
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Karakteristik Limbah Katalis

Pada pemeriksaan awal dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik dan kimia limbah katalis dari Pertamina UP VI Balongan. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui syarat potensi limbah katalis dalam pembuatan *panel board* dan konsentrasi unsur-unsur yang terdapat di dalam limbah katalis dalam hal ini unsur krom, tembaga, seng, timbal dan nikel. Karakteristik fisik dan kimia limbah katalis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Karakteristik Fisik limbah katalis

No	Parameter	Data Penelitian
1	Berat jenis	2.445 gr/ml
2	Berat Volume	1.17 gr/cm ³
3	Modulus Kehalusan	0.643

(Sumber : Data Primer, 2005)

Tabel 4.2. Karakteristik Kimia limbah katalis

No	Parameter	Hasil Pengukuran (mg/l)			Rata-rata	PP No.85 Tahun 1999 (mg/l)	Metode Uji
		I	II	III			
1	Cr	18,115	18,883	18,883	18,627	5,00*	AAS
2	Cu	16,878	16,878	16,446	16,734	10,00*	AAS
3	Pb	40,551	35,250	29,950	32,250	5,00*	AAS
4	Zn	19,139	19,620	19,380	19,379	50,00*	AAS
5	Ni	12500	12750	13000	12750	11,00**	AAS
6	Al ₂ O ₃	275819,125	339899,629	307144,483	307621,08	-	AAS
7	CaO	5245,492	5245,492	5109,024	5200	-	AAS
8	Fe ₂ O ₃	7029,216	6757,292	7029,216	6938,57	-	AAS
9	SiO ₂	631517,941	647945,992	642469,975	640644,64	-	AAS

(Sumber : Data Primer, 2005)

* = Nilai standar berdasarkan PP No.85/1999

** = Nilai standar berdasarkan RCRA (*Resource Conservation and Recovery Act*)

Universal Treatment Standards (UTS), khusus limbah katalis (K171)

Refinery Waste

4.1.2 Uji Serap Air

Uji daya serap air dilakukan dengan cara membandingkan berat benda uji (panel board) setelah dilakukan pencetakan kemudian dilakukan pembakaran pada suhu 105°C selama 24 jam. Pada uji serap air sampel yang digunakan sebanyak 5 buah setiap variasi sehingga jumlah keseluruhannya 25 buah.

Untuk menentukan uji daya serap air digunakan persamaan 5 :

$$\text{Daya serap air} = \frac{\text{Berathasah} - \text{Berat kering}}{\text{Berat kering}} \times 100\%$$

Contoh perhitungannya digunakan sampel 1 yang mana memiliki data berat kering = 560 gram dan berat basah = 723 gram sehingga akan didapat nilai daya

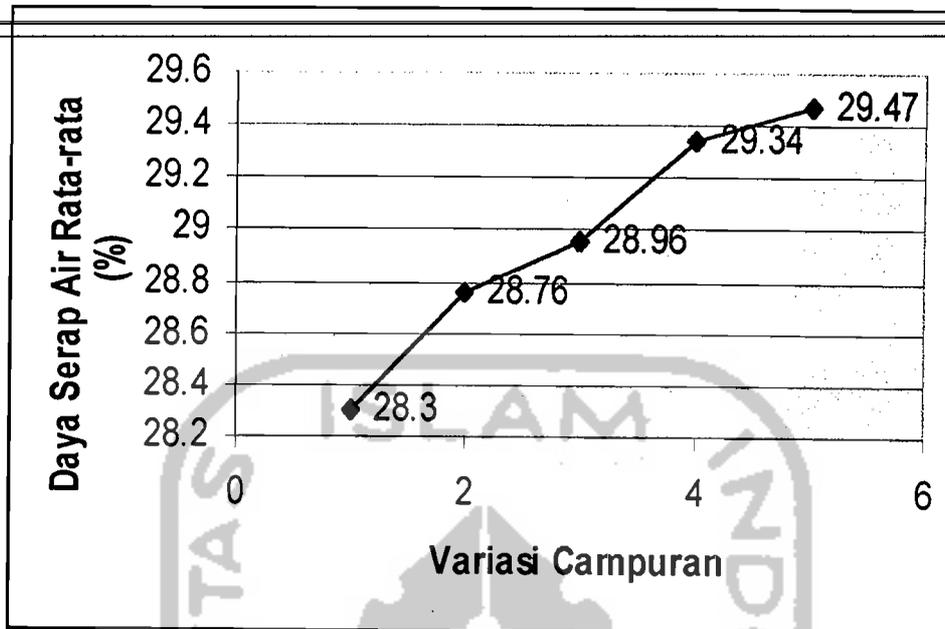
$$\text{serap air} = \frac{723\text{gram} - 560\text{gram}}{560\text{gram}} \times 100\% = 29.1 \%$$

