

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI PENGELOLAAN LIMBAH XIV

TEMA SEMINAR

Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif,
Handal, berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan
Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa



05 Oktober 2016

Gedung IASTH Universitas Indonesia
Salemba – Jakarta

Penyelenggara



UNIVERSITAS INDONESIA

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN
Dan
Program Studi Ilmu Lingkungan - UI

Diterbitkan Desember 2016

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas karunia-Nya Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dapat diterbitkan. Seminar ini terselenggara atas kerjasama antara Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN dengan Program Studi Ilmu Lingkungan – Universitas Indonesia. Seminar dengan tema “Pengembangan IPTEK Pengelolaan Limbah yang Inovatif, Handal, Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan Guna Meningkatkan Daya Saing Bangsa” telah dilaksanakan pada tanggal 5 Oktober 2016 di Gedung IASTH It.3 Universitas Indonesia, Salemba.

Seminar diselenggarakan sebagai media sosialisasi hasil penelitian dan pengembangan di bidang limbah radioaktif dan non radioaktif. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XIV dijadikan sebagai media tukar menukar informasi dan pengalaman, ajang diskusi ilmiah, peningkatan kemitraan di antara peneliti, akademisi, dan praktisi industri, mempertajam visi pembuat kebijakan dan pengambil keputusan, serta peningkatan kesadaran kolektif terhadap pentingnya pengelolaan limbah yang inovatif, handal, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Prosiding ini memuat karya tulis dari berbagai hasil penelitian mengenai pengelolaan limbah radioaktif, industri dan lingkungan. Makalah telah melalui proses evaluasi dari tim editor. Makalah dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu kelompok pengelolaan limbah, disposal, lingkungan, dan perundang-undangan. Makalah-makalah tersebut berasal dari para peneliti di lingkungan BATAN, BAPETEN dan BPPT serta dosen dan mahasiswa di lingkungan UI, UNDIP, dan UNS.

Semoga penerbitan prosiding ini dapat digunakan sebagai data sekunder dalam pengembangan penelitian dimasa akan datang, serta dijadikan bahan acuan dalam kegiatan pengelolaan limbah. Akhir kata kepada semua pihak yang telah membantu, kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, Desember 2016

Kepala
Pusat Teknologi Limbah Radioaktif
Badan Tenaga Nuklir Nasional

Ir. Suryantoro, MT

SUSUNAN TIM EDITOR

Ketua	:	Dr. Budi Setiawan	-	BATAN
Anggota	:	1. Dr. Sigit Santoso	-	BATAN
		2. Dr. Heny Suseno	-	BATAN
		3. Drs. Gunandjar, SU	-	BATAN
		4. Ir. Aisyah, MT	-	BATAN
		5. Dr. Djoko Hari Nugroho	-	BAPETEN
		6. Dr. Ir. Mohammad Hasroel Thayib, APU	-	UI
		7. Dr. Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, DEA	-	UI

