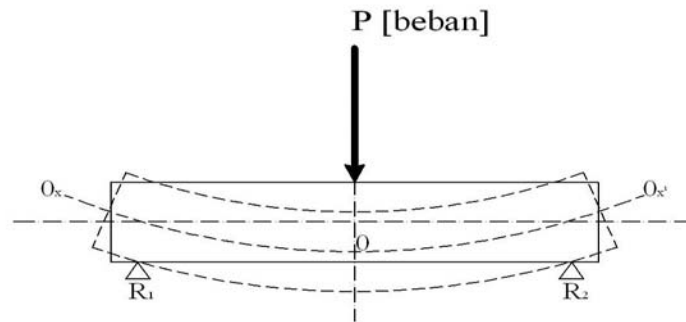
2.13.2 Basa

Definisi umum dari basa adalah [senyawa kimia](#) yang menyerap ion [hydronium](#) ketika dilarutkan dalam [air](#).Basa adalah lawan ([dual](#)) dari [asam](#), yaitu ditujukan untuk unsur/senyawa kimia yang memiliki [pH](#) lebih dari 7. *Kostik* merupakan istilah yang digunakan untuk basa kuat. jadi kita menggunakan nama kostik soda untuk natrium hidroksida (NaOH) dan kostik postas untuk kalium hidroksida (KOH). Basa dapat dibagi menjadi *basa kuat* dan *basa lemah* (Anonim, 2008).

2.14 Kuat Lentur

Pengujian lentur statik adalah salah satu cara pengujian yang dipakai sejak lama bagi bahan yang cocok, karena dapat dilakukan terhadap batang uji berbentuk sederhana.

Sifat tekukan bahan perlu untuk diketahui, seperti ditunjukkan pada gambar 2.9, apabila batang uji ditumpu pada R1 dan R2 serta beban lentur (P) diberikan ditengah, maka tegangan lentur maksimal (σ) terjadi pada titik 0 ditengah bentang.



Gambar 2.8 Pengujian Lentur

Besarnya momen yang terjadi :

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{P \times L}{4} \dots\dots\dots(1)$$

Tegangan lentur pada balok berhubungan dengan tahanan momen (w), tahanan momen pada tampang persegi adalah :

$$w = \frac{1}{6} \times b \times h^2 \dots\dots\dots(2)$$

kekuatan lentur atau tegangan lentur dapat diperoleh dengan rumus :

$$\sigma = \frac{M}{w} \dots\dots\dots(3)$$

dengan substitusi persamaan pada momen lentur (M) dan tahanan momen (w), diperoleh tegangan lentur :

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2} \dots\dots\dots(4)$$

dengan : P = Beban, Kg

L = Jarak tumpuan, cm

B = Lebar benda coba,cm

h = Tebal benda coba, cm

2.15 Hipotesa Penelitian

Berdasarkan dasar-dasar teori diatas maka dapat diambil suatu hipotesa sebagai berikut:

1. Pemanfaatan *sandblasting* dan *glasswool* akan mengimobilisasi logam berat yang ada dalam *sandblasting* dan *glasswool*, sehingga ikatan yang ada dalam komposit akan menyebabkan tertutupnya pori dalam limbah.
2. Produk plafon yang dihasilkan memiliki kuat lentur yang sesuai dengan standar DIN-1101.
3. Produk yang dihasilkan memiliki nilai ekonomis yang layak dijual dipasaran dan ramah terhadap lingkungan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitiannya menggunakan desain penelitian eksperimen murni di laboratorium (*true experimental research*).

3.2 Lokasi Penelitian

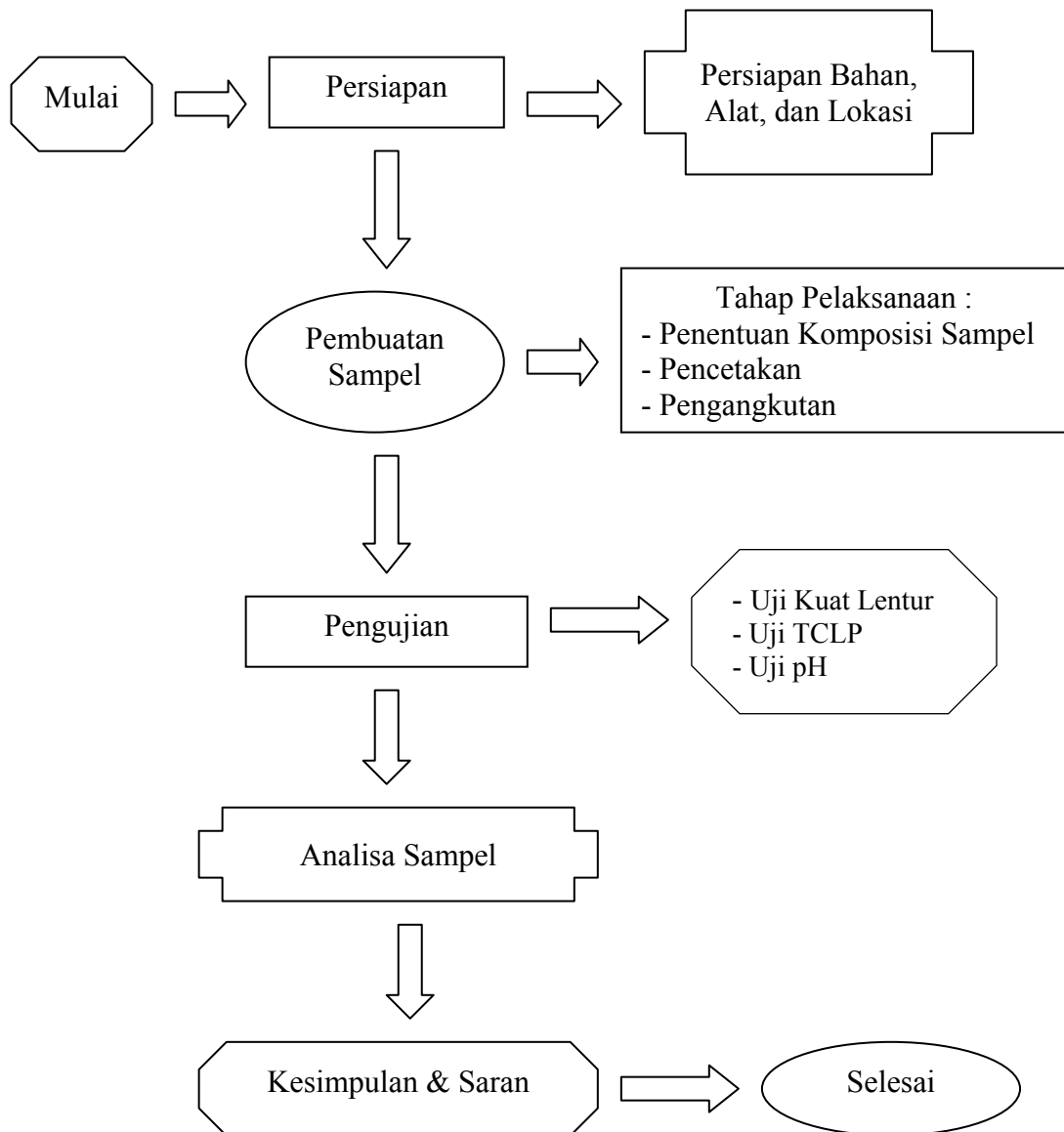
Lokasi penelitian dilaksanakan di laboratorium Teknik Lingkungan, laboratorium Jalan Raya, BKT Teknik Sipil FTSP UII dan Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

3.3 Waktu Penelitian

Seluruh rangkaian proses penelitian mulai dari proses persiapan dan pengambilan bahan baku, tahapan dan proses penelitian di laboratorium, penyusunan laporan akhir, dan seminar atau publikasi penelitian dilakukan dalam kurun waktu 6 bulan. Seluruh tahapan dan proses penelitian tersebut dilakukan secara sistematis dan komprehensif sesuai dengan jadwal penelitian.