dimana untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Penentuan daya serap air rata-rata pada pengujian *Panel Board*

Sampel	Kode Sampel	Berat kering (gram)	Berat basah (gram)	Daya serap air (%)	Daya serap air Rata-rata (%)
T 1	T 1.1	560	723	29.1	28.3
	T 1.2	545	710	30.3	
	T 1.3	590	766	29.8	
	T 1.4	602	767.5	27.5	
	T 1.5	632	788.7	24.8	
T 2	T 2.1	526	687	30.6	28.76
	T 2.2	566	727.3	28.5	
	T 2.3	550	710	29.1	
	T 2.4	573.5	735.8	28.3	
	T 2.5	567.3	722.2	27.3	
T 3	T 3.1	581	745.4	28.3	28.96
	T 3.2	554	709	28	
	T 3.3	522.5	678	29.8	
	T 3.4	528	684	29.5	
	T 3.5	522.5	714	29.2	
T 4	T 3.1	565	732	29.5	29.34
	T 3.2	560	732.5	30.8	
	T 3.3	590	760.5	28.9	
	T 3.4	574.2	736	28.2	
	T 3.5	578.2	747.6	29.3	
T 5	T 5.1	533.4	692	29.8	29.47
	T 5.2	562	715	27.2	
	T 5.3	515	664	28.96	
	T 5.4	524	681	30	
	T 5.5	513.5	675	31.4	

(Sumber : Data Primer,2005)



Gambar 4.1 Grafik Daya Serap Air Rata-rata

4.1.3 Uji Kuat Lentur

Sampel dalam bentuk *panel board* ditambahkan limbah katalis sebesar 0 %, 10 %, 20 %, 30 % dan 40 % dalam (% b/b). Penentuan kuat lentur menggunakan persamaan 4, $\sigma = \frac{3 \times P \times L}{2 \times b \times h^2}$. Contoh perhitungannya digunakan

sampel 1, Sehingga $\sigma = \frac{3(15.08 \times 27)}{2(13 \times (1)^2)} = 49.68 \text{ Kg/cm}^2$. Untuk perhitungan

selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

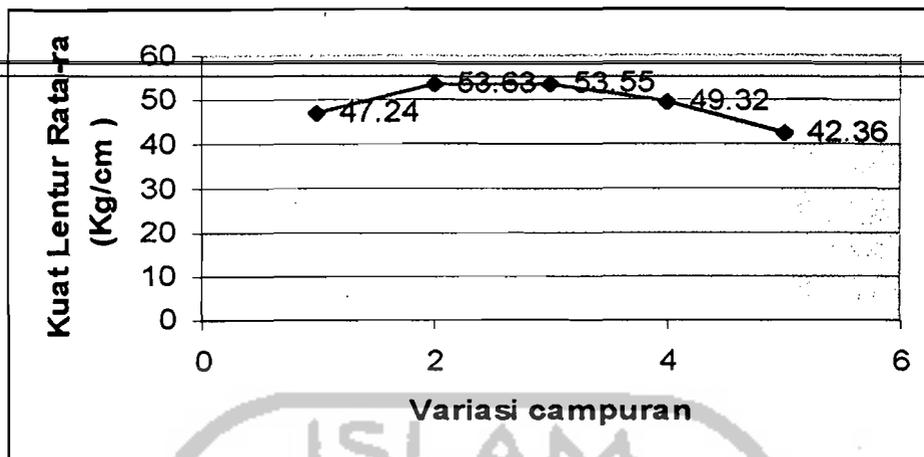
Tabel 4.4 Penentuan kuat lentur rata-rata pada pengujian *Panel Board*

