

Produksi Panel Dinding Bangunan Tahan Gempa dan Ramah Lingkungan dari Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Industri Minyak dan Gas

Luqman Hakim, Yulianto P., Prihatmaji, Andik Yulianto, Davis Willyam, Aji Wilaksono, Billy Ardi
Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
email: luqman_tl@yahoo.com

Abstrak

Berdasarkan hasil uji karakteristik fisik terhadap panel dinding dari komposit limbah industri migas berupa activated alumina, sandblasting dan glasswall yang telah dilakukan pada tahun pertama diketahui bahwa kuat lentur tertinggi diperoleh dari sampel B4 yaitu sebesar 67,8 Kg/Cm² dengan standar DIN 1101 17 Kg/cm², kuat desak sampel B 2 68,31 N/mm² dengan standar bata merah 25 N/mm² dan batak 20 N/mm² dan tingkat keausan terendah diperoleh dari sampel 37 streap. Dari hasil tersebut diketahui bahwa uji telah memiliki kemampuan lebih tinggi jika dibandingkan dengan standar yang berlaku. Maka pada penelitian lanjutan yang akan dilakukan bertujuan untuk mempelajari apakah produk panel dinding ini ramah lingkungan sehingga aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan sekitarnya.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode uji toxicity characteristic leaching procedure (TCLP) dan LC₅₀ terhadap produk panel dinding terbaik. Uji TCLP yang akan dilakukan yaitu dengan cara mendestruksi dan ekstraksi produk panel dinding dengan menggunakan rotating agitator selama 24 jam kemudian diuji dengan menggunakan AAS untuk mengetahui konsentrasi logam berat yang terdapat dalam produk panel dinding. Adapun untuk uji LC₅₀ dilakukan dengan menggunakan hewan uji larva udang atau tikus.

Berdasarkan hasil uji TCLP dan LC₅₀ diketahui bahwa: a) Kadar kandungan logam berat yang terdapat di dalam wall panel setelah dilakukan uji TCLP ternyata berada dibawah baku mutu seperti yang telah ditetapkan dalam PP No.85 Tahun 1999. Jadi ini artinya produk wall panel dalam penelitian ini ramah lingkungan, b) pengujian terhadap bahan baku wall panel, Limbah Activated Alumina, Sandblasting dan Glasswall sebelum di solidifikasi dapat mematikan sebesar 50% hewan uji pada konsentrasi 116.667 ppm dalam waktu 96 jam, dan c) hasil uji LC₅₀ terhadap produk wall panel selama 96 jam tidak menunjukkan adanya kematian hewan uji. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa produk wall panel dari limbah PT Pertamina aman bagi lingkungan dan hewan sehingga dapat dipergunakan secara publik.

Kata kunci: Panel dinding, TCLP, LC₅₀, Tahan gempa, Ramah lingkungan

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya alam berupa minyak dan gas (migas). Proses produksi minyak dan gas menurut laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) tahun 2004 merupakan sektor penghasil limbah bahan berbahaya dan beracun (B-3) terbesar yaitu sebanyak 6.658.863 ton (52%) disusul industri manufaktur 3.083.012 ton (45%) serta makanan dan pertanian sebanyak 56.883 ton (1%). Berdasarkan data monitoring yang dilakukan oleh Tim Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER), menunjukkan indikasi bahwa peringkat hitam umumnya diakibatkan oleh kegiatan dumping limbah B3. Beberapa alasan yang dikemukakan oleh pihak industri, salah satunya adalah mahalnya biaya pengelolaan limbah B3. Kondisi ini dimungkinkan, karena baru hanya satu instalasi pengelolaan limbah B3 yang selevel dengan PT. PPLi di Indonesia dimana PPLi sendiri hanya mampu mengelola limbah B-3 dibawah 100.000 ton.

Limbah B3 menurut PP No 18/1999 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 merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya.

Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya inovasi alternatif teknologi penanganan limbah B-3 mengingat produksi limbah B-3 yang sangat besar dan pada satu sisi kemampuan pengelolaan sangat terbatas sebagaimana diuraikan di atas.

Penelitian ini bertujuan mempelajari kelayakan pemanfaatan limbah B3 industri minyak dan gas untuk produk panel dinding tahan gempa. Adapun aspek yang diteliti meliputi kuat desak, kuat lentur kekuatan untuk mengetahui kelayakan fisik serta uji Toxicity Leaching Procedure (TCLP) dan LC₅₀ guna mengetahui kelayakan produk dari aspek lingkungan.

2. Tinjauan Pustaka

Solidifikasi-Stabilisasi (S/S)

Solidifikasi, stabilisasi merupakan teknologi pengolahan yang dapat diterapkan terhadap limbah padat dan cair. Sistem pengolahan limbah B-3 dengan stabilisasi dirancang untuk membatasi atau mengurangi lepasnya kontaminan yang berbahaya dilimbah. Hal ini dicapai dengan cara mengurangi kelarutan unsur-unsur berbahaya, memperkecil area paparan yang dapat menyebabkan terjadi migrasinya unsur-unsur tertentu atau dengan cara menghilangkan daya racun unsur tersebut.

