

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Limbah Katalis

Limbah katalis yang digunakan untuk bahan tambah adukan pada penelitian ini merupakan hasil proses dari RCC (*Residue Catalytic Cracking*). Limbah katalis yang digunakan pada RCC ini adalah jenis *zeolit kristalin* dengan struktur regular, yang mengandung unsur-unsur oksida, kalsium, magnesium, dan *rare earth family* (*lanthanum, cerium*). Parameter-parameter yang terdapat di dalam limbah katalis antara lain adalah seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Parameter yang terkandung dalam limbah katalis

Parameter	Satuan	Limit deteksi	1996	1997		2000		
			Spent Catalyst	Fresh Catalyst	Spent Catalyst	Fresh Catalyst	Spent Catalyst (duplicate)	Spent Catalyst
Cr	mg/kg	0,05	68±4,01	68,42	68,42	17,1	17,1	165,5
Cu	mg/kg	0,02	167,5±11,12	100	200	4	4	21
Pb	mg/kg	0,1	ttd	800	900	53	53	67,5
Zn	mg/kg	0,005	28±2,21	200	500	76	76	105
Ni	mg/kg	0,04	8638±46,33	400	11.000	48	48	14.760

Sumber: PERTAMINA --Lembaga Penelitian UNPAD

Katalis ini digunakan pada suatu kilang minyak yang dilengkapi dengan RCC sebagai bahan bantu untuk mengarahkan dan mempercepat laju reaksi produk utama yang diinginkan seperti LPG (elpiji), *propylene*, *polygasoline*, *naptha*, LCD (bahan dasar diesel) dan *decant oil* (bahan dasar *fuel oil*). Sedangkan sifat-sifat pada limbah katalis jenis *zeolit kristalin* adalah memiliki kapasitas adsorpsi tinggi dan tidak bersifat korosif.

Oleh karena *sludge* (lumpur katalis) yang tersimpan cukup banyak, maka dapat digunakan sebagai campuran untuk memproduksi bahan bangunan maupun produk-produk keramik. Pemanfaatan limbah katalis seperti yang dilakukan di unit RCC UP VI Balongan, oleh pengelola dikomersialkan dengan cara dibuat menjadi berbagai produk bahan bangunan seperti batako, *paving block*, genteng, *panel board*, keramik, *concrete* dan sebagainya.

## 2.2 Pengolahan Limbah Padat

Proses pengolahan limbah padat industri dikelompokkan berdasarkan fungsinya yaitu pengkonsentrasian, pengurangan kadar air, stabilisasi dan pembakaran dengan *incinerator*. Pengolahan tersebut pada industri penghasil limbah dapat dilakukan sendiri-sendiri atau secara berurutan tergantung dari jenis dan jumlah limbah padat yang dihasilkan.

### 1. Pengkonsentrasian

Dilakukan untuk meningkatkan konsentrasi *sludge* sehingga dapat mengurangi volume *sludge* tersebut. Pengkonsentrasian *sludge* biasanya dilakukan secara grafitasi dengan *clarifier* dan dengan *thickener*. Dengan *thickener* dapat meningkatkan konsentrasi padatan 2-5 kali. Dengan turunnya volume *sludge* maka akan memberikan keuntungan ekonomis dan akan memudahkan proses pengolahan selanjutnya.

### 2. Pengurangan kadar air

Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar air sehingga *sludge* dapat lebih kering lagi sehingga memudahkan dalam transportasi. Filtrasi vakum, filter press dan sentrifugasi banyak digunakan dalam proses ini.

### 3. Stabilisasi

Pada prinsipnya adalah mengurangi mobilitas bahan pencemar dalam limbah.

Proses stabilisasi secara umum dilakukan dengan mengubah sludge menjadi bentuk yang kompak, tidak berbau dan tidak mengandung mikroorganisme yang mengganggu kesehatan serta bahan-bahan pencemar yang berada di dalamnya tidak mudah mengalami perliindian (*leached*). Proses stabilitasi ini dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mencampur dengan tanah liat yang dilanjutkan dengan pembakaran seperti pernah dilakukan di Afrika Selatan, dicampur dengan semen dan bahan lainnya sehingga bahan pencemar di dalamnya menjadi lebih stabil. (JA. Slim and Wakefield, 1991).