Sampel	Kode Sampel	Gaya (N)	Beban (Kg)	Jarak Tumpuan (cm)	Lebar Benda (cm)	Tebal Benda (cm)	Kuat Lentur (Kg/cm ²)	K. Lentur Rata-rata (Kg/cm ²)
	T 1.1	148	15.08	27	13	1	46.98	
	T 1.2	160.3	16.34	27	13	1	50.9	
	T 1.3	177.4	18.08	27	13	1	56.33	
	T 1.4	163.9	16.71	27	13	1	52.01	
T 1	T 1.5	88.43	9.01	27	13	1	28.07	47.24
	T 1.6	175.1	17.85	27	13	1	55.61	
	T 1.7	171.5	17.48	27	13	1	54.46	
	T 1.8	127.9	13.04	27	13	1	40.62	
	T 1.9	137.9	14.06	27	13	1	43.8	
	T1.10	137.4	14.00	27	13	1	43.61	
	T 2.1	17	17.43	27	13	1	54.3	
	T 2.2	146.2	14.9	27	13	1	46.42	
	T 2.3	113.2	11.54	27	13	1	35.95	
	T 2.4	159.2	16.23	27	13	1	50.56	
T 2	T 2.5	156.2	15.92	27	13	1	49.6	53.63
	T 2.6	196.9	20.07	27	13	1	62.53	
	T 2.7	144.4	14.72	27	13	1	45.86	
	T 2.8	155	15.8	27	13	1	49.22	
	T 2.9	262.3	26.74	27	13	1	83.3	
	T 2.10	184.5	18.81	27	13	1	58.6	

(Sumber : Data Primer,2005)

	Kode Sampel	Gaya (N)	Beban (Kg)	Jarak Tumpuan (cm)	Lebar Benda (cm)	Tebal Benda (cm)	Kuat Lentur (Kg/cm ²)	K. Lentur Rata-rata (kg/cm ²)
T 3	T 3.1	172.1	17.54	27	13	1	54.64	
	T 3.2	182.2	18.57	27	13	1	57.85	
	T 3.3	206.3	21.03	27	13	1	65.52	
	T 3.4	185.7	18.93	27	13	1	58.97	
	T 3.5	173.3	17.67	27	13	1	55.05	53.55
	T 3.6	139.1	14.18	27	13	1	44.18	
	T 3.7	180.4	18.39	27	13	1	57.29	
	T 3.8	160.9	16.4	27	13	1	51.09	
	T 3.9	135	13.76	27	13	1	42.87	
	T 3.10	151.3	15.42	27	13	1	48.04	
T 4	T 4.1	150.9	15.38	27	13	1	47.91	
	T 4.2	150.9	15.38	27	13	1	47.91	
	T 4.3	148	15.09	27	13	1	47.01	
	T 4.4	160.3	16.34	27	13	1	50.9	
	T 4.5	156.2	15.92	27	13	1	49.6	49.32
	T 4.6	143.3	14.61	27	13	1	45.52	
	T 4.7	180.4	18.39	27	13	1	57.29	
	T 4.8	142.1	14.48	27	13	1	45.11	
	T 4.9	171.5	17.48	27	13	1	54.46	
	T 4.10	149.7	15.26	27	13	1	47.54	
T 5	T 5.1	180.4	18.39	27	13	1	57.29	
	T 5.2	101.4	10.34	27	13	1	32.21	
	T 5.3	140.9	14.36	27	13	1	44.74	
	T 5.4	89.02	9.07	27	13	1	28.26	
	T 5.5	143.8	14.66	27	13	1	45.67	42.36
	T 5.6	109.1	11.12	27	13	1	34.64	
	T 5.7	189.8	19.35	27	13	1	60.28	
	T 5.8	174.5	17.79	27	13	1	55.42	
	T 5.9	122	12.44	27	13	1	38.75	
	T 5.10	83.12	8.47	27	13	1	26.39	

(Sumber : Data Primer,2005)