Salah satu teknik pengerasan dari stabilisasi/solidifikasi (S/S) adalah dengan menggunakan bahan pengikat berupa semen. Dalam proses solidifikasi limbah menjadi bentuk *block* atau padatan yang kompak digunakan suatu bahan pengikat atau polimer. Sebagai bahan pengikat yang banyak digunakan adalah semen portland, termoplastik, polimer organik dan pozzolan.

Menurut LaGrage, et al. (1994), stabilisasi dan solidifikasi yang sukses melalui salah satu atau lebih mekanisme seperti di bawah ini:

a) Makroencapsulation

Adalah suatu mekanisme dimana unsur pokok limbah B3 secara fisika terperangkap dalam matriks padatan yang jauh lebih besar, sehingga limbah B3 berada dalam pori-pori yang tidak terlewatkan pada bahan penstabil. Degradasi bahan yang telah terstabilkan meski dalam bentuk partikel yang besar. Bahan yang terperangkap tersebut bebas untuk bergerak. Limbah yang telah terstabilkan harus mengalami proses/siklus pembekuan dan peleburan atau pembasahan dan pengeringan supaya dapat bebas untuk dilepaskan ke lingkungan.

b) Mikroencapsulation

Limbah B3 diperangkap dalam struktur kristal dari bahan padatan pada ukuran mikroskopik. Akibatnya meskipun bahan yang terstabilkan terdegradasi dalam bentuk partikel yang lebih kecil, namun sebagian besar tetap dihambat. Karena limbah tidak berubah secara kimia, tingkat pelepasan kontaminan dari massa terstabilisasi akan meningkat, sejalan dengan penurunan ukuran partikel.

c) Absorpsi

Adalah suatu proses yang memasukkan kontaminan ke dalam bahan penyerap (*sorbent*) seperti layaknya spons menyerap air. Absorpsi membutuhkan tambahan bahan padat untuk menyerap cairan bebas yang terkandung dalam limbah. Proses digunakan terutama untuk mengeluarkan/menghilangkan cairan untuk meningkatkan pengolahan limbah, yaitu memadatkan limbah. Absorpsi digunakan hanya untuk menyempurnakan perlakuan/pengolahan terhadap limbah. *Adsorbent* yang umum digunakan adalah: tanah, abu, semen, soda, mineral tanah liat (tentonite, haolinite, dan lain-lain), serbuk gergaji, dan jerami.

d) Adsorpsi

Suatu fenomena kontaminan diikat secara elektronika untuk menstabilkan limbah dalam suatu padatan. Adsorpsi merupakan fenomena permukaan dan ikatannya merupakan ikatan *van der Waals* atau ikatan hidrogen. Kontaminan diikat secara kimia dalam padatan yang stabil lebih aman untuk dikeluarkan ke lingkungan.

e) Presipitasi

Proses stabilisasi tertentu akan mengendapkan kontaminan dari limbah yang menghasilkan bentuk *konstituent* lebih stabil dalam limbah. Pengendap seperti hidroksida, sulfida, silika, karbonat dan phosphate masuk dalam massa yang terstabilisasi sebagai bagian dari struktur material. Fenomena ini bisa diaplikasikan untuk stabilisasi limbah anorganik seperti lumpur logam hidroksida. Contohnya logam karbonat memiliki kelarutan yang lebih kecil daripada hidroksida logam. Pada pH tinggi reaksi untuk membentuk karbonat metal dari karbonat hidroksida.

Pembentukan logam karbonat antara lain dengan pH. Karbonat logam lebih stabil pada pH tinggi. Pada kondisi asam, logam akan kembali larut dan terbebas ke lingkungan sebagai suatu larutan.

f) Detoksifikasi

Reaksi kimia tertentu yang terjadi selama proses stabilisasi akan menghasilkan limbah dengan toksisitas yang rendah. Detoksifikasi adalah suatu mekanisme yang mengubah unsur kimia ke bentuk lain yang kurang beracun atau yang tidak beracun.

Teknik pengerasan dalam proses S/S dilakukan melalui berbagai metode seperti:

- a) Proses dengan teknik penyemenan (*cement – based processes*)
- b) Proses dengan materi pozzolan (*pozzolanic processes*)
- c) Proses dengan teknik termoplastik (*thermoplastic technics*)
- d) Proses dengan teknik polimer organik (*organic polymer technics*)
- e) Proses dengan teknik pengkapsulan permukaan (*surface encapsulation technics*)
- f) Proses swa-penyemenan (*self cementing technics*).