### 4. Pembakaran

adalah pembakaran sludge dengan suhu tinggi ( $> 900^{\circ}\text{C}$ ). Dalam proses pembakaran limbah padat ini harus digunakan peralatan yang khusus seperti insenerator karena dengan pembakaran pada suhu tersebut dapat sempurna dan tidak dihasilkan hasil samping yang akan membahayakan lingkungan.

Pada kesempatan ini dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah padat katalis untuk bahan bangunan (*panel board*). Namun yang menjadi permasalahan adalah karena bahan baku berasal dari limbah padat katalis yang menurut PP. 85/1999 diklasifikasikan sebagai limbah B3 maka perlu dicari teknologi pembuatan *panel board* yang memenuhi standar SII dan DIN tetepi aman bagi kesehatan dan lingkungan.

### 2.3 Solidifikasi – Stabilisasi

Istilah solidifikasi dikenal pada pengolahan padat, yaitu suatu metode untuk mengubah limbah yang berbentuk padatan halus menjadi padat dengan menambahkan bahan pengikat (*binder*). Tujuannya adalah untuk mengubah limbah yang bersifat berbahaya menjadi tidak berbahaya karena permeabilitasnya berkurang dan kekuatan fisiknya meningkat, sehingga mudah diangkut dan disimpan/ditimbun (Connor, R.J, 1990).

Metode ini dilatarbelakangi dari suatu kenyataan bahwa bahan yang berbahaya dan beracun tingkat bahayanya paling tinggi bila berbentuk gas dan paling rendah bila berbentuk padat (Manahan, 1994).

Teknik solidifikasi yang sekarang banyak digunakan diantaranya fiksasi dan kapsulisasi (pengkapsulan). Pada teknik fiksasi, partikel-partikel limbah diikat secara fisik dan kimia oleh bahan pengikat (*binder*) yang mengeras. Sedangkan teknik kapsulisasi, limbah diselimuti oleh bahan pengikat yang mengeras dibagian luar. Bahan pengikat yang sering digunakan adalah semen/bahan pengikat hidrolik lainnya, kapur, senyawa silikat (tanah liat, pozolan, dll), dan sebagainya.

Proses solidifikasi pada prinsipnya adalah proses kombinasi antara limbah (B3 atau tidak) 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.

---

Solidifikasi, stabilisasi atau fiksasi adalah teknologi pengolahan yang dapat diterapkan terhadap limbah padat dan cair. Sistem pengolahan limbah 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. Cara pengolahan ini sekaligus memperbaiki sifat-sifat mudah diangkut untuk transportasi lebih lanjut jika diinginkan.

Untuk mengurangi volume akhir limbah, biasanya limbah dilakukan penghilangan air lebih dahulu sebelum dilakukan proses solidifikasi. Dalam proses solidifikasi limbah menjadi bentuk *block* atau padatan yang kompak digunakan suatu bahan pengikat atau *polymer*. Sebagai bahan pengikat yang banyak digunakan adalah semen *portland*, *thermoplastic*, organik *polymer* dan *pozzolanic*.

#### **2.4 Panel Board**

*Panel board* adalah papan yang berbentuk lembaran/lempeng dengan ukuran tertentu yang terbuat dari campuran serat tumbuhan (pada penelitian ini digunakan serat bambu), semen *portland* sebagai pengikat hidrolis dan air. Campuran dari semen dan air saja disebut pasta (PUBI, 1982). Bobot isi lempengan lebih dari  $1,2 \text{ gram/cm}^3$  dan dipergunakan pada bangunan (SII. 0016-72). 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 %.