Gambar 4.2 Grafik kuat Lentur Rata-rata

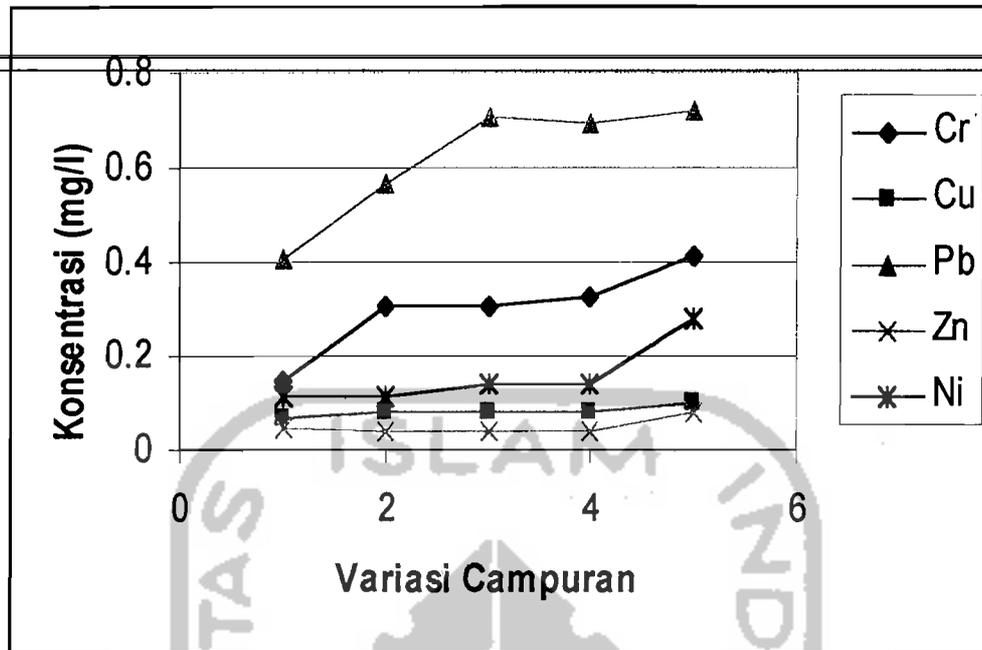
4.1.4 Uji Lindi

Hasil pengujian lindi/*leachate* pada masing-masing variasi ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5 Hasil Analisa TCLP Logam Berat

No	Benda Uji	pH	Hasil Analisa TCLP Logam Berat Rata-rata (mg/l)				
			Cr	Cu	Pb	Zn	Ni
1	Variasi I	11.7	0.145	0.067	0.405	0.046	0.113
2	Variasi II	10.4	0.305	0.077	0.569	0.042	0.116
3	Variasi III	10.6	0.307	0.081	0.710	0.041	0.137
4	Variasi IV	9.33	0.329	0.081	0.693	0.041	0.138
5	Variasi V	9.12	0.414	0.099	0.723	0.078	0.279
Standar TCLP (PP 18/1999)			5	10	5	50	11

(Sumber : Data Primer,2005)



Gambar 4.3 Grafik Pelindian Logam berat Rata-rata

4.1.5 Efisiensi Immobilisasi Logam-logam Berat Dalam *Panel Board*

Efisiensi immobilisasi logam berat Cr, Zn, Pb, Cu dan Ni

menggunakan rumus $E = \frac{A1 - A2}{A1} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$

Dimana : E = Efisiensi immobilisasi logam berat (%)

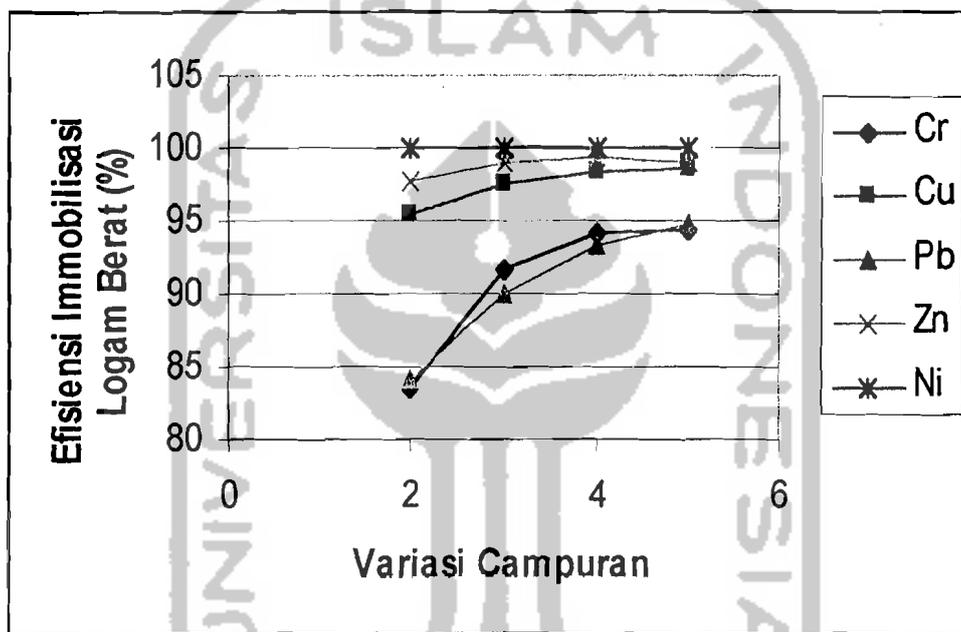
A1 = Konsentrasi awal (ppm)

