

IMMOBILISASI LIMBAH BENTONIT MENGGUNAKAN Matrik SEMEN

Isman M.T., Endro Kismolo

PPNY-BATAN, Jl. Babarsari P.O. Box. 1008 Yogyakarta 55010

ABSTRAK.

IMMOBILISASI LIMBAH BENTONIT MENGGUNAKAN Matrik SEMEN. Telah dilakukan penelitian immobilisasi limbah bentonit dengan menggunakan bahan matrik semen. Adapun maksud dan tujuan dilakukan penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan semen dalam mengikat limbah bentonit. Penelitian dilakukan dengan cara menambahkan air, semen, limbah bentonit ke dalam wadah dan dilanjutkan dengan pengadukan sampai terbentuk adonan yang homogen. Adonan yang terjadi dimasukkan ke dalam tabung polietilen (diameter 3,5 cm, tinggi 4 cm) dan ditutup rapat untuk dilakukan pemeraman selama 28 hari. Selanjutnya berat jenis blok monolit yang terjadi ditentukan, dilakukan uji kuat tekan dan uji lindi dalam media air tawar dan air laut. Perbandingan air terhadap semen yang digunakan adalah 0,4. Variabel yang diteliti adalah perbandingan jumlah bentonit terhadap semen. Limbah bentonit yang dipadatkan adalah limbah bentonit alam dan limbah bentonit yang telah diaktifkan dengan pemanasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semen cukup baik digunakan untuk mengikat limbah bentonit. Perbandingan berat maksimum bentonit terhadap semen yang dapat diikat dengan semen sebesar 40/100. Pada kondisi ini blok monolit yang terjadi mempunyai berat jenis 2,177 gram/cm³, kekuatan tekan sebesar 22,6 N/mm², serta laju pelindian sebesar 5,7 x 10⁻⁴ gram cm⁻² hari⁻¹ pada media air tawar dan laut setelah 90 hari.

ABSTRACT.

IMMOBILIZATION OF SPENT BENTONITE BY USING CEMENT MATRIX. Investigation of spent bentonite immobilization by using cement was done. The purpose of the investigation was to know the performance of cement in binding bentonite waste. The investigation was done by adding cement, water, and bentonite waste into a container and stirring until the mixture became homogenous. The mixture was put into a polyethylene tube (3.5 cm in diameter and 4cm high) and it was cured up to 28 days. The specific weight of the monolith block was then calculated, and the compressive strength and the leaching rate in ground water and sea water was tested. The mass ratio of water to cement was 0,4. The variable investigated was the mass ratio of bentonite to cement. The immobilized bentonite waste was natural bentonite waste and activated bentonite waste. The result of the investigation showed that cement was good for binding bentonite waste. The maximum binding mass ratio of bentonite to cement was 0,4. In this condition the specific weight of the monolith blok was 2,177 gram/cm³, its compressive strength was 22,6 N/mm², and the leaching rate for 90 days in ground water and sea water was 5,7 x 10⁻⁴ gram cm⁻² day⁻¹

PENDAHULUAN

Proses immobilisasi limbah radioaktif adalah proses untuk merubah bentuk limbah radioaktif menjadi padatan yang monolit sehingga kemampuan pindah atau dispersi radionuklida keluar dari limbah karena proses alamiah baik selama penyimpanan, pengangkutan ataupun penyimpanan lestari menjadi berkurang. Adapun tujuan dari proses ini agar radionuklida yang ada dalam limbah tidak dapat larut atau terekstrak kembali oleh air dan tidak menyebar ke lingkungan. Dalam proses immobilisasi limbah

radioaktif diperlukan suatu media yang berfungsi sebagai pengungkung radionuklida dan juga berfungsi sebagai perubah menjadi bentuk padat. Media yang digunakan dapat berupa semen, bitumen, gelas, polimer. Immobilisasi dengan media semen biasa disebut dengan sementasi.^(1,2)

Pencampuran limbah dengan semen prosesnya mudah, peralatan yang diperlukan tidak rumit dan dapat dibuat otomatis serta energi yang diperlukan sangat rendah. Metode ini telah terbukti keandalannya untuk mengolah limbah aktivitas rendah sampai menengah. Kekuatan blok monolit hasil proses sementasi tergantung dari

perbandingan antara air, semen, limbah serta aditif yang digunakan. Adapun limbah yang dapat diproses dengan sementasi adalah limbah konsentrat evaporator, abu hasil proses insenerasi, resin bekas, sludge hasil olah kimia, absorbent.