---

Beberapa peneliti telah membuktikan bahwa dengan penambahan serat alami (serat bambu, serbuk gergaji, alang-alang) kedalam adukan dapat memperbaiki sifat-sifat bahan sebagai berikut :

- a. Lebih daktil , artinya lebih ulet dan tahan getas
- b. Meningkatkan kuat tarik
- c. Meningkatkan kuat lentur
- d. Menambah ketahanan terhadap kejutan

*Panel board* merupakan pasta ringan dengan campuran serat bambu sebagai bahan yang pasif atau bahan pengisi. Hal-hal yang harus dipenuhi oleh *panel board* adalah :

- a. Lembaran serat semen harus mempunyai tepi potongan yang lurus, rata dan tidak berkerut, sama tebalnya pada seluruh panjang lembaran. Bila diketuk ringan dengan benda yang keras, berbunyi nyaring yang menandakan bahwa lembaran tidak pecah atau retak.
- b. Permukaan lembaran harus tidak menunjukkan retak-retak, kerutan-kerutan atau cacat-cacat lain yang merugikan sifat pemakaiannya. Permukaan lembaran yang sengaja dibuat tidak rata diperbolehkan.
- c. Penampang potongan lembaran serat semen harus menunjukkan campuran yang merata, tidak berlubang-lubang atau belah-belah.
- d. Lembaran harus mudah dipotong, digergaji, dibor dan dipaku tanpa mengakibatkan retak-retak atau cacat lainnya yang merugikan.

e. Penyerapan air maksimum sebesar 35 % (berdasarkan Standar Industri Indonesia). Kekuatan lentur minimum rata-rata 17 Kg/cm<sup>2</sup> dengan ketebalan 15 mm (Kasmudjo, 1986).

## 2.5 Semen (*Portland Cement*)

Semen adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang mengandung kapur, silica dan alumina. Semen *portland* dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen dengan suhu 1550°C dan menjadi *klinker* (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu massa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen tergolong bahan pengikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi 2 yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikatan semen berlangsung lambat, jika tidak adukan sulit dikerjakan karena spesifikasi semen *portland* mensyaratkan tidak boleh terjadi kurang satu jam (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Ketika semen dicampur dengan air timbul reaksi kimia antara unsur-unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam-macam senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Unsur penyusun semen tersebut seperti pada Tabel 2.3 berikut ini.

**Tabel 2.2 Unsur-Unsur Penyusun Semen**

Nama Unsur	Simbol	Komposisi Kimia	(%)
Trikalsium Silikat	C <sub>3</sub> S	3CaO.SiO <sub>2</sub>	50
Dikalsium Silikat	C <sub>2</sub> S	2CaO.SiO <sub>2</sub>	25
Trikalsium Aluminat	C <sub>3</sub> A	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12
Tetrakalsium Aluminoferrite	C <sub>4</sub> AF	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995

Reaksi-reaksi yang terjadi dalam beton adalah sebagai berikut :

i. Reaksi Trikalsium silikat dengan air :



ii. Reaksi Dikalsium silikat dengan air :



iii. Reaksi semen *portland* dalam beton dengan membentuk ikatan awal adalah



Unsur-unsur 3CaO.SiO<sub>2</sub> dan 2CaO.SiO<sub>2</sub> adalah bagian yang terpenting dalam semen hidrasi karena kedua unsur ini dengan adanya air merupakan pengikat pada proses hidrasi dan membentuk kalsium silikat hidrat atau C-S-H.

## 2.6 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara agregat, agar dapat

dengan mudah beton dikerjakan dan dipadatkan (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Air yang digunakan dalam pembuatan beton 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 (Kardiyono Tjokrodimulyo, 1995).

## **2.7 Serat Bambu**

Penelitian ini menggunakan serat dari bambu. Pemilihan bambu karena mampu menahan tarik yang cukup besar. Alternatif penggunaan bambu sebagai serat dari bahan alami ini lebih menguntungkan dibandingkan dengan serat dari tumbuhan lain.

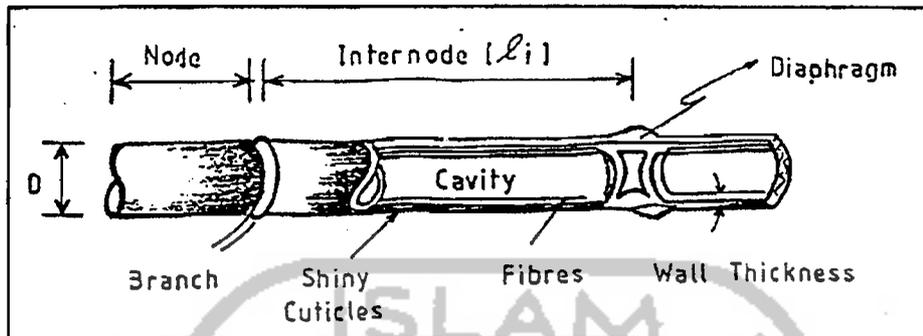
### **2.7.1 Anatomi dan Struktur Bambu**