A2 = Konsentrasi akhir (ppm)

Tabel 4.6. Efisiensi Immobilisasi Logam Berat Cr, Zn, Pb, Cu dan Ni

No.	Variasi	Logam Berat (%)				
		Cr	Zn	Pb	Cu	Ni
1	1 (0%)	-	-	-	-	-
2	2 (10%)	83,64	97,81	84,07	95,41	99,99
3	3 (20%)	91,74	98,94	89,93	97,58	99,99
4	4 (30%)	94,11	99,30	93,33	98,38	99,99
5	5 (40%)	94,45	98,99	94,87	98,53	99,99

(Sumber : Data Primer,2005)



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Immobilisasi Logam Berat (%)

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Limbah Katalis

Dari hasil analisa yang dilakukan terhadap sifat fisik limbah katalis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, berat jenis 2.445 gr/ml, berat volume

1.17 gr/m³ dan modulus kehalusan sebesar 0.643 adalah berpotensi digunakan dalam pembuatan *panel board*.

Jika dilihat dari unsur-unsur yang terkandung seperti pada Tabel 4.2, maka limbah katalis tergolong jenis limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun yaitu Zn (19,379 mg/l), Pb (35,250 mg/l), Cr (18,627 mg/l), Cu (16,734 mg/l) dan Ni (12750 mg/l).

Karakteristik kimia pada limbah katalis terutama senyawa Al₂O₃ (30.76%), CaO (0.52 %), Fe₂O₃ (0.69 %) dan SiO₂ (64.06 %) merupakan senyawa-senyawa dasar pembentuk semen. Dalam penelitian ini limbah katalis tidak dapat di jadikan bahan pengganti semen pada pembuatan *panel board*, hal ini disebabkan karena di dalam katalis prosentase senyawa CaO yang berfungsi sebagai pengeras lebih kecil dari prosentase senyawa Cao di dalam semen. Jika limbah katalis tetap dijadikan sebagai bahan pengganti semen, maka kekuatan secara fisik (kuat lentur) akan menurun dan menyebabkan benda uji (*panel board*) mudah sekali untuk patah.

4.2.2 Uji Daya Serap air

Dari Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 didapat penyerapan rata-rata maksimum dari benda uji (*Panel Board*) berumur 28 hari pada setiap prosentase penambahan limbah katalis.

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian daya serap air *panel board* pada masing-masing variasi campuran masih di bawah persyaratan penyerapan air papan serat semen berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII)



sebesar 35 % yaitu 0% limbah (28.3%), 10% limbah (28.76%), 20% limbah (28.96%), 30% limbah (29.34%) dan 40% limbah (29.47%).

Pada Gambar 4.1 (grafik daya serap air rata-rata) terlihat bahwa daya serap air tanpa penambahan katalis lebih kecil dibandingkan dengan penambahan limbah katalis pada berbagai variasi campuran, hal ini disebabkan karena limbah katalis memiliki berat jenis yang lebih kecil daripada berat jenis semen. Sedangkan untuk penambahan katalis, semakin besar prosentase penambahan limbah katalis ke dalam variasi campuran semakin besar pula nilai daya serap airnya, hal ini disebabkan karena limbah katalis memiliki nilai berat jenis (lihat Tabel 4.1) lebih kecil dari persyaratan berat jenis agregat halus sebesar $\geq 2,5$ ton/m³ (Anonim, 1985). Berat jenis rendah umumnya menunjukkan bahwa bahannya berpori, lemah dan bersifat menyerap banyak air (A. Antono, 1988).