3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam penelitian eksperimen yang berada pada skala laboratorium dengan tahapan-tahapan yang sesuai literatur, seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.4.1.1 Bahan

Proses pengambilan bahan baku berupa limbah *sandblasting* dan *glaswool* dilakukan di PT. Pertamina UP IV Cilacap (Jawa Tengah). Adapun proses pengambilan bahan baku berupa *limestone* diambil dari Purworejo dan bahan *compatilizer* lain dilakukan di Yogyakarta. Proses penelitiannya preparasi

peralatan, perlakuan bahan baku, proses pembentukan plafon komposit, pengujian serta analisisnya dilakukan di Laboratorium Rancang Bangun dan Laboratorium Kualitas Air FTSP UII Yogyakarta.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Limbah *sandblasting*
2. Limbah *glasswool*
3. Limestone
4. Polivinil Asetat
5. Epoksi
6. Air

3.4.1.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat Uji Karakteristik Fisik Limbah
2. Alat Uji Lentur
3. Unit pengujian TCLP
4. pH meter

Adapun peralatan pendukung penelitian secara detail dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.4.2 Analisa Karakteristik Bahan

Pada limbah *sandblasting* dan *glasswool* dilakukan pemeriksaan terhadap karakteristik fisik dan kimia.

a. Karakteristik Fisika

1. Analisa Berat Isi Gembur (mengacu pada: AASHTO T-84-74/ASTM C-128-68)
2. Analisa Berat Jenis
3. Analisa Kadar Air (mengacu pada: AASHTO T-84-74/ASTM C-128-68), dan
4. Analisa Berat Isi Padat

Dokumentasi untuk pengujian karakteristik fisik limbah dapat dilihat pada Lampiran 8.

b. Karakteristik Kimia

1. Analisa logam berat : Cr, Cu, Pb, dan Zn.

3.4.3 Rancangan Campuran

Rencana campuran plafon dibuat sesuai dengan beratnya sebesar 650 gram dengan ukuran 20cm x 20cm x 1cm. Masing-masing variasi percobaan dibuat delapan sampel dengan komposisi limbah *sandblasting* dan *glasswool* serta bahan-bahan penyusun berbeda. Variasi perbandingan campuran dalam penelitian ini menjadi:

- a. Limbah Sandblasting: Limbah Glasswool: Limestone: Polivinil asetat: Epoksi = 46%: 2%: 20%: 30%: 2%.
- b. Limbah Sandblasting: Limbah Glasswool: Limestone: Polivinil asetat: Epoksi = 48%: 2%: 20%: 28%: 2%.
- c. Limbah Sandblasting: Limbah Glasswool: Limestone: Polivinil asetat: Epoksi = 50%: 2%: 20%: 26%: 2%.

3.4.4 Penentuan Komposisi

Pada penelitian ini, untuk penentuan komposisi sampel sebelumnya telah dilakukan “*trial and error method of mix design*”. Cara ini berdasarkan pada percobaan untuk memperoleh campuran dengan porsi yang minimum atau kepadatan maksimum, tetapi diupayakan struktur mempunyai bobot ringan.

Tabel 3.1. Komposisi Bahan Pembuatan Plafon

Kode Sampel	Berat sampel 650 gr											Jumlah Plafon
	Sandblasting		Glaswool		Limestone		Polivinil Asetat		Epoksi		Air	
	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	ml	
F1	46	368	2	16	20	160	30	240	2	16	400	8
F2	48	384	2	16	20	160	28	224	2	16	420	8
F3	50	400	2	16	20	160	26	208	2	16	440	8

3.4.5 Pembuatan Sampel

Benda uji yang akan dibuat dan digunakan adalah plafon berbentuk empat persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm serta memiliki ketebalan 1 cm. Cara kerja dalam penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan semua bahan seperti limbah sandblasting, limbah glasswool, limestone, polivinil asetat, dan epoksi serta air. Kemudian dilakukan pengadukan di dalam ember agar homogen dengan berbagai macam komposisi yang telah ditentukan dan selanjutnya dicetak dan dipadatkan. Adukan yang telah dicetak, didiamkan dan diletakkan pada tempat yang terlindung oleh panas matahari. Benda uji dilepas dari cetaknya kemudian diberikan kode sampel.

Untuk tahapan kerja dalam penelitian ini secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 2, dan Lampiran 9 untuk dokumentasi.

3.5 Pengujian Plafon

Setelah sampel plafon dibuat, dilakukan pengujian terhadap sampel plafond. Pengujian yang dilakukan meliputi:

1) Uji Logam Berat atau *Leachate*

Uji lindi merupakan suatu cara untuk mengetahui kadar zat pencemar yang terlindi dari sebuah plafon dalam suatu cairan. Gambar 3.2 adalah gambar alat ekstraksi yang merupakan bagian dari proses pengujian TCLP. Pada pemeriksaan karakteristik limbah secara kimia terdiri dari pemeriksaan kandungan logam-logam berat yang terkandung dalam limbah sandblasting dan glasswool. Beberapa logam berat yang diperiksa yaitu Pb, Cr, Cu, dan Zn.



Gambar 3.2 Alat Uji Ekstraksi

Pemeriksaan logam-logam berat ini

dilakukan dengan perangkat *Atom Absorption Spectrofotometer* (AAS). Kandungan logam-logam berat dalam limbah sandblasting dan glasswool tersebut dibandingkan dengan ketentuan yang ditetapkan oleh PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Secara rinci

untuk pengujian logam berat (TCLP) dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Lampiran 3, 4 dan 5.

2) Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan dari benda uji plafon. Benda uji dengan ukuran 5cm x 5cm x 1cm dimasukkan kedalam larutan asam (H_2SO_4) dengan pH awal 3,09, larutan basa (NaOH) dengan pH awal 10,8 dan larutan aquadest dengan pH awal 7,55. Dilakukan pengukuran pH selama 5 minggu dan diperiksa setiap satu minggu untuk perubahan yang terjadi pada pH. Pemeriksaan menggunakan alat pengukur pH yaitu pH elektrik. Dokumentasi untuk pengukuran pH produk dapat dilihat pada Lampiran 11.



Gambar 3.3 Pengukuran pH

3) Uji Kuat Lentur

Uji kuat lentur merupakan salah satu cara pengujian yang digunakan untuk menentukan seberapa besar tingkat kelenturan dari plafon. Dilakukan secara manual, yaitu dengan memberi pemberat sebagai beban, dan benda uji ditumpu pada kedua ujung penahan beban. Dalam pengujian kuat lentur ini plafon yang digunakan sebanyak 4 produk plafon untuk setiap variasi.



Gambar 3.4 Uji Kuat Lentur

Dokumentasi pengujian kuat lentur plafon secara manual ini, dapat dilihat pada lampiran 12.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Limbah Sandblasting dan Glasswool

Sebelum melakukan proses solidifikasi maka diadakan penelitian pendahuluan yaitu pemeriksaan fisik dan pemeriksaan kimia terhadap limbah sandblasting dan glasswool. Dari pemeriksaan awal ini diharapkan limbah sandblasting dan glasswool semaksimal mungkin dapat digunakan dalam pembuatan plafon, sehingga produk yang dihasilkan mempunyai kualitas yang baik. Pemeriksaan karakteristik fisik limbah terdiri dari pemeriksaan berat isi gembur, berat jenis, kadar air dan berat isi padat. Hasil dari pemeriksaan fisik limbah sandblasting dan glasswool, adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Analisa Fisik Limbah Sandblasting

No.	Parameter	Satuan	Hasil Penelitian
			<i>Sandblasting</i>
1.	Berat Jenis	g/ml	2,65
2.	Berat Isi Gembur	g/cm ³	1,473
3.	Berat Isi Padat	g/cm ³	1,636
4.	Kadar Air	%	0,419

(Sumber :Hasil Penelitian, 2007)

Tabel 4.2 Analisa Fisik Limbah Glasswool

No.	Parameter	Satuan	Hasil Penelitian
			<i>Glasswool</i>
1.	Berat Jenis	g/ml	0,57
2.	Berat Isi Gembur	g/cm ³	0,098
3.	Berat Isi Padat	g/cm ³	0,198
4.	Kadar Air	%	2,890

(Sumber :Hasil Penelitian, 2007).