Toksisitas

Toksisitas bahan kimia ditentukan dengan LD₅₀ dan LC₅₀, yaitu dosis atau konsentrasi bahan uji yang menimbulkan kematian 50% hewan uji. Untuk uji LC₅₀ di Indonesia biasanya digunakan *Daphnia sp*, ikan (mas, mujair dan tawes), udang windu (*Penaeus monodon*), sedangkan untuk hewan uji LD₅₀ adalah mencit (*Mus musculus*) dan tikus wistar (*Rattus norvegicus*). Pemilihan hewan uji ini biasanya merupakan standard internasional, atau merupakan jenis asli dimana organisme itu hidup. Alasan lainnya antara lain karena murah, mudah didapat, dan mudah ditangani. Misalnya hewan uji *Daphnia* secara internasional digunakan sebagai hewan uji LC₅₀ dan demikian juga tikus wistar untuk LD₅₀. Selain itu terdapat banyak data toksikologi tentang jenis hewan uji, sehingga mempermudah membanding hasil uji toksisitas (Lu, 1995; Landis & Ho-Yu, 1995 dalam Rossiana Nia, 2007). Penelitian Toksisitas dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

- a) *Uji toksisitas akut*, Dilakukan dengan memberikan zat kimia yang sedang diuji sebanyak satu kali atau beberapa kali dalam jangka waktu 24 jam.
- b) *Uji Toksisitas Jangka Pendek (penelitian sub akut atau sub kronis)*, Dilakukan dengan memberikan bahan tersebut berulang-ulang, biasanya setiap hari atau 5 kali seminggu, selama jangka waktu kurang lebih 10 % dari masa hidup hewan, yaitu 3 bulan untuk tikus, 1 atau 2 tahun untuk anjing.

c) *Uji Toksisitas Jangka Panjang*, Dilakukan dengan cara memberikan zat kimia berulang-ulang selama masa hidup hewan uji atau sekurang-kurangnya sebagian besar dari masa hidupnya, misalnya 18 bulan untuk mencit, 24 bulan untuk tikus dan 7-10 tahun untuk anjing dan monyet.

Pelaksanaan uji toksisitas suatu bahan uji dapat dilakukan menggunakan salah satu dari empat cara berikut (*Tandjung, 1995*):

- a) *Teknik statik*, larutan atau media uji ditempatkan pada satu bejana uji dan digunakan selama waktu uji tanpa diganti.
- b) *Teknik resirkulasi*, larutan atau media uji tidak diganti selama waktu uji namun diresirkulasi dari satu bejana uji ke bejana lain kembali ke bejana uji dengan maksud memberikan aerasi, filtrasi dan atau sterilisasi.
- c) *Teknik diperbaharui*, setiap 24 jam hewan uji dipindahkan ke larutan uji yang baru dan sama serta tetap konsentrasinya dengan larutan sebelumnya.
- d) *Teknik mengalir*, larutan uji dialirkan masuk maupun keluar ke dan dari bejana uji selama masa uji.

Klasifikasi tingkat toksisitas akut LC_{50} dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi tingkat toksisitas akut LC_{50}

No	Kriteria Toksisitas	Nilai (ppm)
1	Sangat Toksik	< 1 ppm
2	Toksik	1 – 100 ppm
3	Daya Racun Sedang	100 – 1000 ppm
4	Daya Racun Rendah	1000 – 10000 ppm
5	Hampir Tidak Toksik	10000 – 100000 ppm
6	Tidak Toksik	>100000 ppm

Sumber: *Hadijah, dkk., 2004.*

Penilaian terhadap keefektifan proses solidifikasi dapat dilakukan dengan uji kualitas bahan yang dihasilkan. Kriteria atau parameter yang dapat digunakan untuk menilai kualitas produk adalah uji fisik, permeabilitas, kualitas lindi, serta uji pelindian (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*).

3. Metode Penelitian

Secara prinsip penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu pertama: pembuatan produk panel dinding yang kemudian dilanjutkan dengan mengkaji kelayakan kuat desak dan kuat lentur untuk mengetahui kekuatan fisik sehingga tahan terhadap gempa kedua: dilakukan uji kelayakan lingkungan dari produk panel dinding terbaik hasil penelitian tahap pertama guna memastikan

bahwa produk panel dinding dari komposit limbah industri migas aman bagi manusia dan lingkungan. Uji kelayakan lingkungan yang dilakukan menggunakan metode *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) dan LC_{50} dengan menggunakan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*) sebagai hewan percobaan.

a) Uji Kuat desak

Uji kuat desak dilakukan dengan cara memberikan beban desak sampai pecah pada permukaan 10 x 20 cm. Kuat desak panel dinding dihitung dengan rumus:

$$f^{\prime}c = \frac{P}{A}$$

dimana:

$f^{\prime}c$ = Kuat tekan (kg/cm^2)

P = Beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = Luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung (panjang x lebar = cm^2)



Gambar 1. Uji Kuat Desak

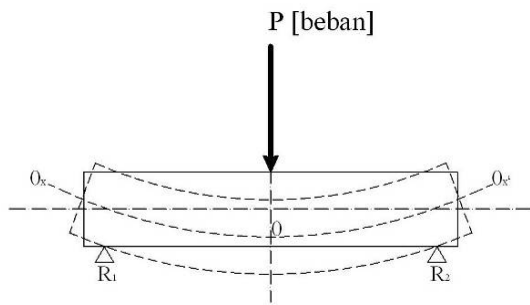
b) Uji kuat lentur

Kuat lentur adalah hasil bagi momen lentur terbesar dan momen perlawanan, yang terjadi pada beban lentur maksimum (beban patahnya benda uji). Proses kerja kuat lentur dilihat pada Gambar 2.