Penggunaan absorbent dalam pengolahan limbah radioaktif cair organik adalah merupakan cara yang sederhana serta praktis untuk mengubah bentuk cair menjadi bentuk padat yang selanjutnya dilakukan proses sementasi. Berbagai macam absorbent (mulai dari bentuk yang sederhana sampai bentuk yang kompleks) dapat dipergunakan untuk mengolah limbah cair organik, namun yang sering digunakan secara luas yaitu Natural fibre, synthetic fibre (poly-propylene), vermiculite (mica), clays (bentonit), tanah diatome, imbibed beads (alkyl styrene polymer). Hal ini dilakukan mengikat sementasi langsung limbah cair organik merupakan proses yang tidak efektif. Kemampuan semen sendiri untuk mengikat limbah cair organik $\pm 12\%$ volume. Untuk menaikkan kemampuan semen dalam mengikat limbah cair organik perlu dilakukan penambahan agent wetting yang sesuai, atau di dalam limbah perlu ditambahkan bahan pengemulsi limbah cair organik. Untuk menggantikan bahan pengemulsi cairan organik, dipakai absorbent untuk menghasilkan padatan yang kering yang selanjutnya dapat diikat dengan semen. Absorbents telah digunakan secara rutin untuk pemadatan limbah radioaktif jenis oli di Rancho Seco, Trojan USA. (3, 4)

Bentonit (salah satu macam jenis absorbent) adalah tanah yang berasal dari abu vulkanis yang sebagian komposisinya adalah tanah liat semectit (monmorillonit) serta termasuk dalam keluarga mineral alumino silikat $(Al_4(SiO_8)O_{20}(OH)_4)$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan bentonit cukup handal untuk melakukan pertukaran kation sehingga penggunaan bentonit sangat potensial dalam industri nuklir, yaitu untuk mengolah limbah cair. Mengingat akan kemampuan bentonit dalam melakukan pertukaran kation, mudah di dapat dengan harga relatif murah, maka bentonit sangat potensial di dalam penanganan limbah radioaktif (baik pengolahan ataupun untuk backfill material dalam penyimpanan limbah lestari). (3,4)

Pada penelitian ini akan diteliti kemampuan semen untuk mengikat limbah bentonit yang telah digunakan untuk mengikat radionuklida. Adapun tujuan penelitian untuk mengetahui prospek penggunaan semen untuk mengikat limbah

bentonit ditinjau dari sifat-sifat mekanis blok monolit semen.

TATA KERJA DAN PERCOBAAN

A. Alat Yang Dipergunakan.

1. Pengaduk
2. Tabung polietilen
3. Alat uji tekan Paul Weber
4. Timbangan sartorius
5. Tungku pemanas
6. Gelas beker dan alat gelas yang lain.
7. Furnace Thermoline Sybron

B. Bahan Yang Digunakan

1. Semen *portland* merk Nusantara
2. Aquades
3. Bentonit
4. Limbah Sr⁹⁰

C. Cara Kerja.

1. Perlakuan bentonit .

Bentonit yang diteliti ada dua macam, yaitu bentonit yang tidak diaktifkan (bentonit alam) dan bentonit yang diaktifkan dengan pemanasan. Pengaktifan bentonit dilakukan dengan pemanasan menggunakan oven pada suhu 450 °C selama 1 jam. Sebelum bentonit dipadatkan (baik bentonit yang diaktifkan atau yang tidak), terlebih dahulu dilakukan penjenuhan bentonit menggunakan larutan Sr(NO)₂. Penjenuhan dilakukan dengan cara merendam bentonit dalam larutan Sr(NO)₃ selama 1 minggu.

2. Penentuan pengaruh bentonit terhadap hasil sementasi.

Untuk mengetahui pengaruh bentonit terhadap hasil sementasi, dilakukan pembuatan adonan yang terdiri dari semen, air dan bentonit. Perbandingan air/semen yang digunakan diambil 0,4. Jumlah bentonit yang ditambahkan divariasi sedemikian rupa sehingga perbandingan berat semen terhadap bentonit sebesar 100:100, 100:20, 100:30, 100:40, 100:50, 100:60, 100:70, 100:80, 100:90, 100:100. Pembuatan adonan dilakukan dengan menuangkan semen, bentonit dan air ke dalam wadah yang dilanjutkan dengan pengadukan memakai pengaduk (*mixer*) sampai terbentuk adonan yang homogen. Adonan yang terjadi dimasukkan ke dalam tabung polietilen ukuran diameter ± 3 cm, tinggi ± 4 cm, dilanjutkan dengan pemeraman selama 28 hari. Blok monolit yang terjadi selanjutnya dilakukan uji tekan, uji

Tabel Hasil pengukuran berat jenis dan hasil uji kuat tekan blok monolit hasil sementasi limbah bentonit.