Sedangkan pemeriksaan kimia dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan dan di Laboratorium Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Adapun data dari pemeriksaan kimia dari limbah sandblasting dan glasswool tersebut, adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Karakteristik Kimia Limbah Sandblasting dan Glasswool

No	Parameter	Hasil Penelitian		PP No 85 Tahun 1999 (mg/l)
		Sandblasting (mg/l)	Glasswool (mg/l)	
1	Pb	1,0228	0,8213	5
2	Cr	0,8765	1,1850	5
3	Cu	0,3510	0,1109	10
4	Zn	58,500	1,3500	50

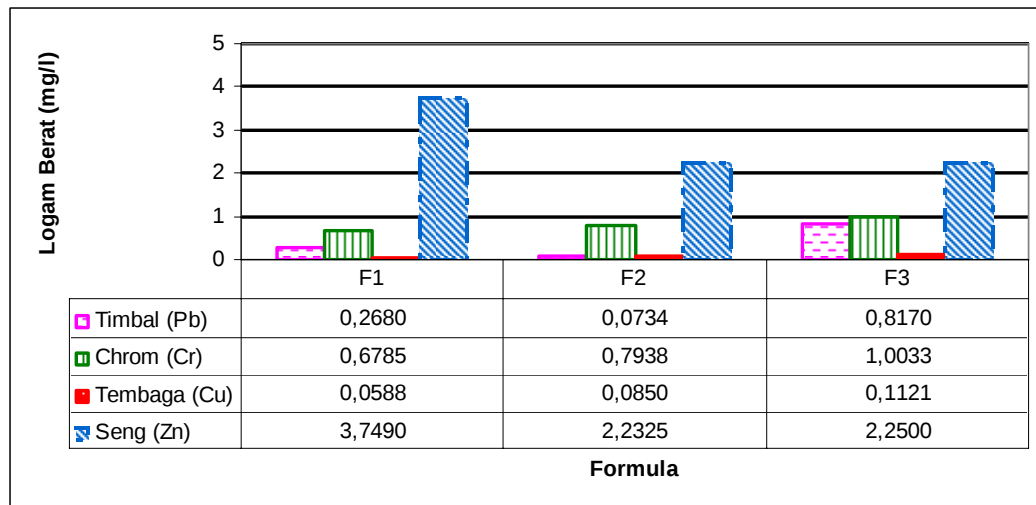
(Sumber :Hasil Penelitian, 2008)

Pada pemeriksaan karakteristik limbah secara kimia terdiri dari pemeriksaan kandungan logam-logam berat yang terkandung dalam limbah sandblasting dan glasswool. Beberapa logam berat yang diperiksa yaitu Pb, Cr, Cu, dan Zn. Pemeriksaan logam-logam berat ini dilakukan dengan perangkat *Atom Absorption Spectrofotometer* (AAS). Kandungan logam-logam berat dalam limbah sandblasting dan glasswool tersebut masih berada dibawah ketentuan yang ditetapkan oleh PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Adapun kandungan logam berat yang melebihi ketentuan, yaitu Zn yang terkandung dalam limbah sandblasting. Namun diharapkan dapat terimmobilisasi setelah dilakukan solidifikasi limbah B3 dalam pemanfaatan limbah sandblasting sebagai bahan baku utama pembuatan plafon.

4.2. Leachate/Lindi (TCLP)

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan TCLP. Uji perlindian dilakukan dengan metode TCLP yang mengacu pada Uji TCLP US EPA. Pada umumnya uji ini ditujukan terutama untuk melihat potensi toksisitas *leaching* dari logam berat Pb, Cr, Cu, dan Zn.

Hasil Uji TCLP untuk produk plafon dapat dilihat sebagai berikut :



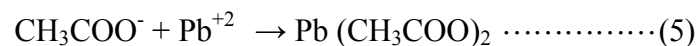
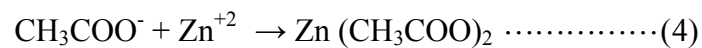
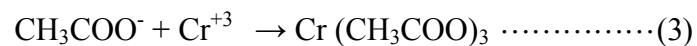
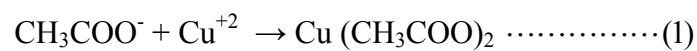
Gambar 4.1 Hasil Uji TCLP Plafon

Dari penelitian ini diperoleh hasil kadar logam berat Pb, Cr, Cu, dan Zn masih berada dibawah ketentuan yang ditetapkan oleh PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Dalam penelitian ini proses solidifikasi yang berlangsung, pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah B3 dengan bahan-bahan aditif yang mempunyai sifat saling mengikat, melekat dan secara fisik dapat mengeraskan limbah tersebut. Dengan demikian limbah tersebut lebih tahan terhadap proses pencucian (*leaching*) ataupun bila terjadi proses *leaching* senyawa B3 lebih lambat dan rendah konsentrasinya, sehingga tidak membahayakan lingkungan dibandingkan dengan tanpa pengelolaan. Untuk tabel analisa TCLP, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6.

Uji ekstraksi bisa dikatakan menyimulasi kondisi terburuk bila limbah (padat) yang akan terpapar dengan kondisi air asam seperti air hujan, air limbah hasil pelindian *landfill* (Damanhuri. E, 2000). Di dalam proses ekstraksi logam pada analisa ini tergolong dalam hidrometalurgi, yang mana merupakan teknik untuk mengekstrak logam dari bijihnya dengan reaksi dalam larutan air, proses penting dalam hidrometalurgi adalah *leaching*. Setelah proses *leaching* logam atau senyawa terlarut dalam bentuk ion biasa atau ion kompleks. Umumnya dalam

ikatan hidrolisis, di dalam larutan berpelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (Petrucchi, 1992). Adapun larutan asam asetat mampu mengeluarkan anion (-) begitu pula pada asam-asam yang lain, asam asetat ini tergolong sebagai asam lemah pada larutan ekstraksi yang fungsinya untuk melepas logam-logam berat yang ada pada plafon.

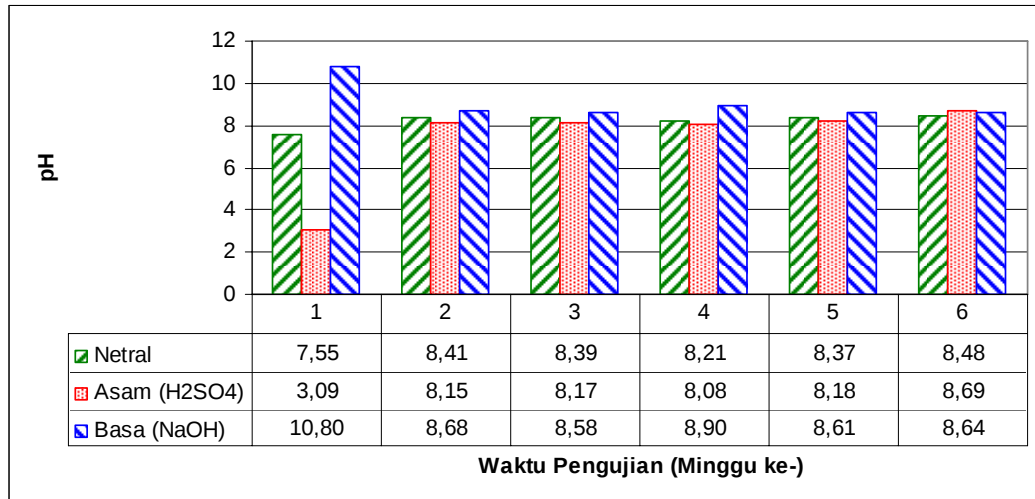
Logam berat pada plafon yang berada dalam larutan ekstraksi dengan menggunakan asam asetat akan terbentuk garam/senyawa baru yang nantinya dianalisa pada AAS. Adapun reaksi yang terjadi, sebagai berikut :



Pada karakteristik kimia limbah sandblasting awal dapat dilihat untuk logam berat Zn mempunyai nilai konsentrasi yang lebih besar dari logam lainnya. Selain itu melebihi dari ketentuan yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Kandungan logam berat Zn yang tinggi dalam limbah sandblasting tersebut karena PT Pertamina UP IV Cilacap memanfaatkannya sebagai bahan yang digunakan dalam pembersihan kerak-kerak tangki kilang minyak. Setelah dilakukan uji TCLP pada produk plafon didapat nilai konsentrasi Zn rata-rata sama dengan logam lainnya. Logam Zn yang ada dalam limbah sandblasting mengalami pengikatan yang baik. Penyerapan limestone dalam plafon menyebabkan potensial *leaching* logam berat dalam sandblasting menjadi kecil. Karena di beberapa industri, limestone juga digunakan sebagai penjernihan air.