Pada penampang balok dilakukan pengujian regangan, tegangan, dan gaya-gaya yang timbul akibat menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi hancur (lihat Gambar 3). Momen ini mencerminkan kekuatan dan di masa lalu disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur suatu balok tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-regangan dalam yang timbul di dalam balok yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam.

Besarnya momen yang terjadi:

$$M = \frac{P}{2} \times \frac{L}{2} = \frac{P \times L}{4}$$



Gambar 2. Uji Kuat Lentur



Gambar 3. Pengujian Uji Kuat Lentur Panel Dinding

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

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

kekuatan lentur atau tegangan lentur dapat diperoleh dengan rumus

$$\sigma = \frac{M}{w}$$

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

$$\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$$

dengan:

P = Beban (Kg)

L = Jarak tumpuan, (cm)

b = Lebar benda coba, (cm)

h = Tebal benda coba, (cm)

c) Uji TCLP

Uji TCLP akan dilakukan terhadap produk terbaik panel dinding untuk mengetahui apakah kandungan logam berat dalam panel dinding akan dapat terlindikan (*leaching*) pada saat panel dinding dipergunakan. Parameter yang akan dilihat pada uji TCLP yaitu seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Uji dari Produk Panel Dinding Limbah B-3

No	Parameter	Metode	Indikator Capaian
1	Chromium	TCLP sesuai Standar metode	Struktur panel dinding bangunan yang ramah lingkungan dan terbebas dari unsur dan atau senyawa yang berbahaya dan beracun
2	Copper		
3	Lead		
4	Zinc		

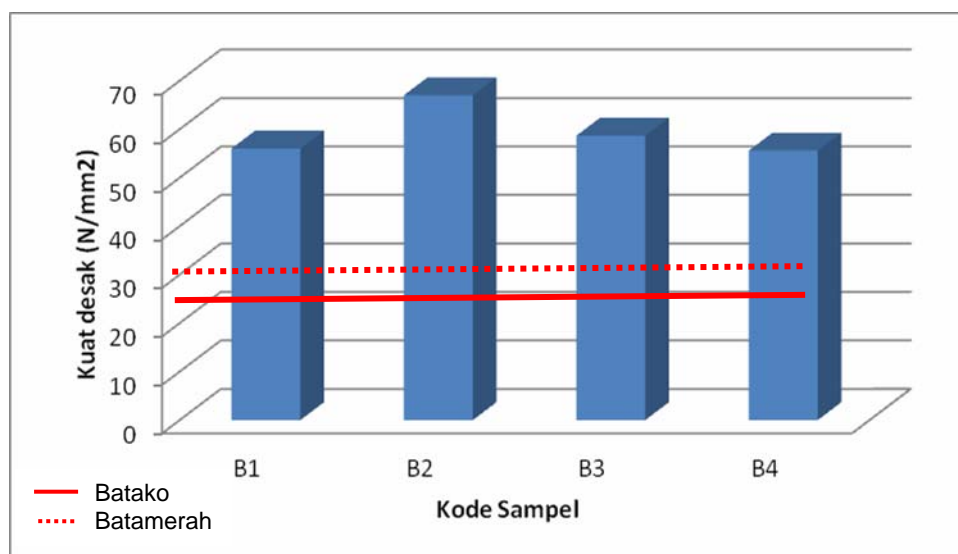
d) Uji Toksikologi

Sampel Wall Panel, Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*), Air bersih, Wadah, Gelas Ukur 1000 ml, Oksigen, Timbangan digital, Mortir penggerus. Hewan uji yang digunakan adalah ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*), yang memiliki struktur lemah, tetapi daya tahan kuat. Usia Ikan Mas yang digunakan berusia $\pm 1,5$ Bulan dan memiliki ukuran panjang $\pm 2 - 4$ cm dan dalam suhu 25°C . Hewan uji dibagi dalam 5 kelompok, yaitu 4 kelompok untuk diberi sampel uji dan 1 kelompok tidak diberi sampel uji (*kontrol*) yang setiap kelompoknya berisi 5 ekor ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*). Metode yang digunakan dalam pemetaan sampel terhadap hewan uji adalah metode batch (*sistem pemaparan statis*), yaitu sampel uji ditempatkan dalam suatu lingkungan yang diam dengan berbagai variasi toksik dan selama durasi pemaparan tidak ada perilaku yang dan pembaharuan lingkungan. (Tandjung,2002). Metode Uji Toksisitas dalam penelitian ini dilakukan dengan *Teknik Statis* mengacu pada Standar OECD 203-1992, *Fish Acute Toxicity Test*.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Kuat Desak