Perbandingan Bentonit/Semen	Berat Jenis Monoli gram/cm ³		Kuat Tekan Monolit N/mm ²	
	Bentonit Alam	Bentonit Aktif	Bentonit Alam	Bentonit Aktif
10 : 100	2,325	2,304	33,970	34,678
20 : 100	2,296	2,258	31,139	29,724
30 : 100	2,222	2,170	24,770	28,309
40 : 100	2,175	2,179	19,816	25,478
50 : 100	2,106	2,117	17,693	22,647
60 : 100	2,065	2,073	16,985	19,816
70 : 100	2,046	2,053	12,739	18,401
80 : 100	2,027	2,038	11,323	14,154
90 : 100	1,981	1,994	11,323	14,154
100 : 100	1,960	1,976	11,323	11,323

lindi dalam media air tawar dan air laut. Uji tekan dilakukan dengan alat tekan Paul Weber. Uji lindi dilakukan dengan cara merendam sampel dalam media lindi (air tawar & air laut), kemudian secara periodik media lindi dicuplik untuk dianalisa menggunakan alat cacah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran berat jenis dan hasil uji kuat tekan hasil sementasi limbah bentonit dapat dilihat pada tabel 1.

Hasil uji kuat tekan sementasi limbah bentonit baik untuk bentonit alam ataupun bentonit yang diaktifkan dengan pemanasan semuanya memenuhi syarat hasil proses sementasi. Persyaratan hasil proses sementasi minimum mempunyai kuat tekan sebesar 2,5 N/mm². Semakin besar perbandingan berat bentonit terhadap semen semakin rendah kuat tekan blok monolit yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena jumlah material yang diikat (bentonit) semakin banyak bila dibandingkan dengan material pengikat (semen), akibatnya semakin besar perbandingan bentonit terhadap semen semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan.

Sekarang jika diperhatikan dari hasil pengukuran berat jenis sementasi limbah bentonit baik untuk bentonit alam ataupun bentonit yang diaktifkan, ternyata semakin besar perbandingan berat bentonit terhadap semen semakin kecil berat jenis blok monolit yang terjadi. Hal ini disebabkan karena berat jenis bentonit lebih kecil bila dibanding semen, akibatnya jika bentonit

dicampur dengan semen dengan perbandingan bentonit yang semakin besar maka berat jenis yang terjadi semakin rendah.

Dari tabel 1. tersebut di atas, nampak adanya korelasi antara hasil pengukuran berat jenis dengan hasil uji kuat tekan. Hasil uji kuat tekan berbanding lurus dengan hasil pengukuran berat jenis. Selain itu, dari tabel 1. tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara sementasi limbah bentonit alam (tidak diaktifkan) dengan limbah bentonit yang diaktifkan dengan pemanasan. Dengan demikian pengaktifan bentonit dengan jalan pemanasan hanya akan menghilangkan molekul-molekul air yang terdapat dalam saluran-saluran struktur sehingga memperbesar luas bidang adsorpsi.

Hasil uji lindi sementasi limbah bentonit, baik untuk limbah bentonit alam ataupun limbah bentonit yang telah diaktifkan dapat dilihat pada tabel 2, tabel 3, tabel 4, tabel 5. Dari ke empat tabel tersebut, ternyata semua sampel dengan perbandingan bentonit/semen = 50 : 50 ke atas mengalami keretakan di hari ke 3 (baik untuk limbah bentonit alam ataupun limbah bentonit yang telah diaktif dalam media lindi air tawar dan air laut). Retaknya sampel dalam media lindi sangat tidak diperbolehkan dalam hasil sementasi limbah radioaktif. Hal ini akan mengakibatkan terlepasnya radionuklida ke lingkungan sehingga terjadi pencemaran lingkungan yang nantinya akan membahayakan keselamatan manusia dan lingkungannya. Retaknya blok monolit dalam uji lindi tersebut, kemungkinan disebabkan karena tidak mempunyai semen dalam mengimbangi

adanya pengembangan bentonit setelah menyerap air dalam media lindi. Bentonit yang mengembang setelah banyak menyerap air termasuk bentonit tipe Wyoming (tipe ini mempunyai perbandingan Na & Ca besar, posisi pertukaran ionnya terutama diduduki oleh ion-ion Sodium). Bentonit tipe yang lain, yaitu Sub Bentonit yang mempunyai sifat tidak mengembang bila menyerap air

(perbandingan Na & Ca rendah, posisi pertukaran ionnya terutama di duduki oleh ion Ca & Mg).

