

## IMOBILISASI Sr-90 DALAM ZEOLIT DENGAN PROSES PEMADATAN SEMEN-SERAT KELAPA

Susetyo Hario Putero, Widya Rosita \*)

### ABSTRACT

*The research purpose was to immobilize Sr-90 adsorbed by zeolite using cement and coconuts fiber. The research was pursued by varied % v/o of coconuts fiber and investigated their compressive strength, bending strength and leaching rate. The 13% v/o of zeolite was mixed with cement on 0.3 of water/cement weight ratio. The optimum composition of coconuts fiber causing increasing of mechanical strength has been founded at 0.50% v/o of fiber. The axial force resistance of fiber is higher than the radial one. The leaching rate of fiber reinforced mortar doesn't significantly change.*

### LATAR BELAKANG MASALAH

Semakin berkembangnya industri mengakibatkan masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan menjadi semakin besar dan kompleks. Masalah pencemaran lingkungan sedang menjadi perhatian serius dari masyarakat, demikian juga halnya dengan industri nuklir yang dikhawatirkan akan mengakibatkan pencemaran lingkungan, terutama yang berasal dari limbah radioaktif.

Limbah radioaktif tidak seperti limbah beracun yang berasal dari industri-industri lain, karena sifat radioaktivitas dari limbah tersebut tidak dapat dihilangkan. Untuk menangani limbah radioaktif cair, hal yang dapat dilakukan adalah dengan memadatkan dan menyimpannya sampai aktivitasnya meluruh ke tingkat yang aman untuk dibuang ke lingkungan.

Untuk mengurangi volume limbah cair, dapat dilakukan dengan beberapa cara pengolahan seperti koagulasi flokulasi, evaporasi, penjerapan, dsb. Salah satu keuntungan dari penjerapan adalah lebih ekonomis, karena dapat digunakannya bahan-bahan penyerap alami, seperti zeolit, bentonit dan arang aktif.

Radionuklida yang telah dijerap oleh bahan penjerap perlu dipadatkan supaya tidak menyebar ke lingkungan. Pemadatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa macam bahan, yaitu semen (sementasi), aspal (bitumenisasi) dan gelas (vitrikasi) (Ronodirdjo, S., 1982).

Salah satu radionuklida yang terdapat di dalam limbah cair adalah stronsium-90. Stronsium-90 merupakan radionuklida pemancar beta dan mempunyai waktu paro yang relatif panjang (28 tahun). Efek somatis yang dapat ditimbulkannya adalah kanker.

Mekanisme penjerapan Sr-90 oleh zeolit adalah Sr-90 yang ada dalam larutan akan berdifusi eksternal menuju permukaan luar zeolit. Pada permukaan luar ini, sebagian Sr-90 kemudian diikat oleh sisi aktif zeolit atau terjebak dalam rongga sedang sebagian yang lain akan berdifusi internal menuju pori-pori zeolit. Sr-90 yang ada di permukaan dalam ini juga akan diikat oleh sisi aktif atau terjebak dalam rongga.

Kandungan silikat dan alumina dalam zeolit akan bereaksi secara kimiawi dengan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  membentuk senyawa kalsium silikat hidrat yang disebut tobermorit. Adanya tuff zeolit di dalam semen akan meningkatkan umur semen dan menurunkan retak akibat tumbukan. Klinoptilolit tidak hanya mengaktifkan pengerasan tetapi juga memperbaiki mikrostruktur, ketahanan erosi dan impermeabilitas.

Teknik sementasi yang digunakan harus mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi dan laju pelindian yang rendah. Karena zeolit merupakan alumina silikat, maka dapat bercampur dengan semen secara baik. Sifat-sifat fisik dari semen dapat ditingkatkan dengan memasukkan serat ke dalam semen. Serat dapat diklasifikasikan menjadi : serat metalik, serat polimerik, serat mineral dan serat alami. Serat alami relatif lebih mudah didapat dan lebih murah (Balaguru, and Shah, 1992).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan semen yang diperkuat dengan serat kelapa untuk mengimobilisasi limbah radioaktif yang mengandung Sr-90.