Uji kuat desak dilakukan untuk mengetahui kemampuan panel dinding hasil komposit limbah activated alumina untuk menerima beban dari struktur dinding. Berdasarkan hasil uji yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa kuat desak panel dinding komposit limbah activated alumina lebih baik jika dibandingkan dengan standar PUBI untuk bata merah 25 N/mm^2 dan batako 20 N/mm^2 .



Gambar 4. Hasil Uji Kuat Desak Panel Dinding

Hal yang menarik dari hasil uji kuat desak panel dinding komposit ini produk tidak mengalami kerusakan baik dalam bentuk patah maupun retakan setelah dilakukan uji desak, dimana produk panel dinding hasil penelitian hanya mengalami pemadatan dan sedikit deformasi. Kondisi ini memiliki arti sangat penting dalam menghadapi situasi gempa. Sebagaimana diketahui bahwa berbagai peristiwa gempa di yang terjadi di Indonesia jatuhnya korban terjadi akibat terkena runtuhannya dan atau retakan bangunan yang menimpa korban. Maka produk panel dinding hasil penelitian memiliki sifat anti retak dan anti patah.

Hasil Uji Kuat Lentur

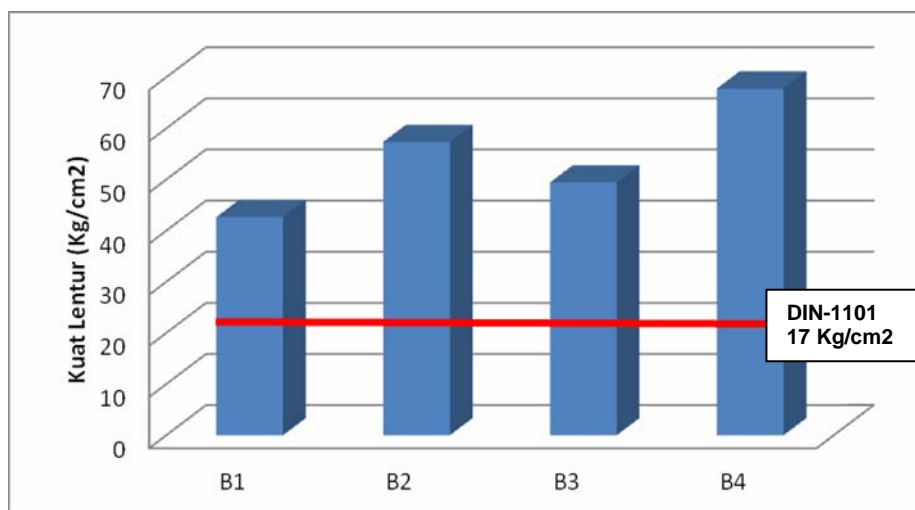
Uji kuat lentur dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tegangan atau kuat tekan yang bisa ditahan oleh benda uji sampai patah dengan berat beban tertentu. Uji kuat lentur merupakan salah satu cara pengujian yang digunakan untuk menentukan seberapa besar tingkat kelenturan dari panel dinding. Uji kuat lentur ini dilakukan guna mengetahui kuatan produk ketika terjadi gempa apakah kuat menahan gaya geser akibat gerakan tanah.

Pengujian kuat lentur dilakukan dengan cara memberi pemberat sebagai beban. Dalam pengujian kuat lentur ini panel dinding yang digunakan sebanyak 4 sampel untuk setiap variasi. Penentuan

kuat lentur menggunakan persamaan $\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$. Contoh perhitungan digunakan pada variasi 1,

kode variasi B.1 sehingga $\sigma = \frac{3 \times 71,1 \times 18}{2 \times (20 \times 1,5^2)} = 42,66 \text{ Kg/cm}^2$. Uji kuat lentur dilakukan untuk

mengetahui kemampuan panel dinding menahan beban yang ada di atasnya. Hasil pemeriksaan kuat lentur panel dinding secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 5.