Secara anatomi elemen-elemen penyusun bambu hampir sama dengan elemen-elemen penyusun kayu, oleh karena itu faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat kayu juga berpengaruh sama terhadap sifat-sifat bambu (Liese, 1980).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan kayu adalah suhu, dekomposisi anaerob kayu, sifat anisotropis kayu, berat jenis, kandungan air dan lamanya muatan (Soenardi, 1976).

Batang bambu pada umumnya berupa batang silinder dengan diameter bervariasi dari 1 hingga 25 cm dan ketinggian bervariasi dari 1 hingga 40 m. Diameter bambu berkurang sejalan dengan panjangnya, dari pangkal hingga ujung. Bambu yang silindris ini secara keseluruhan dipisahkan pada nodia-

nodia. Permukaan luar batang tertutup kulit yang keras untuk mencegah sebagian kehilangan air dari batang bambu (Ghavami. K, 1988).

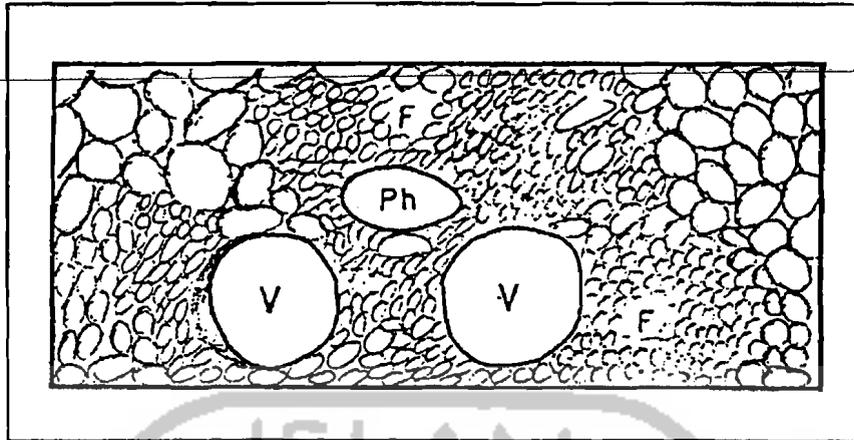


**Gambar 2.1 Bagian-Bagian dari Batang Bambu**

Menurut Liese (1980), bambu merupakan salah satu anggota dari familia *Gramieae* yang mempunyai ciri-ciri antara lain :

- a. Pertumbuhan primer yang sangat cepat
- b. Batangnya beruas-ruas, sehingga ada bagian yang disebut nodia dan internodia
- c. Semua sel terdapat dalam nodia mengarah pada sumbu transversal, sedang pada internodia mengarah pada sumbu axial.

Di dalam batang bambu terdapat ikatan pembuluh-pembuluh (*Vascular bundies*) yang terdiri dari dua buah bentuk (*Metaxylem*) yang berupa *Vessel* (V) dan *Phloem* (Ph) yang disatukan dengan fiber-fiber (F), fiber-fiber ini diisi dengan *Parenchyma* sebagai sel pengisi.