## CARA PENELITIAN

Zeolit alam yang telah diaktivasi dengan pemanasan  $250^\circ\text{C}$  dan penambahan HF 0.1 N dibasahi dengan air sampai jenuh dan kemudian ditiriskan. Jumlah zeolit dan faktor air semen (fas) yang digunakan sebesar 13% dan 0.3 (Sugiman, 1997). Penelitian ini menggunakan semen dengan komposisi  $\text{SiO}_2$  (20.8%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (6.9%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3.0%),  $\text{CaO}$  (63.7%),  $\text{MgO}$  (2.0%),  $\text{SO}_3$  (1.6%), *loss on ignition* (1.5%) dan *insoluble residue* (0.5%).

Sebelum di sementasi, zeolit digunakan untuk menjerap ion  $\text{Sr}^{2+}$  dalam kolom penjerapan dengan umpan 200 ppm larutan  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ . Komposisi tersebut dicampur serabut kelapa dengan panjang 3 cm dan komposisi serat 0.00%, 0.05%, 0.10%, 0.25%, 0.50%, 0.75% dan 1.00% v/o. Selanjutnya diaduk, dicetak dan diperam selama 28 hari. Blok semen hasil pemeraman kemudian dilakukan uji tekan, lentur dan lindi. Uji lentur dilakukan dengan beban satu titik di tengah balok berukuran  $4 \times 4 \times 20 \text{ cm}^3$ . Uji lindi dilaksanakan dengan memasukkan blok ke dalam bejana yang berisi air dengan volume 10 kali luas permukaan blok. Air dicuplik dalam waktu 2, 4, 6, 9, 12, 15, 18 dan 21 hari untuk mengetahui waktu dimana laju lindi mulai konstan. Analisa cuplikan dilaksanakan dengan Spektroskopi Serapan Atom. Laju lindi dihitung dengan rumus

$$\text{Laju lindi} = \frac{A_t}{A_0} \times \frac{W_0}{S \times t}$$

$$S = 0.5 \pi D^2 + \pi D h = 38,014 \text{ cm}^2$$

$A_t$  = Konsentrasi terlindi dalam waktu t (ppm)

$A_0$  = Konsentrasi awal (ppm)

$W_0$  = Berat blok semen (gr)

S = Luas permukaan blok semen ( $\text{cm}^2$ )

t = Waktu lindi (hari)

D = Diameter blok semen (2,2 cm)

h = Tinggi blok semen (4,4 cm)

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh kandungan serat terhadap kekuatan mekanik blok semen.

Hasil uji tekan dan lentur blok semen-serat kelapa setelah pemeraman selama 28 hari ditunjukkan pada tabel I dan gambar 1.

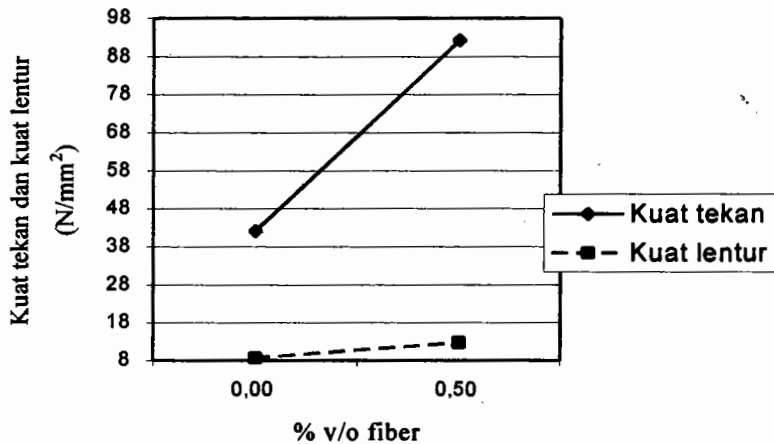
Tabel I. Data hasil uji tekan dan uji lentur blok semen-serat.