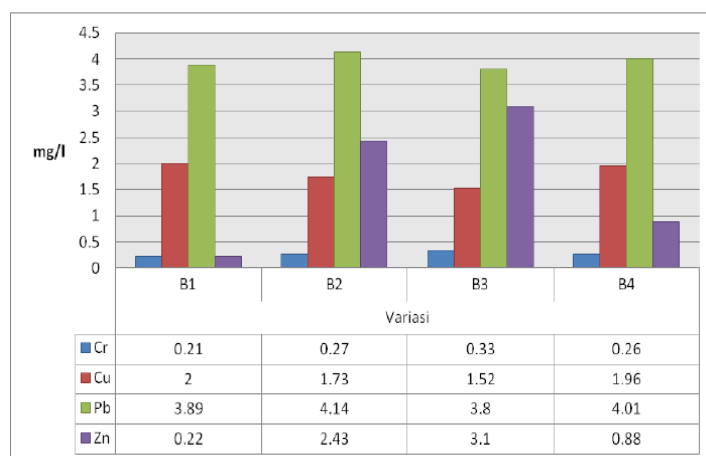
Gambar 5. Hasil Uji Kuat Lentur Panel Dinding

Gambar 5 menunjukkan bahwa kuat lentur untuk komposisi B1 42,66 Kg/Cm², B2 57,36 Kg/Cm², B3 49,44 Kg/Cm² dan B4 67,8 Kg/Cm². Dari hasil pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan activated alumina maka kuat lentur panel dinding komposit limbah activated alumina akan semakin baik. Bila dibandingkan dengan standar papan semen menurut DIN-1101 dengan ketebalan 15 mm kuat lenturnya adalah 17 Kg/cm² maka dapat disimpulkan bahwa kuat lentur panel dinding dari komposit limbah activated alumina adalah sangat baik dan melebihi standar DIN-1101.

UJI TCLP

Analisa tingkat pelindian hasil solidifikasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keamanan bagi kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian lindi terhadap produk hasil solidifikasi limbah tersebut, hal ini dimaksudkan agar produk *wall panel* aman jika dipasarkan.

Activated alumina, *sandblasting*, dan *glasswool* yang telah dimanfaatkan menjadi produk *wall panel*, diuji tingkat kelindiannya dengan menggunakan metode TCLP dan berikut Hasil pengujiannya setelah menjadi produk.



Gambar 6. Hasil Uji TCLP Produk Wall Panel (Data Primer, 2009)

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin banyak proporsi limbah yang digunakan, cenderung menunjukkan semakin meningkatnya konsentrasi lindinya. Jika dilihat pada Gambar 6 diatas, kadar logam berat Cr dan Zn pada sampel *wall panel* B1 (30% alumina), B2 (35% alumina), dan B3 (40 % alumina) memperlihatkan bahwa semakin besar limbah yang digunakan maka akan semakin meningkat pula konsentrasinya. Akan tetapi, untuk variasi yang ditunjukkan sampel B4 (45% alumina) tidak berlaku demikian. Pada sampel B4 yang terjadi malah sebaliknya, konsentrasi Cr dan Zn mengalami penurunan menjadi 0,26 mg/l dan 0,88 mg/l. Jadi dapat dikatakan bahwa hasil ini masih bersifat fluktuatif.

Hasil yang sama juga diperlihatkan pada kadar logam berat Cu dan Pb dari sampel *wall panel* B1 hingga B4. Logam berat Cu dan Pb menunjukkan hasil yang fluktuatif juga dan memiliki kadar yang tinggi. Kadar konsentrasi logam berat Pb yang tinggi ini dipercayai disebabkan oleh *activated alumina*. *Activated alumina* yang digunakan industri migas termasuk kedalam jenis *spent adsorbent* dan digunakan didalam proses penyulingan minyak. *Activated alumina* adalah material penyerap yang terdiri dari *alumina* dan dikombinasikan dengan air dalam berbagai proporsi yang dihasilkan dalam berbagai struktur.

Alumina betul-betul kuat untuk menarik jenis molekul tertentu, serta bereaksi dengan jenis molekul tertentu. Molekul polar seperti air betul-betul kuat ditarik oleh *adsorbent*. Kadar konsentrasi logam berat Cr, Cu, Pb, dan Zn yang fluktuatif dan tinggi ini dapat juga disebabkan oleh proses yang terjadi didalam mekanisme solidifikasi/stabilisasi.

Menurut Phenrat, T., Marhaba, T.F., dan Rachakornkij, M. (2004), terjadinya proses imobilisasi limbah melibatkan dua mekanisme umum yaitu mekanisme imobilisasi secara fisik dan kimia. Mekanisme secara fisiknya adalah *macroencapsulation*, dimana unsur-unsur limbah secara fisik dikapsulkan/ditahan di dalam pori-pori bahan-bahan solidifikasi/stabilisasi. Bagaimanapun, sebelum sampel di uji, sampel - sampel tersebut harus dihancurkan sehingga diperoleh ukuran partikel yang lebih kecil dari 9,5 mm. Prosedur ini akan mengurangi peran *macroencapsulation* dalam imobilisasi limbah karena kebanyakan dari proses *macroencapsulation* tersebut diduga telah hancur. Akibatnya, mekanisme imobilisasi secara kimia seharusnya memainkan peranan penting dalam menurunkan kadar konsentrasi limbah.