4.3. Pengukuran pH (Asam, Basa, dan Netral)

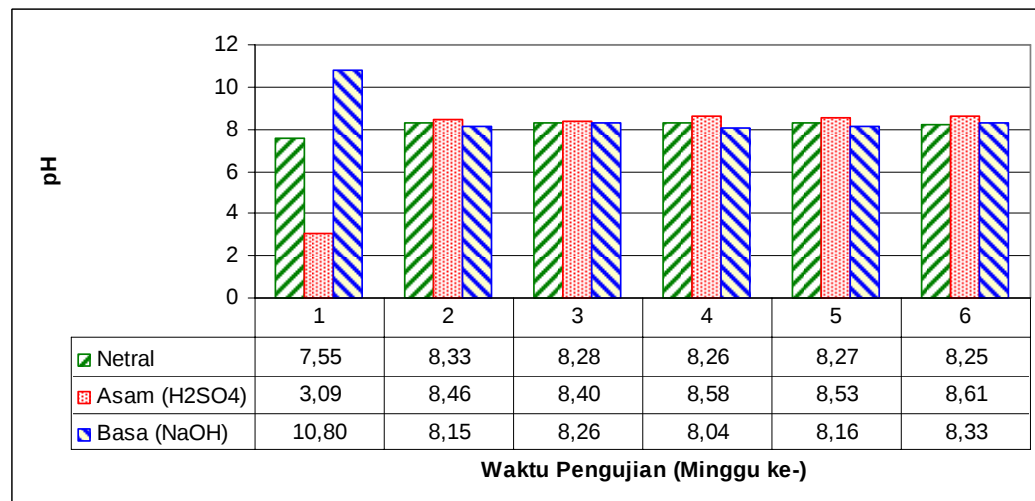
Pengukuran pH dilakukan selama 5 minggu. Menggunakan alat uji pH. Hasil dari pengukuran pH untuk tiap formula dapat dilihat sebagai berikut :



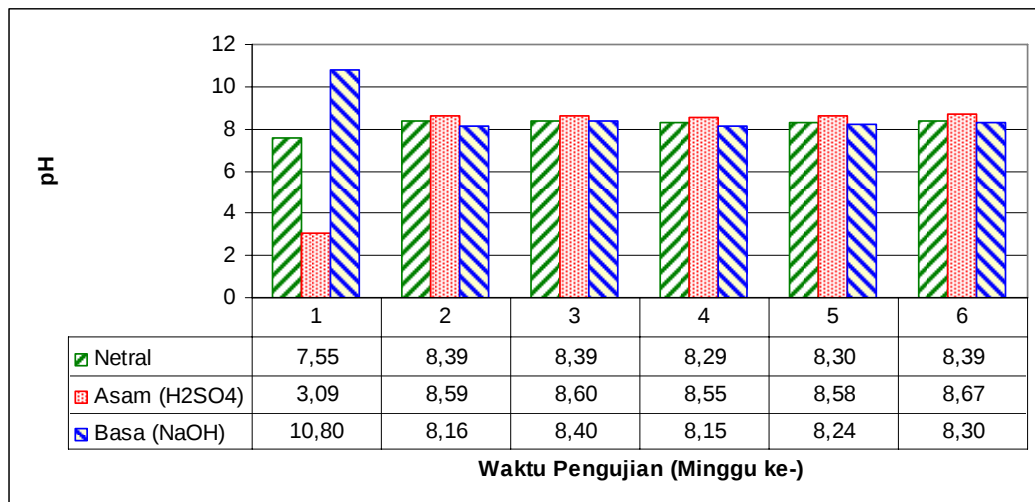
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 1

Keterangan :

- Larutan netral dengan menggunakan aquadest
- Larutan asam dengan menggunakan H₂SO₄
- Larutan basa dengan menggunakan NaOH



Gambar 4.3 Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 2



Gambar 4.4 Hasil Pengukuran pH Plafon Formula 3

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan dari benda uji plafon. Benda uji dengan ukuran 5cm x 5cm x 1cm dimasukkan kedalam larutan asam (H₂SO₄) dengan pH awal 3,09, larutan basa (NaOH) dengan pH awal 10,8 dan larutan aquadest dengan pH awal 7,55. Dilakukan pengujian pH selama 5 minggu dan diperiksa setiap satu minggu untuk perubahan yang terjadi pada pH. Pemeriksaan menggunakan alat pengukur pH. Untuk tabel analisa pengukuran pH, secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6.

Dari hasil penelitian seperti yang tertera pada gambar 4.2, 4.3, dan 4.4 konsentrasi pH dari setiap minggu terlihat konstan. Pada setiap produk yang dimasukkan kedalam larutan asam mengalami perubahan menjadi basa. Demikian juga halnya pada setiap produk yang dimasukkan kedalam larutan netral, dimana mengalami perubahan menjadi basa. Hal ini menunjukkan adanya pelarutan yang terlepas dari benda uji plafon.



Gambar 4.5 Pengukuran pH

Kandungan dalam bahan-bahan pembuatan plafon ikut mempengaruhi perubahan pH tersebut. Diantaranya limestone yang sering digunakan untuk

menurunkan keasaman (Adhi, dkk, 2003). Berdasarkan sampel analisis kimia, batugamping (limestone) memiliki kadar CaO mencapai 57,12-53,73 % (Anonim, 2005). Seperti pada penelitian kasam dalam “Karakteristik dan Pelindian Solidifikasi Limbah Lumpur Industri Elektroplating Dengan Campuran Semen” bahwa limbah lumpur pada sumber limbah yang sudah melalui proses *dewatering* dengan *filter press* mempunyai pH di bawah netral yaitu pH=4,83, hal ini terjadi karena tidak konsistennya dalam pengolahan limbah cair. Nilai pH meningkat setelah dilakukan pencampuran dengan CaO. Penambahan CaO sampai pada proporsi 20% terhadap berat limbah menyebabkan peningkatan pH secara signifikan yaitu menjadi pH=7,25 untuk penambahan 10 % CaO dan pH=10,52 untuk proporsi 20 % CaO (Kasam, 2005). Disamping itu PVA (polivinil asetat) yang digunakan juga umum dipakai dalam percetakan buku karena [fleksibilitasnya](#) dan tidak bersifat asam seperti banyak polimer lain (Anonim, 2007).

Dalam penelitian ini proses solidifikasi yang berlangsung, pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah B3 dengan bahan-bahan aditif yang mempunyai sifat saling mengikat, melekat dan secara fisik dapat mengeras limbah tersebut. Limbah tersebut lebih tahan terhadap proses pencucian (*leaching*) ataupun bila terjadi proses *leaching* senyawa B3 lebih lambat dan rendah konsentrasinya, sehingga tidak membahayakan lingkungan dibandingkan dengan tanpa pengelolaan.

Berdasarkan pengukuran pH, plafon aman bagi lingkungan jika digunakan. Karena berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun bahwa limbah bersifat korosif jika mempunyai pH sama atau kurang dari 2 untuk limbah bersifat asam, dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

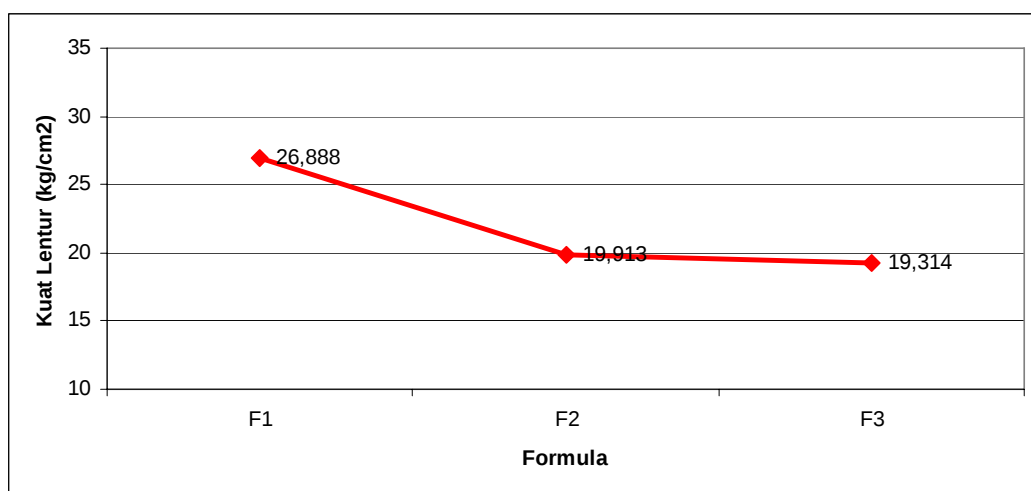
4.4. Kuat Lentur Plafon

Hasil uji untuk kuat lentur rata-rata dari produk plafon setelah dilakukan proses solidifikasi, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.4 Nilai Kuat Lentur Rata-rata Plafon

No	Formula	Jumlah Limbah (%)		Kuat Lentur (kg/cm ²)
		Sandblasting	Glasswool	
1	F1	48	2	26,888
2	F2	50	2	19,913
3	F3	52	2	19,314

(Sumber :Hasil Penelitian dan data sekunder, 2008)



Gambar 4.5 Kuat Lentur Plafon

Uji kuat lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan plafon menahan beban yang ada di atasnya. Hasil pemeriksaan kuat lentur plafon secara lengkap dapat dilihat pada tabel 4.4. Menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dari data kuat lentur rata-rata yang didapat. Formula satu dengan proporsi limbah masing-masing limbah sandblasting 48% dan limbah glasswool 2%, memiliki kuat lentur yang paling besar dibandingkan dengan formula kedua dan ketiga. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini semakin banyak proporsi limbah maka semakin menurun nilai kuat lentur rata-ratanya. Selain itu penggunaan pengikat (*binding agent*) yang berbeda proporsinya pada tiap formula juga mempengaruhi perbedaan kuat lentur rata-ratanya. Hasil tersebut menunjukkan juga masih lebih baik dari standar DIN-1101 dimana dengan tebal

benda 15 mm, kuat lenturnya sebesar 17 kg/cm². Untuk tabel analisa nilai kuat lentur rata-rata tiap formula secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 7.