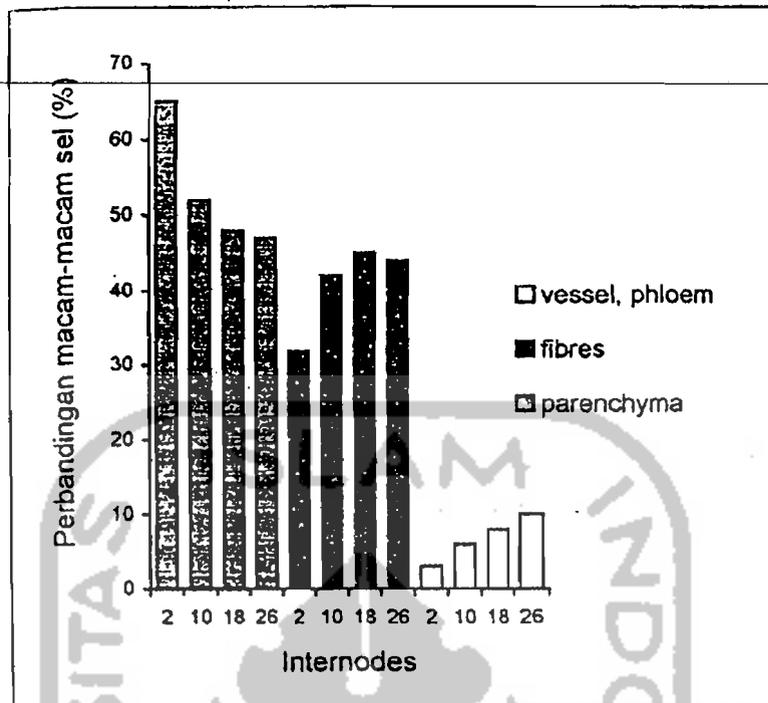


Sumber : Liese, 1980

**Gambar 2.2 Ikatan Pembuluh-Pembuluh dengan 2 Pembuluh Besar**

***Vessel (V) dan Phloem (Ph) yang diikat oleh Serat-Serat (F)***

Adapun prosentase perbandingan 3 bagian diatas, tergantung pada lokasi ruas masing-masing penampang batang bambu. Untuk ruas bagian bawah dibanding ruas bagian atas, prosentase *Parenchyma* makin berkurang, sedang prosentase fiber dan *Vessel / phloem* makin bertambah.



Sumber : Liese, 1980

**Gambar 2.3** Prosentase Perbandingan Macam-Macam Sel Dalam Arah Vertikal Batang

### 2.7.2 Sifat Fisik Bambu

Sifat-sifat fisik batang bambu dari beberapa jenis bambu antara lain :

warna panjang keseluruhan, jarak antara nodia, diameter dan ketebalan, kandungan air seperti halnya kayu, merupakan zat higroskopis. Artinya bambu mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap maupun berupa cairan.

Menurut Liese (1980), kandungan air dalam batang bambu bervariasi baik arah memanjang maupun arah melintang batang. Hal ini tergantung pada

---

umur, waktu penebangan dan jenis bambu. Pada umur satu tahun batang bambu mempunyai kandungan air yang relatif tinggi yaitu kurang lebih 120 % hingga 130 %, baik pada pangkal maupun pada ukungnya. Pada bagian ruas kandungan air lebih rendah daripada bagian nodia. Kandungan air pada arah melintang yaitu bagian dalam lebih tinggi dibandingkan dengan bagian luar. Tebal bambu, tebal dinding sel dan penyebaran sel-sel penyusun bambu merupakan hal-hal yang menentukan jumlah air yang ada di dalam bambu dan sukar mudahnya air keluar dari bambu, sehingga terjadilah perbedaan kadar air kering udara.

### 2.7.3 Sifat Mekanik Bambu

Bambu apus sebagai serat untuk campuran *panel board*, mempunyai keunggulan dibandingkan dengan jenis bambu lainnya, yaitu :

- a. Penyusutan arah radial paling kecil dibandingkan dengan jenis bambu lainnya, yakni sekitar 6,816 %
- b. Penyusutan arah tangensial sebesar 4,885 % tidak berbeda jauh dengan jenis bambu lainnya
- c. Kuat tarik sejajar serat sebesar 26198,273 N/cm<sup>2</sup> mendekati kuat tarik pada jenis bambu lainnya
- d. Kadar lignin paling rendah, sekitar 0,33 %

**Tabel 2.3 Persentase Kadungan Pati 4 Jenis Bambu Dalam 1 Tahun**

Bulan	Jenis Bambu dan Kandungan Patinya			
	Ampel (%)	Petung (%)	Ulung (%)	Apus (%)
Januari	0,50	0,48	0,33	0,26
Februari	1,55	1,24	0,31	0,31
Maret	3,96	2,09	0,36	0,28
April	1,99	0,32	0,38	0,42
Mei	4,08	0,90	0,53	0,37
Juni	3,70	0,56	0,42	0,30
Juli	1,90	0,40	0,30	0,39
Agustus	2,67	0,46	0,54	0,29
September	3,58	2,07	0,27	0,28
Oktober	4,73	0,49	0,32	0,26
November	6,22	0,46	0,32	0,50
Desember	2,82	0,48	0,37	0,31
<b>Rata-rata</b>	<b>3,14</b>	<b>0,83</b>	<b>0,37</b>	<b>0,33</b>

Sumber : Sulthoni, 1983

- e. Serat dari bambu apus tidak mudah patah dibandingkan dengan serat dari bahan jenis bambu lainnya.