% v/o serat	Kuat Tekan ( $\text{N/mm}^2$ )	Kuat Lentur ( $\text{N/mm}^2$ )
0,00	42,111	8,732
0,05	55,988	9,376
0,10	66,328	10,192
0,25	76,883	12,072
0,50	92,313	12,716
0,75	68,364	9,151
1,00	50,684	9,054

Serat kelapa akan mengisi rongga-rongga di dalam semen, sehingga pori-pori dalam semen menjadi lebih kecil. Serat ini juga akan membantu mendistribusikan *stress* yang terjadi apabila blok semen tersebut dikenai sebuah gaya. Hal-hal tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan kuat tekan dan kuat lentur dari blok.

Peningkatan jumlah serat yang ditambahkan menyebabkan semakin besar pula probabilitas terjadinya penggumpalan serat-serat tersebut. Penggumpalan serat akan memperbanyak jumlah udara yang terjebak, sehingga blok semen tersebut akan menjadi lebih porous. Sifat serat kelapa yang cenderung menyerap air juga akan memperbanyak jumlah air yang diserap apabila serat tersebut menggumpal. Dalam proses pengerasan semen terjadi reaksi hidrasi antara semen dan air membentuk gel-gel. Air yang dibutuhkan untuk proses ini hanya sekitar 25% dari berat semen. Jumlah air yang melebihi 25% akan menyebabkan iarak antar gel menjadi lebar, sehingga ukuran pori

menurun. Konsekuensi dari peristiwa-peristiwa tersebut adalah menurunnya kekuatan mekanik semen. Hal ini terjadi pada penambahan serat lebih dari 0.50% volume.



Gambar 1. Grafik peningkatan kuat tekan dan kuat lentur blok semen antara blok tanpa serat dengan blok dengan 0.5% v/o serat.

Kerapatan antara benda uji tekan dan benda uji lentur berbeda, di mana untuk kondisi yang sama kerapatan benda uji lentur lebih kecil. Perbedaan tersebut terjadi karena adanya perbedaan dalam proses pemadatan dalam pembuatan benda uji tekan dan uji lentur. Sehingga, proses pembuatan atau pencetakan benda uji, terutama proses pemadatannya adalah sangat berpengaruh terhadap kekuatan mekanik yang akan dihasilkan.

Gambar 1 menunjukkan bahwa kenaikan kuat tekan mortar dengan serat jauh lebih besar daripada kenaikan kuat lentur. Hal ini menunjukkan, bahwa kontribusi serat dalam menahan gaya (beban) aksial jauh lebih besar daripada kontribusi serat dalam menahan gaya radial. Karena luas bidang gesekan antara serat dengan mortar untuk gaya aksial lebih besar daripada untuk gaya radial.

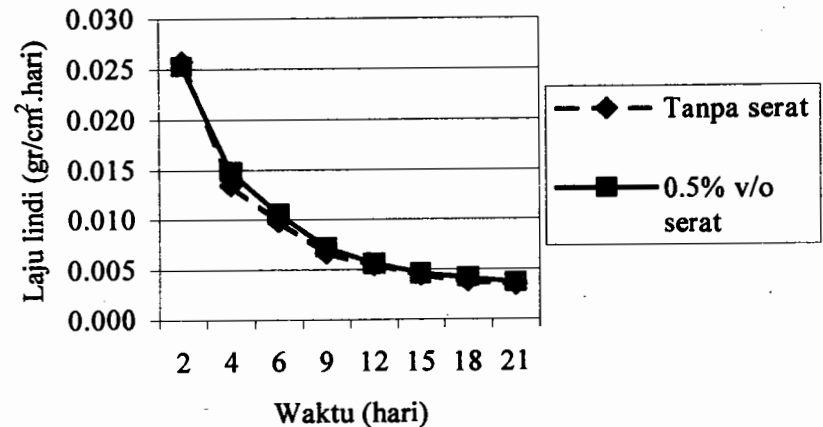
Menurut Zange (1983) kuat tekan minimal adalah 2.5 N/mm<sup>2</sup> (Suryati,1992). Pada penelitian ini kuat tekan maksimum pada komposisi 0.5% v/o serat sebesar 92.313 N/mm<sup>2</sup>. Jadi komposisi tersebut mempunyai kuat tekan jauh diatas syarat minimal, sehingga memadai untuk digunakan sebagai bahan pematat limbah radioaktif.