Limbah sandblasting dan glasswool yang digunakan berasal dari sisa suatu industri atau kegiatan PT. Pertamina UP IV Cilacap yang termasuk dalam kategori limbah B3. Karena tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, maka suatu produk menjadi limbah B3 yang memerlukan pengelolaan secara khusus. Proses pengolahan limbah sandblasting dan glasswool pada penelitian ini menggunakan komposit geo polimer sederhana (*applicable*) yang aman dan ramah lingkungan. Adapun polimer yang digunakan yaitu polivinil asetat dan epoxy sebagai bahan pengikat hidrolis yang dicampur dengan air. Dipasaran polivinil asetat dikenal dengan sebutan “lem putih”. Pada penelitian ini, digunakan polivinil asetat merek “lem fox”. Sedangkan untuk epoxy dengan merek “eposchon”. Epoxy ini dijadikan sebagai bahan perekat yang terdiri dari resin epoxy dan hardener epoxy. Dengan perbandingan 1:1 dengan jumlah sesuai kebutuhan dan diaduk hingga merata. Resin yang sudah dicampur dengan hardener memiliki umur (*pot life*) sekitar 100 menit, setelahnya tidak bisa digunakan lagi. Oleh karena itu, campuran dibuat secukupnya (Anonim, 2005). Namun epoxy agak lebih mahal jika dibandingkan dengan polivinil asetat, dan ini menghalang penggunaannya secara lebih luas.

Dalam campuran bahan-bahan pembuatan produk plafon ini, air mempunyai dua fungsi yaitu, memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, serta sebagai pelincir campuran bahan lainnya agar memudahkan pencetakan.

Bahan utama sandblasting selain mengandung silica, berfungsi juga sebagai *filler* atau pengisi. Karena memiliki karakteristik fisik yang sama dengan pasir. Sedangkan limbah glasswool berfungsi sebagai serat. Serat yang disebar secara acak mempunyai tahanan lentur dan kuat tarik yang lebih besar dibanding dengan serat yang disebar secara teratur dengan peningkatan sebesar 20% (Setia, 2005). Karena dapat saling mengikat dengan bahan-bahan lainnya secara baik

Bahan-bahan campuran lain dalam pembuatan plafon yaitu limestone. Dimana limestone berfungsi sebagai bahan penyerap (*adsorpsi*) yang dapat

mengimobilisasi logam-logam berat. Karena di beberapa industri, limestone juga digunakan sebagai penjernihan air.

4.5. Prospek Pengembangan Produk

4.5.1 Teknis

Pembuatan plafon dalam penelitian ini, dilakukan dengan cara yang sederhana. Mulai dari proses pencampuran bahan-bahannya sampai pada proses pencetakan. Proses pencampuran dilakukan secara manual. Benda uji yang dibuat berbentuk empat persegi panjang dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm serta memiliki ketebalan 1 cm. Pengeringan hanya diletakkan pada suhu ruangan, yaitu sekitar 26-27°C. Kualitas produk yang dihasilkan kurang baik karena kurangnya kehomogenitasan bahan yang tercampur. Namun dari pengujian fisik yang dilakukan yaitu uji kuat lentur yang didapat masih lebih baik dari standar DIN-1101 dimana dengan tebal benda 15 mm, kuat lenturnya sebesar 17 kg/cm². Formula satu dengan proporsi limbah masing-masing limbah sandblasting 48% dan limbah glasswool 2%, memiliki kuat lentur yang paling besar dibandingkan dengan formula kedua dan ketiga. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada penelitian ini semakin banyak proporsi limbah maka semakin menurun nilai kuat lentur rata-ratanya. Selain itu penggunaan pengikat (*binding agent*) yang berbeda proporsinya pada tiap formula juga mempengaruhi perbedaan kuat lentur rata-ratanya.



Gambar 4.6 Produk Plafon

4.5.2 Ekonomis

Plafon dengan ukuran 20cm x 20cm x 1cm memerlukan biaya produksi yang meliputi harga bahan, peralatan, dan upah tenaga kerja. Dengan jumlah tiap formula sebanyak 8 biji plafon. Adapun rincian biaya produksi plafon dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut :

Tabel 4.5 Rincian Biaya Produksi Plafon

No	Jenis Bahan/upah	Harga tiap Kg (Rp)	Jumlah Bahan (kg)					
			F1	Harga (Rp)	F2	Harga (Rp)	F3	Harga (Rp)
1	Bahan Susun :							
	Sandblasting	250	0,046	11,5	0,048	12	0,05	12,5
	Glasswool	250	0,00025	0,0625	0,00025	0,0625	0,00025	0,0625
	Limestone	5.000	0,0025	12,5	0,0025	12,5	0,0025	12,5
	Polivinil Asetat	9.500	0,03	285	0,0035	33,25	0,00325	30,875
	Epoksi	120.000	0,18	21.600	0,18	21.600	0,18	21.600
2	Jumlah Plafon :		8		8		8	
3	Nilai Produksi :							
	Peralatan	100.000		4.167		4.167		4.167
	Upah Pekerja (orang/hari)	50.000		2.083		2.083		2.083
Jumlah Biaya per biji :				28.159		27.907		27.905

Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa biaya produksi plafon ini kurang ekonomis jika diterapkan untuk usaha rumah tangga (*home industry*). Namun aman bagi lingkungan, karena mampu mengimobilisasi logam berat yang terkandung dalam bahan-bahan produksi plafon. Terutama kandungan logam berat Zn yang terdapat dalam limbah sandblasting.

Harga plafon yang ada dipasaran, untuk asbes ukuran 1 m x 1 m x 0,6 mm seharga Rp 10.000. Jika dibandingkan harga plafon yang ada dipasaran, maka harga produksi plafon dalam penelitian ini kurang ekonomis.

Dari perhitungan pembiayaan dan total produksi didapat harga satu sampel produk (pada formula 1) adalah sebesar Rp 28.159,- sehingga jika produk ini dijual dengan biaya keuntungan yang diharapkan adalah sebesar 20% maka perhitungan jumlah nilai jual untuk satu produk plafon adalah sebagai berikut:

Biaya produksi total satu sampel = Rp 28.159 ,-

Biaya keuntungan yang diharapkan = 20% (dari biaya produksi)

Sehingga:

= Rp 28.159 ,- x 20%

Keuntungan yang diharapkan = Rp 563.1,8 ,-

Nilai jual/satu buah produk plafon = Rp 28.159 ,- + Rp 563.1,8 ,-

= Rp 33.790,8-

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa jumlah harga atau kisaran nilai jual produk ke pasaran adalah sekitar Rp 33.790,8-. Harga produk untuk satu sampel pada perhitungan nilai jual ini dapat dikatakan mahal jika melihat ukuran satu buah produk plafon yang hanya 20 x20 x1 cm. Namun jika dibandingkan dengan biaya transportasi maupun biaya pembuangan limbah ke PPLI membutuhkan biaya yang besar, sehingga perhitungan harga nilai jual dari segi yang berbeda pada produk ini dapat dikatakan tidak tergolong mahal.

4.5.3 Lingkungan

Dari hasil penelitian diperoleh perbedaan konsentrasi awal logam berat pada limbah sebelum diproses solidifikasi (input) dengan konsentrasi yang keluar (output) dari plafon setelah adanya proses solidifikasi, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Uji TCLP

No	Parameter	Karakteristik awal limbah (mg/L)		Karakteristik Plafon (mg/L)			PP No.85/1999 (mg/L)
		Sandblasting	Glaswool	F1	F2	F3	
1	Pb	1.0228	0.8213	0.2680	0.0734	0.8170	10
2	Cr	0.8765	1.1850	0.6785	0.7938	1.0033	5
3	Cu	0.3510	0.1109	0.0588	0.0850	0.1121	5
4	Zn	58.500	1.3500	3.7490	2.2325	2.2500	50

(Sumber: data primer 2008)

Hal tersebut menunjukkan bahwa proses solidifikasi limbah sandblasting dan limbah glasswool sebagai plafon ini dapat dikatakan cukup berhasil dan aman bagi lingkungan. Karena dapat mengimobilisasi logam-logam berat. Selain itu berdasarkan pengukuran pH, plafon aman bagi lingkungan jika digunakan. Karena berdasarkan PP No. 85 Tahun 1999 bahwa limbah bersifat korosif jika mempunyai pH sama atau kurang dari 2 untuk limbah bersifat asam, dan sama atau lebih besar dari 12,5 untuk yang bersifat basa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan landasan teori disimpulkan sebagai berikut :

1. Limbah *sandblasting* dan *glasswool* yang dimanfaatkan untuk pembuatan plafon dapat mengimobilisasi logam-logam berat. Pengujian lindi yang dilakukan dengan metode TCLP untuk logam-logam Pb, Cr, Cu dan Zn menunjukkan bahwa lindi yang terjadi memenuhi baku mutu yang ditentukan. Lindi terbesar adalah Zn, yaitu 3,7490 mg/L sedangkan baku mutu 50 mg/L.
2. Pengujian kuat lentur didapatkan nilai kuat lentur tertinggi adalah pemakaian limbah *sandblasting* dengan proporsi 46% dan *glasswool* 2%. Kuat lentur yang dihasilkan yaitu sebesar 26,888 kg/cm². Hasil tersebut menunjukkan kuat lentur yang lebih baik dari standar DIN-1101 dimana dengan tebal benda 15 mm, kuat lenturnya sebesar 17 kg/cm².
3. Jika dibandingkan harga plafon yang ada dipasaran, harga produksi plafon dalam penelitian ini kurang ekonomis. Namun aman bagi lingkungan, karena mampu mengimobilisasi logam berat yang terkandung dalam bahan-bahan produksi plafon.