4.2.3 Uji Kuat Lentur

Dari hasil pengujian kuat lentur, diperoleh *panel board* hasil penambahan limbah katalis 0% sebesar 47,24 Kg/cm², 10 % sebesar 53,63 Kg/cm², 20% sebesar 53,55 Kg/cm², 30 % sebesar 49,32 Kg/cm² dan 40 % sebesar 42,36 Kg/cm² masih memberikan mutu kuat lentur yang baik karena kuat lentur pada penambahan proporsi limbah katalis tersebut masih berada di atas nilai standar papan semen berdasarkan DIN-1101 dengan tebal benda 15 mm sebesar 17 kg/cm².

Pada Gambar 4.2 (grafik kuat lentur rata-rata) diketahui kuat lentur yang paling besar terjadi pada penambahan proporsi limbah sebanyak 10%, sedangkan pada proporsi penambahan katalis 20%, 30% dan 40% kuat lenturnya mengalami

penurunan, hal ini disebabkan karena pada penambahan 10% limbah katalis terjadi proses pengikatan antar bahan penyusun secara optimal dibandingkan dengan penambahan limbah katalis pada tahap yang lain. Penurunan kuat lentur pada proporsi penambahan limbah katalis lainnya disebabkan karena secara bertahap proporsi semen berkurang seiring bertambahnya proporsi limbah katalis yang memiliki sifat daya ikat dan pengerasan lebih kecil di banding 'semen sehingga menurunkan nilai kuat lentur.

Pada tahap 1 (0% limbah) nilai kuat lenturnya lebih kecil jika dibandingkan dengan tahap 2 (10%), tahap 3 (20%), dan tahap 4 (30%), hal ini disebabkan karena pada tahap tersebut terjadi proses pengikatan dan pengerasan yang optimal daripada pada tahap 1 yang proses pengikatan dan pengerasannya normal. Jadi dapat disimpulkan bahwa batas maksimum penambahan limbah katalis untuk menghasilkan nilai kuat lentur di atas nilai kuat lentur control/pembanding (0% limbah) adalah dengan menambahkan limbah katalis sebanyak 30% limbah dari berat *panel board*.

4.2.4 Uji Lindi/Leachate

Dari hasil penelitian pada tahap 1 (0% limbah) yang seharusnya tidak ada nilai logam berat beratnya ternyata ada, hal ini disebabkan mungkin ada kesalahan peneliti didalam proses penggerusan dan penyaringan pada uji *Leachate* logam berat. Pada saat penggerusan, tahap 1 (0% limbah) digerus dilakukan setelah tahap 5 (40% limbah) sedangkan media penggerus tidak dicuci terlebih dahulu, sehingga terakumulasi pada tahap 1. Begitu juga pada saat penyaringan,

pencucian media penyaring kurang bersih atau steril sehingga terjadi akumulasi

pada tahap I.

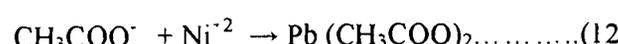
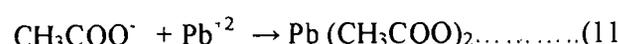
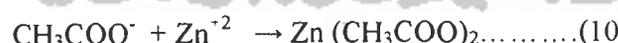
Berdasarkan data yang dihasilkan bahwa semakin banyak proporsi limbah cenderung menunjukkan semakin meningkat konsentrasi lindinya, akan tetapi ada proporsi limbah tertentu tidak menunjukkan hasil yang demikian seperti untuk analisa konsentrasi lindi Pb pada proporsi limbah 30 % yakni 0,693 mg/l cenderung lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 20 % yakni 0,710 mg/l untuk konsentrasi lindi Zn pada proporsi limbah 20 % dan 30 % yakni masing-masing 0,041 mg/l sedikit lebih kecil dibandingkan dengan proporsi limbah 10 % yakni 0,042 mg/l sehingga grafik yang ditampilkan tidak linier, hal ini kemungkinan disebabkan oleh faktor kurang homogennya campuran *panel board* yang dibuat. Dari data yang dihasilkan konsentrasi lindi yang terlepas seperti pada Tabel 4.5 baik itu logam berat Cr, Cu, Zn, Pb dan Ni semuanya kecil dan masih berada dibawah baku mutu yang ditetapkan yakni berdasarkan baku mutu TCLP (PP. 85/1999) dari berbagai Proporsi limbah yang ditambahkan untuk proporsi limbah 10 % menunjukkan konsentrasi lindi yang paling kecil dibandingkan proporsi limbah lainnya. Untuk efisiensi immobilisasi logam berat (lihat Tabel 4.6 dan Gambar 4.4) yang didapat semakin banyak porsi limbah yang ditambahkan cenderung semakin meningkat nilai efisiensi immobilisasinya hanya saja untuk efisiensi immobilisasi logam Zn dengan penambahan limbah 40 % nilai efisiensi immobilisasinya lebih kecil dari pada penambahan limbah 30 % hal ini dikarenakan konsentrasi lindinya paling besar dan bedanya dengan konsentrasi lindi penambahan limbah lainnya cukup signifikan sehingga berat Zn yang