Uji LC₅₀

Produk wall panel yang telah jadi kemudian dilakukan uji toksisitas akut untuk mengetahui nilai LC₅₀ yang terkandung dalam produk wall panel tersebut. Uji toksisitas akut dilakukan selama 96 jam dengan menggunakan hewan uji ikan mas (*Cyprinus Carpio. L*), setelah 96 jam ikan mas (*Cyprinus Carpio. L*) diamati apakah mengalami kematian atau ada perubahan dalam perilakunya, kemudian dilakukan analisis probit dan uji regresi untuk mengetahui nilai LC₅₀ dari produk wall panel tersebut.

Uji Toksisitas yang dilakukan untuk mengetahui nilai LC₅₀ yang terkandung dalam Wall Panel yang dapat mematikan 50% dari total hewan uji yang digunakan. Selain itu uji toksisitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah logam berat yang terkandung dalam Limbah Activated Alumina, Sandblasting dan Glasswool dapat terikat dan tidak terlepas setelah di Solidifikasi dan tidak berbahaya bagi kesehatan, lingkungan dan makhluk hidup.

Uji Toksisitas Akut dilakukan 2 tahap pengujian, yaitu uji pendahuluan dan uji sebenarnya. Uji pendahuluan pada uji Toksisitas Akut adalah untuk mengetahui besaran konsentrasi yang digunakan untuk uji sebenarnya, besaran konsentrasi yang digunakan pada uji sebenarnya adalah 10.000 ppm, 20.000 ppm, 40.000 ppm dan 80.000 ppm. Untuk proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4, 5 dan 6.

Menurut Lu (1995), mengatakan bahwa suatu zat toksik akan dapat menyebabkan kerusakan apabila diserap oleh organisme tersebut, penyerapan dapat terjadi melalui kulit, saluran pencernaan, paru-paru, dan beberapa jalur lain. Seperti halnya kulit merupakan barrier yang baik untuk memisahkan organisme dari lingkungannya, namun apabila ada racun yang terserap melalui kulit cukup banyak sehingga dapat menimbulkan keracunan.

Dari uji Toksisitas Akut LC₅₀ produk wall panel selama 96 jam pada konsentrasi 10.000 ppm, 20.000 ppm, 40.000 ppm dan 80.000 ppm untuk sampel A1, A2, A3 dan A4, tidak mengakibatkan kematian pada Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*), selain tidak adanya kematian perilaku hewan uji tidak menunjukkan perubahan akibat efek dari sampel wall panel yang telah dipejankan selama 96 jam, artinya hewan uji Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*) yang telah diberikan sampel wall panel berperilaku normal seperti sebelum diberikan sampel uji wall panel. Hasil dari pengujian Toksisitas Akut produk wall panel dari Activated Alumina, Sandblasting, Glasswooll dengan penambahan Akrilik dan Kaolin dapat dilihat pada Tabel 3, 4, 5 dan Tabel 6.

Pada Uji Toksisitas Akut LC₅₀ yang dilakukan pada penelitian ini hasil yang diketahui terdapat pada Tabel 3 untuk kode sampel A1, Tabel 4 untuk kode sampel A2, Tabel 5 untuk kode sampel A3 dan Tabel 6 untuk kode sampel A4. Dari table yang diperlihatkan diatas diketahui tidak ada kematian hewan uji yang diakibatkan dari Wall Panel yang terbuat dari Limbah Activated Alumina, Glasswool, Sandblasting dengan campuran Akrilik dan Kaolin.

Tabel 3. Hasil Uji Toksisitas Akut LC₅₀ Wall Panel (Limbah Alumina 45 %)

Kode Sampel	Activated Alumina (%)	Konsentrasi (ppm)	Jumlah Kematian
		10.000	0
		20.000	0
A1	45	40.000	0
		80.000	0
		Total	0

Sumber: Data Primer, 2010

Tabel 4. Hasil Uji Toksisitas Akut LC₅₀ Wall Panel (Limbah Alumina 40 %)

Kode Sampel	Activated Alumina (%)	Konsentrasi (ppm)	Jumlah Kematian
		10.000	0
		20.000	0
A2	40	40.000	0
		80.000	0
		Total	0

Sumber: Data Primer, 2010

Tabel 5. Hasil Uji Toksisitas Akut LC₅₀ Wall Panel (Limbah Alumina 35 %)

Kode Sampel	Activated Alumina (%)	Konsentrasi (ppm)	Jumlah Kematian
		10.000	0
		20.000	0
A3	35	40.000	0
		80.000	0
		Total	0

Sumber: Data Primer, 2010

Tabel 6. Hasil Uji Toksisitas Akut LC₅₀ Wall Panel (Limbah Alumina 30 %)

Kode Sampel	Activated Alumina (%)	Konsentrasi (ppm)	Jumlah Kematian
		10.000	0
		20.000	0
A4	30	40.000	0
		80.000	0
		Total	0

Sumber: Data Primer, 2010

Dengan semakin besarnya konsentrasi sampel Wall Panel yang dipejankan pada hewan uji dengan sistem pemaparan statis dalam waktu 96 jam (*toksisitas akut*), tetapi tidak mengakibatkan kematian hewan uji, hal ini menunjukkan bahwa sampel Wall Panel aman dan hampir tidak tergolong toksik yang dapat berefek terhadap jaringan biologis pada hewan uji, kesehatan manusia dan lingkungan.