SUSUNAN PANITIA

Pengarah	:	1. Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional	- BATAN
		2. Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan UI	- UI
Penanggung Jawab	:	Ir. Suryantoro, MT	- BATAN
Penyelenggara			
Ketua	:	Budiyono, ST	- BATAN
Wakil Ketua	:	Moch. Romli, S.ST, MKKK	- BATAN
Sekretaris	:	1. Enggartati Budhy Hendarti, A.Md	- BATAN
		2. Pricillia Azhani, STP., M.Si.	- UI
		3. Titik Sundari, A.Md	- BATAN
Anggota	:	1. Widya Handayani, SE	- BATAN
		2. Sugianto, ST	- BATAN
		3. Wezia Berkademi, SE, M.Si	- UI
		4. M. Nurhasim, S.ST	- BATAN
		5. Eri Iswayanti, A.Md	- BATAN
		6. Agustinus Muryama, ST	- BATAN
		7. Budi Arisanto, A.Md	- BATAN
		8. Azhar Firdaus, S.Sos.I, M.Si	- UI
		9. Risdiyana, A.Md	- BATAN
		10. Adi Wijayanto, ST	- BATAN
		11. Arifin Istavara, S.ST	- BATAN
		12. CH. Susiana Atmaja, A.Md	- BATAN
		13. Imam Sasmito	- BATAN
		14. Moh. Cecep Cepi H., S.ST	- UI
		15. Parjono, ST	- BATAN
		16. Siswanto	- BATAN
		17. Sariyadi	- BATAN
		18. Maulana	- BAPETEN
		19. Drs. Hendro	- BATAN
		20. Sunardi, ST	- BATAN
		21. Gatot Sumartono, ST	- BATAN
		22. Ir. Eko Madi Parmanto	- BATAN
		23. Alphana Fridia Cessna, ST., M.Si	- UI
		24. Rukiaty	- BATAN
		25. Ade Rustiadam, S.ST	- BATAN
		26. Ajrieh Setiawan, S.ST	- BATAN
		27. Suparno, A.Md	- BATAN
		28. Suhartono, A.Md	- BATAN

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Susunan Tim Editor	ii
Susunan Panitia	iii
Daftar Isi	iv
1 Pengembangan Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif Pra-Disposal : Imobilisasi Limbah Radioaktif Uranium Menggunakan Abu Batubara Sebagai Bahan Matriks <i>Synroc</i> .. Gunandjar dan Yuli Purwanto	1
2 Pengelolaan Limbah Cair Dengan Pendekatan Konsep Eko-Efisiensi: Analisis Hubungan Antara Penerapan Program <i>Cleaner Production</i> Di Area Produksi Dengan Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	14
Wahyu Wikandari, Roekmijati Widaningroem Soemantojo, Tri Edhi Budhi Soesilo	
3 Pengolahan Limbah <i>Methylen Blue</i> Secara Fotokatalisis Dengan TiO ₂ Dimodifikasi Fe Dan Zeolit	29
Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, Asep Nana S	
4. Kinerja Konsorsium Bakteri Dari Sungai Opak Yogyakarta Dalam Reduksi Nitrat Dengan Sumber Karbon Yang Berbeda	37
Hanies Ambarsari, Miswanto	
5. Pengelolaan Limbah Radioaktif Hasil Dekontaminasi Di Instalasi Produksi Radioisotop Paska Berhenti Operasi	45
Suhaedi Muhammad, Nazaroh, Rr.Djarwanti,RPS	
6. Pemanfaatan Limbah Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Pembantu Peledakan (ANFO) Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Kasus Pemanfaatan Limbah Oli Bekas di PT. JMB Group)	52
Danang Widiyanto	
7. Sistem Pemurnian Helium Pada Reaktor Daya Experimental (RDE) Tipe HTR-10.....	60
Aisyah, Yuli Purwanto	
8. Pengolahan Limbah Daun Jati Kering Dari Desa Leyangan, Ungaran Menjadi Pulp Kering Dengan Proses Soda	68
Linda Kusumaningrum, Heny Kusumayanti	
9 Pembuatan Zat Warna Alami Dari Buah Mangrove <i>Spesies Rhizophora Stylosa</i> Sebagai Pewarna Batik Ramah Lingkungan Dalam Skala Pilot Plan	76
Paryanto, Wusana Agung Wibowo, Moch Helmy Aditya	
10 Konsentrasi Faktor Pada Bioakumulasi Plutonium Oleh Siput Macan (<i>Babylonia Spirata L.</i>) Di Perairan Teluk Jakarta	82
Murdahayu Makmur , Muhammad Qowi Fikri, Defri Yona, Syarifah Hikmah JS	
11. Pengaruh Koefisien Distribusi ¹³⁷ Cs Pada Keselamatan Calon Tapak Fasilitas Disposasi Limbah Radioaktif	93
Budi Setiawan, Dadang Suganda	
12. Kajian Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Menggunakan Beberapa Adsorben	105
Mirawaty, Gustri Nurliati	