5.2 Saran

1. Dalam pemilihan bahan-bahan dan proses pembuatannya haruslah diperhatikan dengan baik, agar plafon yang dihasilkan memiliki kualitas tinggi dan memiliki nilai jual dipasaran.
2. Untuk komposisi bahan additif ditambah agar plafon yang dihasilkan memiliki tekstur yang kuat dan homogen.
3. Perlu adanya kajian dan penelitian lebih lanjut terhadap imobilisasi limbah *sandblasting* dan limbah *glasswool* dengan bahan additif lainnya.

4. Dilakukan pengembangan penelitian yang terkait (solidifikasi) dengan limbah sandblasting dan glasswool untuk alternatif bahan bangunan lainnya.
5. Sebaiknya lebih banyak memanfaatkan bahan-bahan mineral lokal dari daerah setempat, agar biaya produksi dapat dikurangi, misalnya penambahan serat-serat alami dan pemilihan bahan pengikat yang lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, R. N dkk, 2004, *Sumber Daya Mineral*, UGM press, Jogjakarta.
- Agustina, H, 2006, *Pengelolaan dan Pengendalian Limbah B3*, http://www.ums.ac.id/PSL/Web_Based/pdf/16-Pengelolaan_Limbah_B3.pdf (diakses tgl 03 Desember 2007).
- Anonim, 1995, *Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah bahan Berbahaya dan Beracun*, Kep-03/Bapedal/09/1995, Jakarta.
- Anonim, 1999, *Peraturan Pemerintah No.85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan berbahaya Beracun*, Sekretariat Bapedal, Jakarta.
- Anonim, 2000, *Teknologi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*, PT Prasadha Pamunah Limbah Industri, Jakarta.
- Anonim, 2004, *Penyakit Paru – paru*. <http://www.TheLargestIndonesianCommunity.com> (diakses tgl 01 Maret 2008).
- Anonim¹⁾, 2005, *Chemical elements*.
- Anonim²⁾, 2005, *Lem Epoxy INDEKS 2 Komponen*, http://www.indanapaint.com/lem_epoxy.htm (diakses tgl 12 Februari 2008).
- Anonim³⁾, 2005, *Potensi Pertambangan dan Bahan Galian*, Kabupaten Pasir - www.pasir.go.id.htm. (diakses tgl 11 Juni 2007).
- Anonim¹⁾, 2006, *Profil Usaha Industri Eternit*, Bank Indonesia, Jakarta. <http://www.Sipuk-BankSentralRepublikIndonesia.com> (diakses tgl 04 Juni 2007).
- Anonim²⁾, 2006, *Teknik Sampling dan Pemantauan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3)*, Pusat Penelitian Kimia – LIPI, Bandung.
- Anonim³⁾, 2006, *Wikipedia* (diakses tgl 12 Februari 2008)
- Anonim¹⁾, 2007, *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3)*, Benefita, Jakarta.
- Anonim²⁾, 2007, *Polimer Jenis Polivinil Asetat*, UI press, Jakarta.
- Anonim³⁾, 2007, *Wikipedia* (diakses tgl 12 Februari 2008).
- Anonim, 2008, *Wikipedia* (diakses tgl 12 Februari 2008).
- Bronto, S, 1999, *Jenis Batuan di Alam*, UGM press, Jogjakarta.

- Damanhuri, E, 2000, *Pelatihan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*, Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Feldman. D, Hartomo A.J., 1995, *Bahan Polimer Konstruksi Bangunan*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Husin. A. A, 2002, *Pemanfaatan Limbah Untuk Bahan Bangunan*, [http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/Advis_Teknik/Modul%20C1%20\(bahan%20Bangunan\)/Modul%20C1_3%20Pemanfaatan%20Limbah.pdf](http://www.pu.go.id/balitbang/puskim/Advis_Teknik/Modul%20C1%20(bahan%20Bangunan)/Modul%20C1_3%20Pemanfaatan%20Limbah.pdf) (diakses tgl 07 Agustus 2007).
- Jatmiko, 2003, *Tegangan Flashover pada Bahan Isolasi Resin Epoksi (DGEBA) yang Terpengaruh oleh Polutan Garam Parangtritis*, Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer Emitor Vol. 3, Teknik Elektro UMS, Surakarta.
- Junaedy, 2001, *Mengolah Limbah Katalis Menjadi Batako dan Keramik*, Dana Mitra Lingkungan, Jakarta.
- Kasam, 2005, *Karakteristik dan Pelindian Solidifikasi Limbah Lumpur Industri Elektroplating dengan Campuran Semen*, Ganesha Digital Library, Bandung.
- Krisbayu. A. R, 2007, *Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3)-Bom Waktu yang Terlupakan*, Bitchology Online, Jakarta.
- Lasino, 2003, *Pengembangan Bahan Bangunan Ekologis dalam Menunjang Pembangunan Berkelanjutan Bidang Ke-PU-an*, <http://www.pu.go.id/Publik/Pengumuman/Pengukuhan/Press-release-LSN.doc> (diakses tgl 07 Agustus 2007).
- Martaningtyas, 2004, *Bahaya Cemaran Logam Berat*, Pikiran Rakyat Cyber Media, Jakarta.
- Noer. M. R, Sukotjo. S. H, 1997, *Diktat Kuliah untuk Jurusan Geologi UGM*, UGM, Jogjakarta.
- Palar. H, 2004, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Petrucci, 1992, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*, Erlangga, Jakarta.
- Setia M. J. I, 2005, *Solidifikasi Limbah Katalis RCC-15 Sebagai Bahan Pencampuran Panel Board Serat Bambu*, Skripsi Pada Program S1, FTSP, UII, Yogyakarta.

- Sugiarto, 2006, *Teknologi Plasma untuk Daur Ulang Limbah Oil Sludge*, Pusat Penelitian KIM-LIPI, Tangerang.
- Sopyan, 2001, *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Trifina, 2002, *Solidifikasi Limbah Padat Industri*, Departemen Teknik Lingkungan, Bandung.
- Vebbyana. S, 2001, *Kinetika Sorpsi Kromium Trivalen (Cr^{3+}) dalam Proses Solidifikasi Limbah Elektroplating*, Digital Library Online, Jakarta.
- Whardhana, 2001, *Pengolahan Limbah Industri*, UI press, Jakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

ALAT

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Ayakan 40 dan 60 mesh
2. Timbangan *ohaus*
3. *Beaker glass*
4. Baskom
5. Sendok/pengaduk
6. Cetakan benda uji plafon (ukuran 20 x 20 x 1 cm)
7. Alat Uji Karakteristik Fisik Limbah
8. Unit pengujian TCLP
9. Alat Uji Kuat Lentur
10. Alat Ekstraksi (Uji TCLP)
11. pH meter

LAMPIRAN 2

PEMBUATAN PLAFON (Benda Uji)

Cara kerja dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- b. Persiapan semua bahan pencampuran seperti limbah sandblasting, limbah glaswool, limestone, polivinil asetat, dan epoksi serta air dengan berbagai komposisi sebagai berikut:

Tabel L.1. Komposisi Bahan Pembuatan Plafon

Kode Sampel	Berat sample 650 gr											Jumlah Plafon
	Sandblasting		Glasswool		Limestone		Polivinil Asetat		Epoksi		Air	
	%	gr	%	Gr	%	gr	%	gr	%	gr	ml	
F1	46	368	2	16	20	160	30	240	2	16	400	8
F2	48	384	2	16	20	160	28	224	2	16	420	8
F3	50	400	2	16	20	160	26	208	2	16	440	8

- c. Menyediakan kebutuhan air yang diperlukan untuk pembuatan adukan dengan menggunakan gelas ukur. Air ini digunakan sebagai perekat, kemudian diaduk hingga homogen.
- d. Langkah selanjutnya semua bahan yang telah disiapkan (limbah sandblasting, limbah glasswool, limestone, polivinil asetat, epoksi, dan air) dilakukan pengadukan di dalam ember agar homogen dengan berbagai macam komposisi di atas.
- e. Menyiapkan alat cetakan dengan ukuran 20cm x 20cm x 1cm yang mana terlebih dahulu dibersihkan sekuruh permukaan cetakannya.
- f. Adukan pasta hasil campuran limbah sandblasting, limbah glasswool, limestone, polivinil asetat, epoksi dan air yang telah homogen tadi dimasukkan ke dalam alat cetakan kemudian dipadatkan.
- g. Adukan yang telah dicetak, didiamkan dan diletakkan pada tempat yang terlindung oleh panas matahari.
- h. Benda uji dilepas dari cetakannya dengan menggunakan cetok dan palu kemudian diberikan kode sampel.