Dari ke empat tabel tersebut, besarnya laju lindi (baik untuk limbah bentonit alam ataupun limbah bentonit yang telah diaktif dalam media lindi air tawar dan air laut) tidak menunjukkan adanya beda yang bermakna. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya kemampuan bentonit dalam mengadsorpsi radionuklida.

Tabel 2. Hasil uji lindi sementasi limbah bentonit alam dalam media air tawar (tinggi sampel 4cm, diameter sampel = 3,5 cm, perbandingan air/semen = 0,4)

Perbandingan Bentonit/Semen	Laju lindi hari ke. ($\times 10^{-3}$ gram cm^{-2} hari $^{-1}$)						
	1	3	5	14	21	36	92
10 : 100	33,50	13,03	8,38	2,99	2,13	1,32	0,55
20 : 100	41,36	12,87	8,27	2,86	2,10	1,34	0,54
30 : 100	32,02	11,56	8,01	2,95	2,16	1,26	0,54
40 : 100	28,73	13,06	8,62	2,99	1,99	1,27	0,54
50 : 100	27,82	retak	retak	retak	retak	retak	retak
60 : 100	35,56	retak	retak	retak	retak	retak	retak
70 : 100	40,55	retak	retak	retak	retak	retak	retak
80 : 100	46,26	retak	retak	retak	retak	retak	retak
90 : 100	52,34	retak	retak	retak	retak	retak	retak
100 : 100	retak	retak	retak	retak	retak	retak	retak

Tabel 3. Hasil uji lindi sementasi limbah bentonit yang diaktifkan dalam media air tawar (tinggi sampel 4cm, diameter sampel = 3,5 cm, perbandingan air/semen = 0,4)

Perbandingan Bentonit/semen	Laju lindi hari ke. ($\times 10^{-3}$ gram cm^{-2} hari $^{-1}$)						
	1	3	5	14	21	36	92
10 : 100	30,52	10,17	6,66	2,68	1,85	1,19	0,47
20 : 100	33,04	11,93	7,43	2,75	1,84	1,19	0,49
30 : 100	31,91	11,08	6,91	2,56	1,84	1,14	0,49
40 : 100	34,43	12,36	7,94	2,84	1,95	1,18	0,49
50 : 100	31,81	retak	retak	retak	retak	retak	retak
60 : 100	33,18	retak	retak	retak	retak	retak	retak
70 : 100	36,84	retak	retak	retak	retak	retak	retak
80 : 100	39,63	retak	retak	retak	retak	retak	retak
90 : 100	42,11	retak	retak	retak	retak	retak	retak
100 : 100	44,50	retak	retak	retak	retak	retak	retak

Tabel 4. Hasil uji lindi sementasi limbah bentonit alam dalam media air laut (tinggi sampel 4cm, diameter sampel = 3,5 cm, perbandingan air/semen = 0,4)

Perbandingan Bentonit/Semen	Laju lindi hari ke.($\times 10^{-3}$ gram cm^{-2} hari $^{-1}$)						
	1	3	5	14	21	36	92
10 : 100	30,43	13,83	8,58	3,26	2,31	1,42	0,57
20 : 100	37,97	14,46	9,22	3,29	2,32	1,47	0,57
30 : 100	39,09	13,90	8,86	3,35	2,42	1,41	0,57
40 : 100	36,63	13,95	8,37	3,55	2,37	1,49	0,60
50 : 100	30,51	retak	retak	retak	retak	retak	retak
60 : 100	42,33	retak	retak	retak	retak	retak	retak
70 : 100	49,33	retak	retak	retak	retak	retak	retak
80 : 100	37,93	retak	retak	retak	retak	retak	retak
90 : 100	35,92	retak	retak	retak	retak	retak	retak
100 : 100	35,60	retak	retak	retak	retak	retak	retak