13	Studi Eksperimen Difusi Boron Dalam Bentonit Terkompaksi Dalam Kondisi Reduksi Oleh Fe	113
	Mas Udi, Noria Ohkubo	
14	Pengolahan Limbah Uranium Cair Dengan Resin Anion Amberlite IRA-400 Cl Dan Imobilisasi Resin Jenuh Menggunakan Polimer	118
	Dwi Luhur Ibnu Saputra, Wati, Nurhayati	
15	Studi Pemanfaatan Zeolit Sebagai Bahan Penopang Asam Oksalat Untuk Dekontaminasi Permukaan Aluminium	124
	Sutoto	
16	Karakteristik Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Sedang Reaktor Daya Eksperimental HTR-10	129
	Kuat Heriyanto	
17	Pengembangan Penerapan Sistem Pengawasan Dalam Rangka Pencegahan Masuknya <i>Scrap Metal</i> Terkontaminasi Zat Radioaktif ke Dalam Wilayah Hukum Republik Indonesia	136
	Nanang Triagung Edi Hermawan	
18	Pengawasan Zirkon Di Indonesia	145
	Moekhamad Alfiyan	
19	Polimorfisme XPD23 Pada Pekerja Radiasi Medik	151
	Wiwin Mailana, dan Yanti Lusiyantri	
20	Pengukuran Radiasi Dan Konsentrasi <i>Naturally Occuring Radioactive Materials</i> (NORM) Pada Lahan Calon Tapak PLTU Batubara Kramatwatu Serang Banten	155
	Sucipta, Risdiana S., Arimuladi SP.	
21	Perhitungan Jumlah Limbah Paska Dekomisioning Reaktor Triga Mark II Bandung	165
	Sutoto, Kuat Heriyanto, Mulyono Daryoko	
22	Fenomena Distribusi Radionuklida Kontaminan Pada Air Kanal Fasilitas KH-IPSB3 Pasca Perbaikan Filter <i>Skimer</i>	173
	Titik Sundari, Darmawan Aji, Arifin	
23	Difusi Radiocesium Oleh Tanah Urugan Sebagai Bahan Penutup Fasilitas Disposal Demo di Kawasan Nuklir Serpong : Karakterisasi <i>Dry Density</i> Tanah Permukaan di Lokasi Fasilitas Disposal Demo	179
	Nurul Efri Ekaningrum, Budi Setiawan	
24	Uji Integritas Kelongsong Bahan Bakar Nuklir Bekas Reaktor Dengan Metode Uji Cicip ..	186
	Dyah Sulistyani Rahayu, Darmawan Aji	
25	Verifikasi Penggunaan Library Origen 2.1 Untuk Perhitungan Inventori Teras Reaktor Tipe HTGR 10 MWth	194
	Anis Rohanda, Jupiter S. Pane, Amir Hamzah	
26	Penentuan Densitas Boron Karbida (B ₄ C) Menggunakan Autopiknometer Dan Secara Metrologi	199
	Torowati, Mu`nisatun, S., Yatno Dwi Agus	
27	Evaluasi Pengukuran Tingkat Kontaminasi Permukaan Material Terkontaminasi Untuk Tujuan Klierens (Studi Kasus : Limbah Pelat Logam Hasil Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Fosfat Pt. Petrokimia Gresik)	205
	Moch Romli, Mas'udi , Sugeng Purnomo, M. Nurhasyim, T. Sulistiyo H.N., Suhartono, Imam Sasmito, L. Kwin P	