Dengan tidak adanya kematian pada hewan uji pada pengujian Toksisitas Akut dapat diperkuat dari hasil uji Logam Berat dengan metode TCLP (*dalam Ardi, 2010*), yang menunjukkan Logam Berat Cu, Cd, Pb, dan Zn yang terkandung dalam Wall Panel di Bawah Baku Mutu yang ditetapkan pada PP No. 85 Tahun 1999, sehingga pada pengujian Toksisitas mulai dari konsentrasi 10.000 ppm, 20.000 ppm, 40.000 dan 80.000 ppm yang dipejankan pada hewan uji Ikan Mas (*Cyprinus Carpio. L*) selama 96 jam tidak menyebabkan kematian pada hewan uji tersebut, ini dikarenakan sampel uji Wall Panel yang dibuat dengan Metode Solidifikasi dapat mengikat logam berat, sehingga tidak terlepas ke lingkungan dan tidak berbahaya bagi makhluk hidup. Sehingga untuk uji Toksisitas Akut wall panel yang terbuat dari Limbah Activated Alumina, Sandblasting, Glasswool tidak berbahaya jika larut dalam air sampai 80.000 ppm. Dengan tidak adanya kematian hewan uji pada pengujian sampel wall panel yang telah disolidifikasi, maka tidak dapat memunculkan nilai LC₅₀, karena data kematian hewan uji tidak ada sehingga tidak dapat menghitung nilai LC₅₀ menggunakan analisis probit dan uji regresi.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam memanfaatkan kembali limbah activated alumina, sandblasting, dan glaswool yang berasal dari industri migas ini dengan menggunakan konsep stabilisasi/solidifikasi (S/S) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Produk *wall panel* yang dibuat dalam penelitian ini memenuhi persyaratan fisik yang kuat sehingga lebih resisten terhadap resiko akibat adanya gempa dibandingkan dengan material sejenis seperti bata merah, batako.
- b. Kadar kandungan logam berat yang terdapat di dalam *wall panel* setelah dilakukan uji TCLP ternyata berada dibawah baku mutu seperti yang telah ditetapkan dalam PP No.85 Tahun 1999. Jadi ini artinya produk *wall panel* dalam penelitian ini ramah lingkungan.
- c. Uji toksisitas akut pada produk *wall panel* tidak menyebabkan kematian hewan sehingga dapat dinyatakan aman bagi lingkungan

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah membiayai penelitian ini melalui dana hibah penelitian bersaing 2008, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Islam Indonesia (DPPM UII), Davis Willyam, Aji Wilaksono, Bili Ardi dengan penuh dedikasi telah membantu pelaksanaan penelitian ini

Daftar Pustaka

- Anonim. (2004). *Status Lingkungan Hidup Indonesia*, Kantor Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia, Jakarta.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Hakim Luqman, dan Kasam, Fadli. (2008). Solidifikasi Limbah Spent Catalyst TA-5 Sebagai Bahan Lapis Permukaan Furniture, Paper pada *Seminar Kimia Lingkungan Universitas Brawijaya*.
- Kasam, Hakim Luqman, Angga. (2008). Pemanfaatan Limbah Sandbalsting dan Clay PT. Pertamina UP IV Cilacap sebagai Bahan Pembuatan Keramik, Paper pada *Seminar Kimia Lingkungan Universitas Brawijaya*.
- LaGrega, M.D., Buckingham, P.L. Evans, J.C., and The Environmental Resources Management Group. (1994). *Hazardous Waste Management*. McGraw-Hill Book Co, Singapura.
- Nia Rosnia Hadijah, dkk. (2004). Uji Toksisitas Akut LC50 Bahan Abu Terbang Dan Abu Dasar Serta Pengaruhnya Terhadap Reproduksi Daphnia Carinata King, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara Nomor*, 37, Tahun 14, Mei 2006, Bandung.
- OECD 203. (1992). *Guidline For Testing Of Chemicals, Fish Acute Toxicity Test*. <http://www.oecd.org/>, (Diakses pada Tanggal 28 Mei 2010 Jam 22.30).
- Rossiana Nia, Dr., M.S., dkk. (2007). *Fitoremediasi Limbah Cair dengan Eceng Gondok (Eichhornia crassipes (Mart) Solms) dan Limbah Padat Industri Minyak Bumi dengan Sengon (Paraserianthes falcataria L. Nielsen) Bermikoriza*, F-MIPA, Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Shalahuddin Djalal Tanjung. (2002). *Toksikologi Lingkungan*. Pusat Studi Lingkungan Hidup. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.