Kecenderungan penyusutan arah radial dan tangensial pada bambu atau serat bambu untuk jangka panjang diperkirakan dapat mengurangi *pull out resistance*-nya dan bambu termasuk bahan alami, sehingga mempunyai sifat mendekati kayu yang pada penggunaan jangka panjang dapat rapuh.

#### **2.7.4 Pengawetan Bambu**

Menebang bambu pada saat yang tepat dapat mengurangi resiko serangan bubuk atau sedikit sekali terserang bubuk. Masyarakat pedesaan menggunakan pedoman waktu untuk menebang bambu agar terhindar dari serangan bubuk, yaitu pada waktu mangsa tua yang umumnya dipilih mangsa ke-10 atau ke-11. hal ini disebabkan kandungan pati (*lignin*) dalam pembuluh bambu yang menjadi makanan hama bubuk tidaklah sama sepanjang musim, mangsa ke-11

---

jatuh pada bulan Mei merupakan masa paling sedikit serangan hama bubuk (Sulthoni, 1983).

---

Perlakuan pengawetan telah banyak dicoba, salah satunya adalah untuk menurunkan susut atau muai yang besar, bambu dapat direndam dulu dalam air atau lumpur sebelum dipakai. Perendaman air kapur (*Calcium Hidroxide Solution*) tidak memberikan hasil yang lebih baik daripada dalam air biasa. Hasil yang lebih baik didapatkan jika bambu dikeringkan di udara sebelum direndam.

Pada penelitian ini bahan serat bambu yang digunakan berasal dari bambu apus (*Gigantochloa Apus Kurz*) dengan umur kurang lebih 3 tahun, ditandai dengan adanya akar kecil-kecil yang keluar dari nodia. Serat bambu diperoleh dengan menyayat tipis-tipis bambu tersebut pada bagian tengah, bagian kulit tidak diikutkan pada penelitian ini karena bagian kulit volumenya tidak banyak hanya sekitar 0,2 % dari keseluruhan volume bambu dan mempunyai sifat lebih kaku dibandingkan dengan bagian tengah bambu.

Bagian pangkal dan bagian ujung kurang lebih tidak digunakan, karena serat bambu bagian pangkal mempunyai sifat lebih kaku, sedangkan bagian ujung sifat seratnya lebih lunak. Diharapkan dengan mengambil serat bambu hanya pada bagian tengah dapat diperoleh serat bambu dengan sifat-sifat yang homogen. Bambu apus digunakan dalam penelitian ini karena sifat liat dari seratnya, sehingga tidak mudah patah, maka dalam pengadukan bahan akan banyak serat yang patah bila ditekek. Untuk jenis-jenis bambu yang lain mempunyai serat relatif lebih besar dan mudah patah bila ditekek.

---

---

## 2.8 Logam Berat

---

Logam berat yang diteliti dalam penelitian kali ini antara lain :

### 2.8.1 Kromium (Cr)

Kromium (Cr) adalah metal kelabu yang keras. Kromium terdapat pada industri gelas, metal, fotografi, dan elektroplating. Dalam bidang industri, kromium diperlukan dalam dua bentuk, yaitu kromium murni, dan aliansi besi-kromium yang disebut ferokromium sedangkan logam kromium murni tidak pernah ditemukan di alam. Kromium sendiri sebetulnya tidak toksik, tetapi senyawanya sangat iritan dan korosif. Inhalasi kromium dapat menimbulkan kerusakan pada tulang hidung. Di dalam paru-paru, kromium ini dapat menimbulkan kanker. Sebagai logam berat, krom termasuk logam yang mempunyai daya racun tinggi. Daya racun yang dimiliki oleh krom ditentukan oleh valensi ionnya. Logam  $Cr^{6+}$  merupakan bentuk yang paling banyak dipelajari sifat racunnya dikarenakan  $Cr^{6+}$  merupakan *toxic* yang sangat kuat dan dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis (Soemirat,2002).