28	Evaluasi Tahanan Pembumian Instalasi Penyalur Petir Pada Stasiun Meteorologi Kawasan Nuklir Serpong	212
	Adi Wijayanto, Arief Yuniarto, Budihari	
29	Evaluasi Pengendalian Dosis Radiasi Pada Kegiatan <i>Dismantling</i> Dan Pengondisian Zat Radioaktif Terbungkus Yang Tidak Digunakan	217
	Suhartono, Moch Romli, Arie Budianti, Adi Wijayanto, Mahmudin	
30	Penerimaan Dosis Radiasi Sebagai Indikator Keselamatan Dalam Proses Pengolahan Limbah Radioaktif Tahun 2015	224
	L.Kwin Pudjiastuti, Hendro, Suhartono, Arie Budianti	
31	Penerapan Nilai Batas Lepas Radioaktivitas ke Badan Air di Kawasan Nuklir Serpong ..	230
	Arif Yuniarto, Aepah Nurbiyanti, Ambar Winansi, Ritayanti	
32	Analisis Kegagalan Proses Pembangkit Uap Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif Cair	241
	Budiyono, Sugianto	
33	Jaminan Mutu Layanan Evaluasi Dosis Perorangan Dengan <i>TLD Barc</i> di PTKMR-Batan ..	250
	Nazaroh, Rofiq Syaifudin, Sri Subandini Lolaningrum, dan Nina Herlina	
34	Perancangan Sistem Kendali <i>VAC Off-Gas</i> Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif berbasis Programable Logic Control	260
	Sugianto, Budiyono, Arifin Istavara	
35	Uji Kelayakan Operasi Genset BRV20 RSG-Gas Setelah Dilakukan Perbaikan	268
	Teguh Sulisty	
36	Analisis Sistem Ventilasi Fasilitas Produksi 131I di PTRR-BATAN.....	278
	Mulyono, Hermanto, Sofyan Sori, Sriyono	
37	Aplikasi <i>Scada</i> Dengan Media Komunikasi Nirkabel 2.4 Ghz Untuk Pengendali Operasi Fasilitas Kanal Hubung Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (KHIPSB3)	283
	Parjono , Budiyono	
38	Pembuatan Dan Pengujian <i>Burner</i> Pada Tungku Peleburan Timbal Untuk Fabrikasi <i>Shielding</i> Sumber Radioaktif Bekas Terbungkus	292
	Arifin Istavara, Jonner Sitompul, Sugianto	
39	Aplikasi Reaktor Pada <i>Capacitor Bank</i> Sebagai Peredam Harmonik Catu Daya Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif	299
	Jonner Sitompul, Sugianto	

STUDI EKSPERIMEN DIFUSI BORON DALAM BENTONIT TERKOMPAKSI DALAM KONDISI REDUKSI OLEH FE

Mas Udi *, Noria Ohkubo**

*PTLR BATAN Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang 15310

**Department of Applied Quantum Physics and Nuclear Engineering, Graduate School of Engineering,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

Email : Masudi @batan.go.id

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMEN DIFUSI BORON DALAM BENTONIT TERKOMPAKSI DALAM KONDISI REDUKSI OLEH FE. Setelah kecelakaan pembangkit listrik tenaga nuklir Daiichi Fukushima tahun 2011, dihasilkan limbah radioaktif dan di sekitar area sistem disposal limbah radioaktif ditutupi dengan bentonit. Ada sejumlah besar boron dalam limbah, mungkin berdampak buruk pada lingkungan bila boron adalah untuk bermigrasi melalui bentonit. Di samping itu pada sistem vitrifikasi limbah radioaktif aktivitas tinggi, dimana limbah dikapsulasi dalam baja karbonoverpack kemudian didisposal dalam lingkungan bentonit di tanah dalam. Dalam periode tertentu, air tanah akan kontak dengan baja karbon, kandungan boron yang digunakan dalam gelas vitrifikasi ada kemungkinan bermigrasi melewati bentonit. Eksperimen elektromigrasi dilakukan untuk memahami perilaku difusi boron di bentonit. Sejumlah kecil solusi tracer (asam borat dan tetra-borate) secara merata dipipet pada salah satu ujung permukaan bentonit. Kupon baja karbon dirakit sebagai anoda kemudian dialiri potensial listrik. Setelah migrasi dan difusi dalam periode tertentu, spesimen bentonit diiris dengan ukuran 0,5 sampai 2 mm. Konsentrasi boron di setiap irisan dapat diukur dengan ICP-MS, Agilent, 7500C. Maka diperoleh koefisien difusi (D_a) dari boron dalam asam borat adalah $8.43 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$, dan asam tetraborat $1.61 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$.