Tabel 5. Hasil uji lindi sementasi limbah bentonit yang diaktifkan dalam media air laut(tinggi sampel 4cm, diameter sampel = 3,5 cm, perbandingan air/semen = 0,4)

Perbandingan Bentonit/semen	Laju lindi hari ke.($\times 10^{-3}$ gram cm^{-2} hari $^{-1}$)						
	1	3	5	14	21	36	92
10 : 100	33,06	11,94	7,71	2,75	2,03	1,15	0,51
20 : 100	34,37	11,92	7,70	2,85	2,10	1,22	0,51
30 : 100	34,73	12,47	7,48	2,86	2,10	1,26	0,52
40 : 100	38,56	13,74	8,24	3,04	2,15	1,40	0,59
50 : 100	35,77	retak	retak	retak	retak	retak	retak
60 : 100	39,92	retak	retak	retak	retak	retak	retak
70 : 100	40,51	retak	retak	retak	retak	retak	retak
80 : 100	39,74	retak	retak	retak	retak	retak	retak
90 : 100	43,50	retak	retak	retak	retak	retak	retak
100 : 100	43,71	retak	retak	retak	retak	retak	retak

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan tersebut di atas dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Semen cukup baik digunakan untuk memadatkan limbah bentonit.
2. Hasil pemadatan limbah bentonit, besarnya kuat tekan berbanding lurus dengan dengan berat jenis blok monolit yang terjadi.
3. Hasil sementasi limbah bentonit tidak dipengaruhi oleh perlakuan bentonit (pemadatan bentonit alam ataupun pemadatan limbah bentonit yang telah diaktifkan menghasilkan kualitas yang sama).
4. Kemampuan semen dalam mengikat terjadi pada perbandingan berat bentonit terhadap semen maksimum sebesar 40 : 100. Pada kondisi ini blok monolit yang terjadi mempunyai berat jenis sebesar 2,177 gram/cm³, kuat tekan sebesar 22,6 N/mm², serta laju lindi setelah hari ke 90 sebesar

$5,7 \times 10^{-4}$ gram cm^{-2} hari $^{-1}$ pada media air tawar dan laut .

DAFTAR PUSTAKA

1. RONODIRJO, S., Diklat Kuliah Pengelolaan Sampah Radioaktif", Bagian Teknik Nuklir, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
2. KÖSTER, R., KRAEMER, R., "Treatment and Conditioning of Liquid and Intermediate Level Waste", Managements of Low and Intermediate Level Radioactive Waste, Proceeding of A Symposium Stockholm, IAEA, Veinna, 1989.
3. IAEA, "Opstion for The Treatments and Solidification of Organic Waste", Technical Reports Series No. 294, Veinna, 1989.

4. PRIATNA ANWAR, dkk., "Prospek Pemakaian Diatome, Bentonit dan Karbon Aktif Sebagai Penjernih Minyak Sawit", Laporan Teknik Pengembangan Dan Energi, Dirjen Pertambangan Umum, Pusat Pengembangan Teknologi Mineral, 1982.

TANYA JAWAB

Herry Poernomo

Saran:

- *Pengertian limbah bentonit sebaiknya ditulis dalam judul yang memberikan pengertian yang lebih informatif (misal limbah bentonit hasil pengolahan kimia...)*
- *Dalam abstrak, pengertian limbah bentonit supaya dijelaskan.*

Isman Mulyadi :

Terima kasih atas sarannya.

Sutrino:

- *Mohon dijelaskan dari mana limbah bentonit?*
- *Nuklida apa yang dipakai untuk tracer dalam penelitian*

Isman Mulyadi

- *Bentonit yang dipakai adalah bentonit yang diambil dari Salatiga, Jateng. Bentonit ini selanjutnya digunakan untuk menyerap 90SrNO_3 sebelum dipadatkan.*

Herlan Martono:

- *Apakah tidak ada kesukaran dalam pengadukan adonan semen? Bagaimana caranya dan kira-kira berapa viskositas adonan dapat diaduk?*

Isman Mulyadi

Dalam pengadukan praktis tidak ada kesukaran dalam pembuatan adonan. Pembuatan adonan dilakukan dengan cara memasukkan air, semen & bentonit ke dalam wadah (lihat cara kerja). Viskositas adonan yang terjadi kami tidak melakukan pengukuran, yang jelas pada kondisi perbandingan air/semen = 0,4 adalah kondisi yang dapat dikerjakan.