2. Uji Lindi

Uji lindi yang dilaksanakan selama 21 hari pada komposisi 0.5% v/o serat, dengan massa rerata sebesar 105,6 gr memberikan hasil seperti ditunjukkan oleh tabel II dan

Tabel II. Laju lindi (gr/cm<sup>2</sup>.hari) blok semen tanpa serat dan 0.5% v/o serat

Hari	Tanpa serat	0.5% v/o serat
2	0,026	0,025
4	0,013	0,015
6	0,010	0,011
9	0,007	0,007
12	0,005	0,006
15	0,004	0,005
18	0,004	0,004
21	0,003	0,004



Gambar 2. Laju lindi blok tanpa serat dan 0.5 % v/o serat

Hasil uji lindi menunjukkan adanya penurunan laju lindi dengan bertambahnya waktu. Pada saat awal dilaksanakannya uji lindi, Sr-90 yang berada di permukaan blok langsung larut dalam air pada saat kontak dengan air. Mulai hari ke 9 penurunan cenderung mengalami perlambatan. Pada saat itu terjadi proses difusi radionuklida Sr-90 dari dalam blok ke permukaan blok. Selama proses hidrasi, partikel koloid mengalami pengembangan dan produk kristal tumbuh diantara partikel-partikel koloid tersebut. Hal tersebut menyebabkan penyempitan pori-pori di dalam blok semen yang berakibat pada berkurangnya laju lindi. Sehingga Sr-90 dapat terikat kuat di dalam padatan. Proses ini terjadi mulai hari ke 18 waktu pelindian.

Hasil uji lindi menunjukkan, bahwa tidak ada perubahan yang berarti dengan adanya penambahan serat ke dalam blok semen. Hal ini berarti, bahwa radionuklida Sr-90 sudah terserap dan terikat kuat oleh zeolit. Selain itu juga menunjukkan bahwa laju lindi tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran pori-pori di dalam blok semen, namun ada

Menurut IAEA laju lindi dengan waktu pelindian 91 hari adalah  $10^{-3} \sim 10^{-2}$  gr/cm<sup>2</sup>.hari (Supardi, 1997). Dalam penelitian ini laju lindi blok semen dengan waktu lindi 21 hari pada komposisi 0.5% v/o serat adalah  $4.00 \cdot 10^{-3}$  gr/cm<sup>2</sup>.hari. Sehingga blok semen pada penelitian ini sudah memenuhi standar tersebut.

### 3. Kesimpulan

1. Penambahan serat kelapa mengakibatkan peningkatan kekuatan mekanik blok semen.
2. Serat lebih mampu menahan gaya aksial daripada gaya radial.
3. Penambahan serat kelapa tidak mempengaruhi laju lindi.
4. Semen dengan komposisi SiO<sub>2</sub> (20.8%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (6.9%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3.0%), CaO (63.7%), MgO (2.0%), SO<sub>3</sub> (1.6%), *loss on ignition* (1.5%) dan *insoluble residue* (0.5%), yang diperkuat dengan 0.5% v/o serat kelapa mampu untuk mengimobilisasi limbah yang mengandung Sr-90

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

### DAFTAR PUSTAKA

- Balaguru, P.N., and Shah, S., 1992, *Fiber-Reinforced Cement Composites*, McGraw-Hill International Editions, New York.
- Ronodirdjo, S., 1982, *Pengolahan Sampah Radioaktif*, BATAN, Yogyakarta.
- Sugiman, 1997, *Sementasi Zeolit Cipatujuh Hasil Proses Penyerapan Limbah Cair Stronsium-90*, Skripsi, Jurusan Teknik Nuklir, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suryati, 1992, *Pengaruh Penambahan Aditif Zeolit, Diatomea Terhadap Kualitas Hasil Sementasi Limbah Laboratorium*, Skripsi, Jurusan Teknik Nuklir, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.