Kata Kunci : Bentonit, Koefisien difusi, Elektromigrasi

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY ON BORON DIFFUSION IN COMPACTED BENTONITE UNDER REDUCING CONDITION WITH IRON. After the previous Fukushima-Daiichi power plant accident, it generated radioactive waste and around the radioactive waste will be given to disposal covered with bentonite. There is a large amount of boron in the waste, may have an impact on the environment that boron is to migrate through the bentonite. The other hand vitrified waste for high-level waste will be encapsulated into carbon steel overpack then disposed with bentonite in deep underground. After a long period of time elapsed, the fact that groundwater is in contact with the vitrified corrode carbon steel, boron that was used in the glass solidification it considered that there is a possibility to migrate through the bentonite. Electromigration experiment was doing for understand the diffusion behavior of boron in bentonite. Electromigration experiments have been carried out with source of iron. Iron supplied by anode corrosion of iron coupon. A small amount of tracer solution (boric acid and tetra-borate) was uniformly pipetted on an end surface of bentonite. The carbon steel coupon was assembled with water saturated bentonite as anode then supplied electric potential. After migration and diffusion period the bentonite specimen was sliced in the step of 0.5 to 2 mm. The concentration of boron in each slice can be measured with inductively couple plasma-mass spectrometry (ICP-MS; Agilent, 7500C). It was obtained apparent diffusion coefficient (D_a) of boron in boric acid is $8.43 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$, and tetraborate acid is $1.61 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$.

Keywords : bentonite, Diffusion coefficient, electromigration.

PENDAHULUAN

Bentonit telah dipilih sebagai bahan penyangga potensial dalam rencana disposal limbah radioaktif di banyak negara. Oleh karena itu, difusi ion radioaktif dalam bentonit sangat penting untuk kajian keselamatan pada sistem disposal limbah radioaktif [1]. Setelah kecelakaan pembangkit listrik nuklir Daiichi Fukushima tahun 2011 dihasilkan limbah radioaktif dalam jumlah yang besar. Upaya penanggulangan

terhadap bahaya radiasi dari limbah tersebut maka di sekitar area pembuangan limbah radioaktif ditutupi dengan bentonit. Bentonit berfungsi sebagai pengungkung limbah. Ada sejumlah besar boron dalam limbah tersebut yang dalam teras reaktor sering digunakan sebagai batang kendali karena efektif dalam menyerap neutron dan akan berdampak buruk pada lingkungan bila mampu bermigrasi melewati bentonit. Di samping itu pada sistem vitrifikasi limbah radioaktif aktivitas tinggi,

dimana limbah dikapsulasi dalam baja karbon overpack kemudian limbah didisposal dalam lingkungan bentonit. Pada kenyataan yang terjadi bahwa dalam periode tertentu air tanah akan mengalami kontak dengan baja karbon dan akan mengakibatkan korosi pada logam tersebut, boron yang digunakan dalam gelas vitrifikasi ada kemungkinan bermigrasi melalui bentonite. Oleh karena itu perlu diketahui fenomena migrasi boron di dalam bentonit dalam suasana pengaruh korosi logam. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui koefisien difusi boron di bentonit dalam kondisi reduksi Fe dan muatan ion boron dan profil Fe serta penetrasi konsentrasi natrium dalam spesimen bentonit.