LAMPIRAN 3

PROSEDUR PENGUJIAN TCLP

L.3.1 Prosedur Pengujian Pelindian Untuk Limbah Non Volatil

Pengujian pelindian untuk limbah non-volatil dilakukan dengan metode TCLP. Langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Menimbang sampel 100 gram, kemudian sampel dihaluskan apabila diameternya lebih dari 9,5 mm (tidak lolos standar 9,5 mm).
2. Pengujian pH (*Preliminary Evaluation*)
 - a) - Menimbang sub sampel 5 gram
 - Masukkan ke dalam beaker glass
 - Menambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Menutup dengan kaca arloji dan diaduk dengan magnetic stirrer (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Mengukur pH (pH awal)
 - b) - Apabila pH langkah (a) lebih dari 5,0 maka ditambahkan 3,5 ml HCl 1,0 N
 - Menutup dengan kaca arloji dan dipanaskan sampai 50⁰C selama 10 menit
 - Membiarkan sampai larutan dingin
 - Mengukur pH (pH akhir)

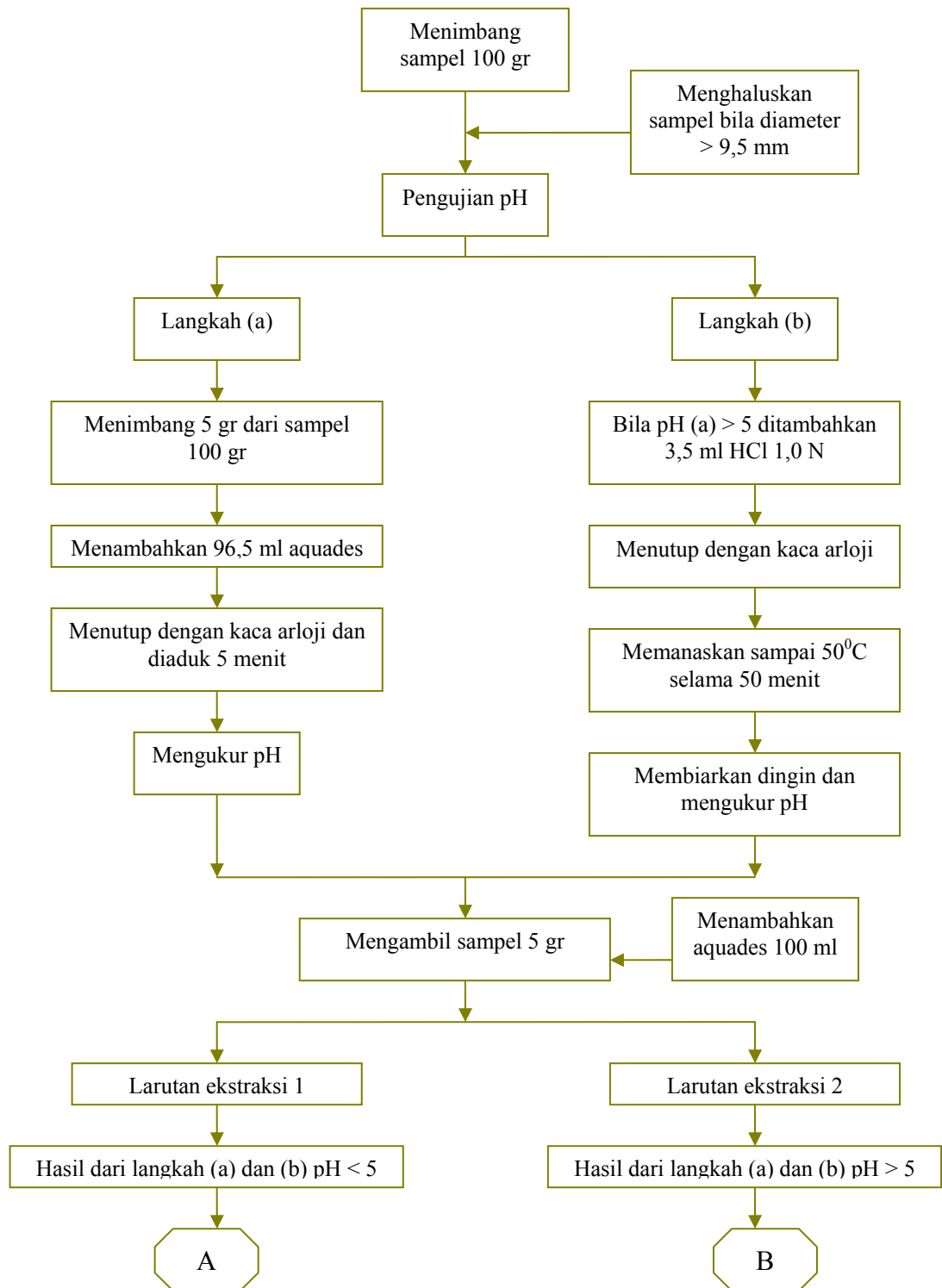
L.3.2 Pengujian TCLP

Uji TCLP dilakukan pada pecahan benda uji yang telah dan dilihat dari masing-masing perbandingan sampai seberapa besar penurunan kadar logam beratnya. Langkah-langkah sebagai berikut :

1. Timbang sampel 100 gram, haluskan sampel apabila mempunyai diameter lebih dari 9,5 mm (tidak lolos saringan standar 9,5 mm)
2. Lakukan pengujian pH
 - a) – Timbang sub sampel 5 gram (berasal dari sampel 100 gram)