### 2.8.2 Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah metal yang didapat antara lain pada industri alloy, keramik, pigmen, karet, dan lain-lain. Toksisitas Zn pada hakekatnya rendah. Tubuh memerlukan Zn untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat racun. Di dalam air minum dapat menimbulkan rasa kesat, dan dapat menimbulkan gejala muntaber. Seng menyebabkan warna air menjadi *opalescent*, dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir.

Unsur ini sebenarnya dibutuhkan dan berguna dalam metabolisme, dengan kebutuhan perhari 10 – 15 mg, karena jika kekurangan Zn dapat menyebabkan hambatan pada pertumbuhan anak. Akan tetapi jika unsur ini terdapat dalam jumlah yang besar dapat menimbulkan rasa pahit (Soemirat, Juli, 2002).

### 2.8.3. Tembaga (Cu)

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).

### 2.8.4. Timbal (Pb)

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 (TEL = *Tetra Ethyl Lead*) 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).

#### 2.8.5 Nikel (Ni)

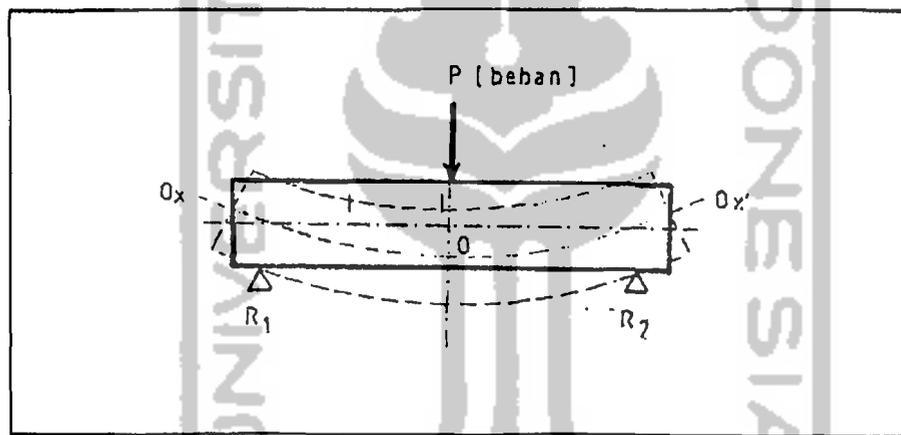
Nikel adalah logam putih perak yang keras. Nikel banyak digunakan untuk pembuatan uang logam, baterai, bahan elektronika, alat laboratorium, Prosesing makanan, aloy baja dan *stainless steel*. Ada kesan dari masyarakat bahwa unsur nikel bukanlah zat gizi yang penting, namun dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nikel mempunyai peran yang penting dalam absorpsi dan metabolisme. Senyawa nikel yang paling toksik adalah nikel karbonil yang merupakan hasil reaksi nikel atau senyawanya dengan karbon monoksida.

Keracunan nikel dapat mengakibatkan dermatitis, *Bronchopneumonia*, *Hemorrahagika*, kanker paru-paru hingga kematian (Susanto. E, 1997).

## 2.9 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 3.8, apabila batang uji ditumpu pada R1 dan R2 serta beban lentur (P) diberikan ditengah, maka tegangan lentur maksimal ( $\sigma$ ) terjadi pada titik O ditengah bentang.