keluarpun besar. Dari data yang didapat untuk logam Cr nilai efisiensi immobilisasi yang paling kecil adalah 83,64 % dengan penambahan limbah 10 % sedangkan nilai efisiensi terbesar adalah 99,99 % dengan penambahan limbah 10 %, 20 %, 30 % untuk logam Ni. Dari data efisiensi immobilisasi yang didapat menunjukkan hasil yang bervariasi hal ini tergantung dari jumlah/konsentrasi logam berat yang terlepas/keluar semakin kecil jumlah logam berat yang terlepas maka akan semakin besar efisiensi immobilisasi yang didapatkan.

Dari hasil penelitian diketahui adanya limbah logam berat Cu, Cr, Zn, Pb dan Ni yang masih terlindi, terutama pada konsentrasi penambahan limbah yang tinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi penambahan limbah maka kebutuhan rongga-rongga dalam partikel mineral lokal akan semakin besar yang pada akhirnya akan mencapai kejenuhan. Pada keadaan tersebut partikel limbah tidak dapat terikat dengan sempurna baik secara fisik maupun secara kimia.

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 (Hiskia Achmad, 1992). Umumnya dalam ikatan hidrolisis, di dalam larutan berpelarut air, garam terurai sempurna menjadi ion-ion. Ikatan hidrolisis itu adalah ikatan antara ion dengan air (Petrucci, 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 *panel*

board. Komponen logam-logam di dalam status padat/matrik padat dapat terbentuk berupa model kristal yang sederhana, kisi-kisinya adalah terdiri dari ion positif lekat ditempelkan pada suatu awan electron (Claude H.Yoder, 1980). Maka disini logam berat berupa Cu, Cr, Zn, Pb dan Ni yang berada dalam campuran *panel board* sebagai kation (+) atau ionnya positif, sedangkan semen yang unsur-unsurnya mengandung silica (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃) hasil pembakaran batu kapur pada suhu yang tinggi membuat sifat umum dari mineral silikat adalah kekomplekskan anion silikatnya (Petrucci, 1992), begitu pula pada alumina. Maka pada campuran *panel board* yang mana logam berat yang berada pada *sludge* berionkan positif sedangkan semen sebagai anion (-) dengan ditambahkan air sehingga terjadi ikatan secara kimia yang membuat logam berat yang ada pada *panel board* hasil solidifikasi menjadi lebih stabil. Logam berat pada *panel board* 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 :



Semen Portland dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen Portland bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari menjadi keras

dan saling melekat. Agregat (yaitu serat bambu) tidak mengalami proses kimia, melainkan hanya sebagai bahan pengisi saja yaitu bahan yang dilekatkan (Kardiyono, 1992). Dari pernyataan diatas dapat diketahui bahwa bahan penyusun berupa serat bambu pada *panel board* tidak terjadi proses pengikatan secara kimia melainkan terjadinya pengikatan secara fisik saja/sebagai bahan pengisi, maka dari itu proses solidifikasi yang terjadi antara bahan penyusun *panel board* tidak saja terjadi pengikatan secara fisik melainkan juga terjadi pengikatan secara kimia.