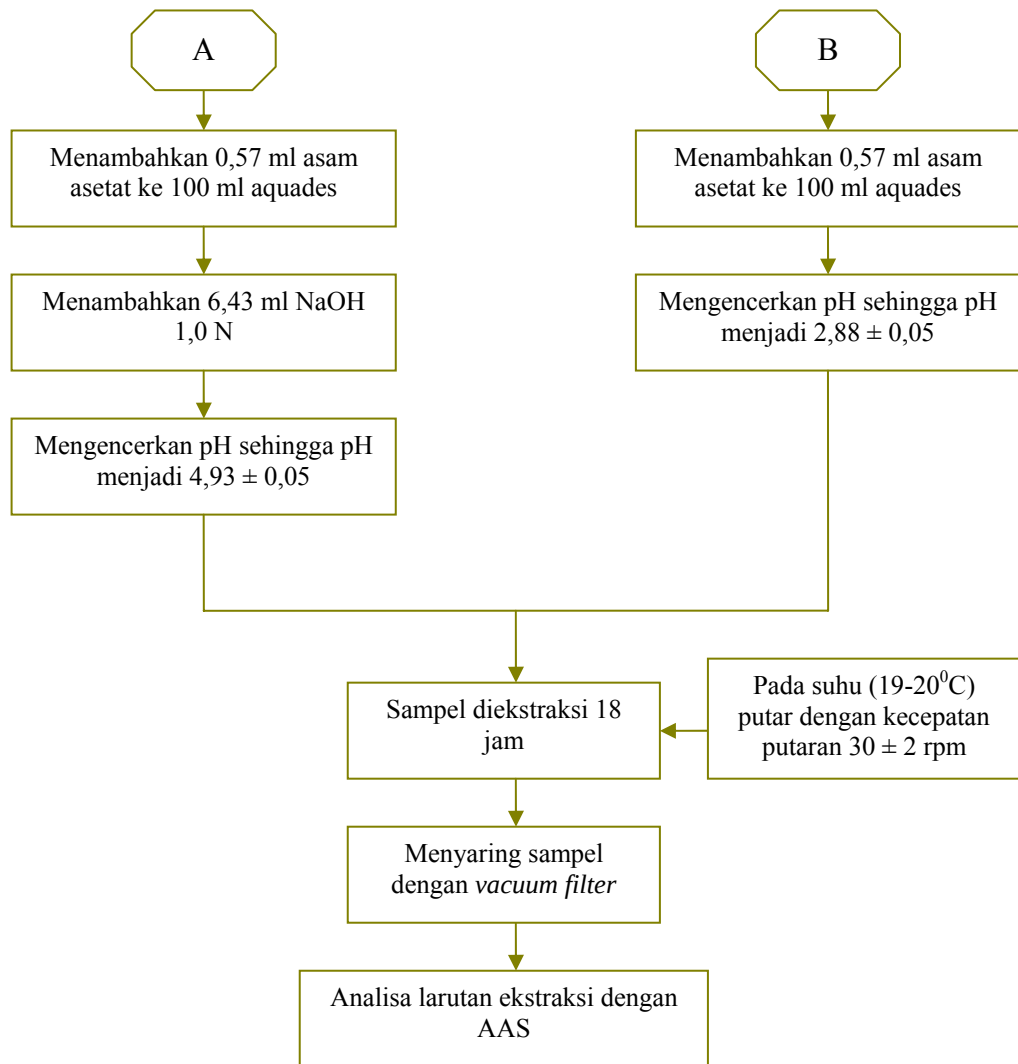
- Tambahkan 96,5 ml air destilasi
 - Tutup dengan kaca arloji dan aduk dengan *magnetic stirrer* (pengaduk mekanik) selama 5 menit
 - Ukur pH
- b) – Bila angka pH lebih dari 5,0 (pada langkah a) tambahkan 3,5 ml HCl 1,0 N
- Tutup dengan kaca arloji dan panaskan sampai 50⁰C selama 50 menit
 - Biarkan larutan dingin
 - Ukur pH
3. Bila hasil 2 (a) dan 2 (b) pH-nya <5 gunakan larutan ekstraksi 1, dan bila hasil 2 (b) memiliki pH>5 gunakan larutan ekstraksi 2.
- a) Larutan Ekstraksi 1 :
- Larutan HOAc (Asam Asetat) sebanyak 5,7 ml dimasukkan kedalam 500 ml H₂O tipe 1 (aquadest) ditambahkan 64,3 ml NaOH 1,0 N. Kemudian diencerkan sampai volume 1 liter sehingga pH $4,93 \pm 0,05$
- b) Larutan Ekstraksi 2 :
- Larutan sebanyak 5,7 ml HoAc dilarutkan ke dalam H₂O tipe 2 (*Bidest*) sampai volume 1 liter (pH $2,88 \pm 0,05$)
4. Ekstraksi sampel dalam larutan ekstraksi yang sesuai selama 18 jam pada suhu (19-25)⁰C dengan kecepatan putaran 30 ± 2 rpm
5. Lakukan pencucian *filter*/kertas dengan asam lalu kemudian saring hasil ekstraksi (di atas)
6. Analisa larutan ekstraksi.

LAMPIRAN 4



Gambar L.1. Tahapan pengujian TCLP

LAMPIRAN 5



Gambar L.2. Tahapan pengujian TCLP (Lanjutan)

LAMPIRAN 6

TABEL ANALISA TCLP
L.6.1 Hasil Analisa TCLP Plafon

No.	Formula	Parameter Logam Berat (mg/L)			
		Timbal (Pb)	Chrom (Cr)	Tembaga (Cu)	Seng (Zn)
1	F1	0.2680	0.6785	0.0588	3.7490
2	F2	0.0734	0.7938	0.0850	2.2325
3	F3	0.8170	1.0033	0.1121	2.2500
Standar TCLP (PP 85/1999)		10	5	5	50

(Sumber :Hasil Penelitian, 2008)

TABEL PENGUKURAN pH
L.6.2. Hasil Pengukuran pH formula 1

Minggu ke	Formula	Netral	Asam (H ₂ SO ₄)	Basa (NaOH)
awal	F1	7.55	3.09	10.80
1		8.41	8.15	8.68
2		8.39	8.17	8.58
3		8.21	8.08	8.90
4		8.37	8.18	8.61
5		8.48	8.69	8.64

(Sumber :Hasil Penelitian, 2008)

L.6.3. Hasil Pengukuran pH formula 2

Minggu ke	Formula	Netral	Asam (H ₂ SO ₄)	Basa (NaOH)
awal	F2	7.55	3.09	10.80
1		8.33	8.46	8.15
2		8.28	8.40	8.26
3		8.26	8.58	8.04
4		8.27	8.53	8.16
5		8.25	8.61	8.33

(Sumber :Hasil Penelitian, 2008)

L.6.4. Hasil Pengukuran pH formula 3

Minggu ke	Formula	Netral	Asam (H ₂ SO ₄)	Basa (NaOH)
awal	F3	7.55	3.09	10.80
1		8.39	8.59	8.16
2		8.39	8.60	8.40
3		8.29	8.55	8.15
4		8.30	8.58	8.24
5		8.39	8.67	8.30

(Sumber :Hasil Penelitian, 2008).

LAMPIRAN 7

TABEL NILAI KUAT LENTUR RATA-RATA PLAFON

Tabel L.7.1 Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Plafon Formula 1

Kode Sampel	Nomor Sampel	Jarak Tumpuan (cm)	Lebar plafon (cm)	Tebal plafon (cm)	Inersia (cm ⁴)	$\frac{1}{2}$ tebal plafon (cm)	Hasil uji (kg)	Momen (kg.cm)	Kuat Lentur (kg/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		L	b	h	i	Y	P	M	
I	F1-1	18	20	1	1,667	0,5	17,1	76,95	23,085
	F1-2	18	20	1	1,667	0,5	17,1	76,95	23,085
	F1-3	18	20	1	1,667	0,5	10,05	45,225	13,568
	F1-4	18	20	1	1,667	0,5	15,5	69,75	20,925
Rata-rata			26,667	1,333	2,222	0,667	19,917	89,625	26,888

(Sumber :Hasil Penelitian, 2008)

Tabel Tabel L.7.2 Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Plafon Formula 2

Kode Sampel	Nomor Sampel	Jarak Tumpuan (cm)	Lebar plafon (cm)	Tebal plafon (cm)	Inersia (cm ⁴)	$\frac{1}{2}$ tebal plafon (cm)	Hasil uji (kg)	Momen (kg.cm)	Kuat Lentur (kg/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		L	b	h	i	Y	P	M	
II	F2-1	18	20	1	1,667	0,5	13,3	59,85	17,955
	F2-2	18	20	1	1,667	0,5	15	67,5	20,250
	F2-3	18	20	1	1,667	0,5	10,05	45,225	13,568
	F2-4	18	20	1	1,667	0,5	5,9	26,55	7,965
Rata-rata			26,667	1,333	2,222	0,667	14,750	66,375	19,913

L.7.3 Nilai Kuat Lentur Rata-Rata Plafon Formula 3

Kode Sampel	Nomor Sampel	Jarak Tumpuan (cm)	Lebar plafon (cm)	Tebal plafon (cm)	Inersia (cm ⁴)	½ tebal plafon (cm)	Hasil uji (kg)	Momen (kg.cm)	Kuat Lentur (kg/cm ²)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		L	b	h	i	Y	P	M	
III	F3-1	18	20	1	1,667	0,5	11	49,5	14,850
	F3-2	18	20	1	1,667	0,5	9,8	44,1	13,230
	F3-3	18	20	1	1,667	0,5	10,07	45,315	13,595
	F3-4	18	20	1	1,667	0,5	12,05	54,225	16,268
Rata-rata			26,667	1,333	2,222	0,667	14,307	64,38	19,314

LAMPIRAN 8

DOKUMENTASI PENGUJIAN KARAKTERISTIK FISIK LIMBAH

L.8.1 Uji Kadar Air



Limbah untuk Uji Kadar



Penimbangan



Dimasukkan ke Oven

L.8.2. Berat Jenis



Penimbangan Picnometer dengan Air



Picnometer berisi Air

L.8.3 Berat Isi Gembur



Penimbangan



Penusukan Berat isi Gembur

L.8.4 Berat Isi Padat



Penimbangan Berat Silinder 1 liter



Penuangan Limbah Kedalam Silinder



Silinder Terisi Penuh



Penimbangan Silinder dan Limbah

L.8.5 Modulus Kehalusan



Modulus Kehalusan

LAMPIRAN 9

DOKUMENTASI PEMBUATAN PLAFON (BENDA UJI)



Pencampuran



Pencetakan



Meratakan Permukaan Plafon



Pengeringan

LAMPIRAN 10

DOKUMENTASI PENGUJIAN TCLP



Alat Putar TCLP

LAMPIRAN 11

DOKUMENTASI PENGUKURAN pH



LAMPIRAN 12

DOKUMENTASI UJI KUAT LENTUR