Gambar 2.4 Pengujian Lentur

Besarnya momen yang terjadi :

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

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

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

kekuatan lentur atau tegangan lentur dapat diperoleh dengan rumus :

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

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

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

(Petunjuk Praktek Pemeriksaan Bahan Bangunan, 1979)

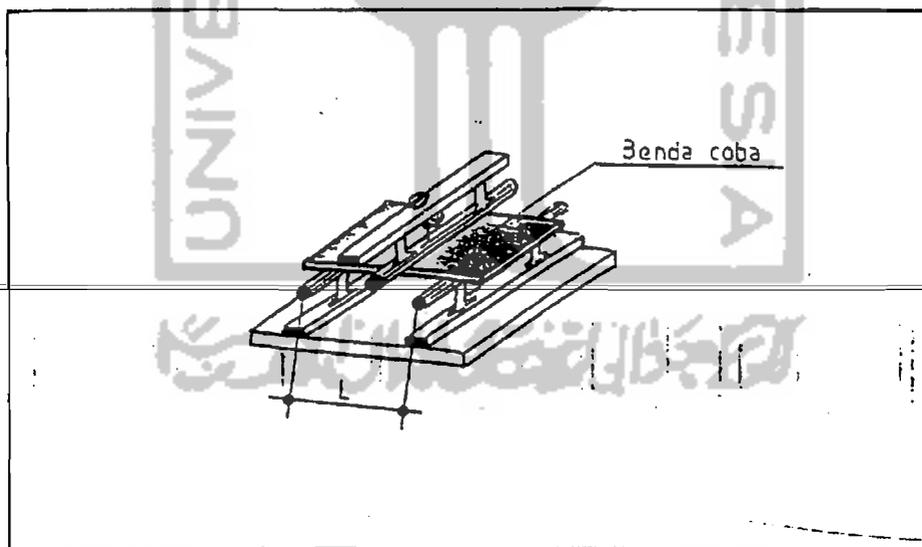
dengan : P = Beban, Kg

L = Jarak tumpuan, cm

b = Lebar benda coba, cm

h = Tebal benda coba, cm

Sket pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



**Gambar 2.5 Sket Pengujian Kuat Lentur**

---

## 2.10 Daya Serap Air

Uji daya serap air adalah salah satu cara untuk menentukan tingkat penyerapan air dan keawetan dari benda uji dalam hal ini berupa *Panel Board*. 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. Setelah mengalami proses pembakaran benda uji tersebut (Panel Board) ditimbang sehingga didapat berat kering, lalu direndam dalam air selama 24 jam kemudian dilakukan penimbangan yang disebut berat basah.

$$\text{Uji daya serap air} = \frac{\text{Beratbasah} - \text{Berat kering}}{\text{berat kering}} \times 100\% \quad \dots(5)$$

## 2.11 Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)

*Leachate* adalah cairan yang keluar dari suatu cairan yang terkontaminasi oleh zat-zat pencemar yang ditimbulkan dari limbah yang mengalami proses pembusukan. Menurut EPA *leachate* adalah suatu cairan yang mencakup semua komponen di dalamnya yang terkandung di dalam cairan tersebut sehingga cairan tersebut tersaring dari limbah yang berbahaya.

*Leachate* telah dihasilkan sejak manusia pertama kali melakukan pengalihan timbunan sampah untuk menyelesaikan persampahan. Tentu saja pada tahap ini jumlah *leachate* yang dihasilkan sangat kecil dan bercampur dalam suatu tanah liat. Resiko yang didapat jika tidak adanya suatu drainase yang baik dan pengolahan limbah cair dapat menyebabkan suatu dampak yaitu penyakit bagi manusia akibat timbulnya *leachate* tersebut.

Pelindian merupakan parameter yang sangat menentukan terhadap kualitas hasil solidifikasi yang berkaitan dengan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu

untuk menentukan kualitas lindi adalah dengan *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) adalah salah satu evaluasi toksisitas limbah untuk bahan-bahan yang dianggap berbahaya dan beracun dengan penekanan pada nilai *leachate*.

### 2.11 Hipotesa

1. Bahan susun *panel board* dapat disubstitusikan dengan bahan lain seperti limbah padat katalis.
2. Solidifikasi limbah padat katalis dengan pembuatan *panel board* tidak hanya terjadi pengikatan hidrolis tetapi juga mampu mengikat logam-logam berat yang kemungkinan terlepas di lingkungan.
3. *Panel board* yang terbentuk memiliki nilai produksi yang lebih murah dibandingkan dengan nilai produksi papan gips (*Gypsum Wall Board*) dipasaran.
4. *Panel Board* yang terbentuk dapat memenuhi standar DIN papan serat semen.