Dari data-data dan keterangan yang didapat seperti diatas terlihat bahwa setelah jadi *panel board* unsur logam yang terdapat dalam limbah katalis menjadi lebih stabil, terbukti dalam air lindinya (*leached*) jauh lebih kecil dan dibawah standar yang telah ditetapkan dibandingkan dengan sebelum dijadikan *panel board*.

4.7 Perbandingan Optimum DiTinjau dari Uji Kuat Lentur, Uji serap Air dan Uji Lindi/Leachate

Tabel 4.7 Kuat Tekan, Daya Serap Air dan lindi logam berat rata-rata

No.	Benda Uji	Kuat Lentur Rata-rata (Kg/cm ²)	Daya Serap Air Rata-rata (%)	Lindi Logam Berat Rata-rata				
				Cr	Cu	Pb	Zn	Ni
				mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	0%	47.24	28.3	0.145	0.067	0.405	0.046	0.113
2	10%	53.63	28.76	0.305	0.077	0.569	0.042	0.116
3	20%	53.55	28.96	0.307	0.081	0.71	0.041	0.137
4	30%	49.32	29.34	0.329	0.081	0.693	0.041	0.138
5	40%	42.36	29.47	0.414	0.099	0.723	0.079	0.279

(Sumber : Data Primer,2005)

Dari data hasil pengujian kuat lentur, daya serap air dan lindi logam berat

seperti tertera pada Tabel 4.11 di atas menunjukkan bahwa keseluruhan hasil pengujian telah memenuhi standar. Untuk kuat lentur, standar yang digunakan berdasarkan DIN-1101 sebesar 17 kg/cm^2 dengan ketebalan 15 mm. Untuk daya serap air, standar yang digunakan berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII) maksimal sebesar 35%. Sedangkan untuk lindi logam berat sudah dibawah baku mutu TCLP berdasarkan PP. 85/1999. Akan tetapi perbandingan penambahan proporsi limbah katalis yang paling baik berdasarkan aspek teknis dan tingkat toksisitas didapatkan dari hasil penelitian tentang kuat lentur, daya serap air dan tingkat perlindian yakni dengan penambahan limbah katalis sebanyak 10 % akan menghasilkan nilai kuat lentur yang paling besar, nilai daya serap air yang paling kecil dan konsentrasi lindi yang paling kecil dibandingkan dengan penambahan proporsi limbah katalis lainnya.



4.1 Nilai Produksi *Panel Board*

Untuk mengetahui nilai produksi *panel board* akan dilakukan perhitungan seperti pada Tabel 4.8 berikut ini :

Tabel 4.8 Nilai Produksi *Panel Board*

Biaya Pembuatan *Panel Board* per 20 *Panel* Ukuran 30cm×13cm×1cm

No.	Jenis Bahan/Upah	Harga tiap kg (Rp)	Jumlah Bahan (Kg)									
			T1	Harga (Rp)	T2	Harga (Rp)	T3	Harga (Rp)	T4	Harga (Rp)	T5	Harga (Rp)
1	Bahan Susun											
	• Semen	700,-	11,4	8.000,-	10,2	7.150,-	9	6.300,-	7,8	5.500,-	6,6	4.650,-
	• Serat Bambu	1.300,-	0,6	800,-	0,6	800,-	0,6	800,-	0,6	800,-	0,6	800,-
	• Katalis	1.000,-	0	0	1,2	1.200,-	2,4	2.400,-	3,6	3.600,-	4,8	4.800,-
2	Jumlah <i>Panel Board</i>		20		20		20		20		20	
3	Jasa											
	• Upah Pekerja (orang/Hari)			10.000,-		10.000,-		10.000,-		10.000,-		10.000,-
	Jumlah Biaya			18.800,-		19.150,-		19.500,-		19.900,-		20.250,-

Pembandingan nilai produksi dalam penelitian ini adalah menggunakan papan gips (*Gypsum Wall Board*) di pasaran dengan ukuran 120cm×13cm×9mm adalah Rp. 96.000,- atau Rp. 33.350,- tiap m². Harga *panel board* tiap m² pada tahap 2 adalah Rp. 25.650,-, sehingga *panel board* hasil penelitian ini lebih murah jika dibandingkan dengan harga papan gips di pasaran.