METODOLOGI

Material

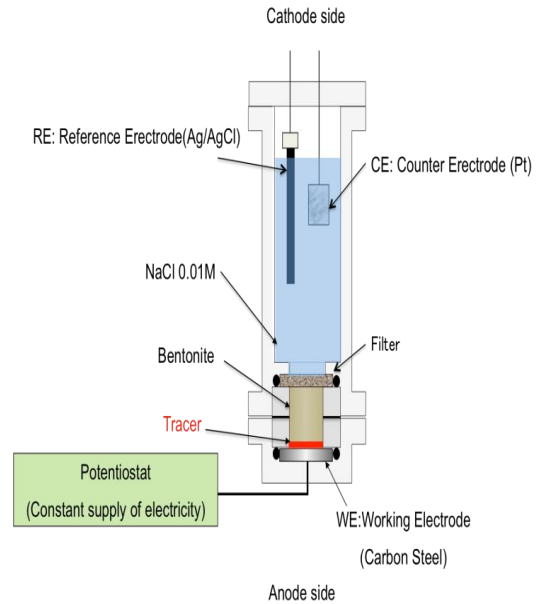
Na-bentonit khas Jepang, Kunifia F digunakan dalam percobaan ini. Bentonit tipe ini berisi sekitar 95% berat montmorillonite. bubuk bentonit telah dipadatkan dalam bentuk silinder dengan ukuran diameter 10 mm dan tinggi 10 mm dengan kepadatan kering 1,0 atau 1,2 kg/m³. bentonit dipadatkan dimasukkan dalam resin akrilik. Baja karbon SM 41B digunakan dalam penelitian ini [2]. Baja karbon dipotong menjadi kupon silinder 18 mm dan 3 mm tebal. Permukaan kupon basah dipoles dengan kertas amplas ukuran # 400, # 800, # 1200, dan # 2000

Percobaan elektromigrasi

Sejumlah kecil larutan tracer (asam borat (H₃BO₃) dan asam tetraborat (H₂B₄O₇)) itu dipipet secara merata pada salah satu ujung permukaan bentonit. Kupon baja karbon dipasang pada ujung bawah bentonit jenuh yang sudah direndam air. Atur elektroda yang diperlukan. Ada 3 jenis elektroda. elektroda kerja, elektroda referensi dan elektroda counter. Kupon baja karbon disambungkan ke potensiostat sebagai elektroda kerja dan digunakan potensial listrik dari -300 mV dan Ag / AgCl elektroda sebagai elektroda referensi dan dioperasikan selama 2 - 4 hari untuk difusi. Rangkaian elektrokimia dipasang seperti gambar 1.

Setelah proses elektrokimia dilakukan dalam waktu yang sudah ditetapkan, spesimen bentonit dipisahkan dari kolom dan dipotong menjadi irisan setebal 0,5-2 mm. Profil konsentrasi boron dalam bentonit ditentukan dengan menimbang berat setiap irisan yang sudah dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 4 jam. Setiap irisan yang sudah ditimbang kemudian dilarutkan

dalam larutan HNO₃ IM untuk proses ekstraksi boron yang ada di dalamnya. Setelah fase cair diekstraksi dengan proses sentrifugasi (6000 x 6 min, 3500g), pisahkan supernatan dan ekstraknya. Kemudian dilakukan analisis terhadap supernatant yang diambil dengan menggunakan ICP - MS (Agilent 7500C) untuk menentukan konsentrasi boron yang terkandung di setiap irisan bentonit. Profil konsentrasi Fe dan konsentrasi natrium yang melalui spesimen bentonit dapat diukur dengan AAS.



Gambar 1. Skema rangkaian peralatan elektromigrasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasar Persamaan Hukum Fick. Koefisien difusi (D_a) dapat dihasilkan dari koefisien garis dari grafik variasi konsentrasi (t, x) sebagai fungsi jarak, x. Dalam bentuk logaritma persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\ln C = -\frac{x^2}{4D_a t} + \ln \frac{M}{\sqrt{4D_a t}}$$

Maka dihasilkan D_a dari boron dalam asam borat adalah 8.43 x 10⁻¹¹ (m²/s), dan D_a boron dalam asam tetra borat adalah 1.61 x 10⁻¹¹ (m²/s), sebagaimana ditunjukkan dalam grafik di bawah ini:

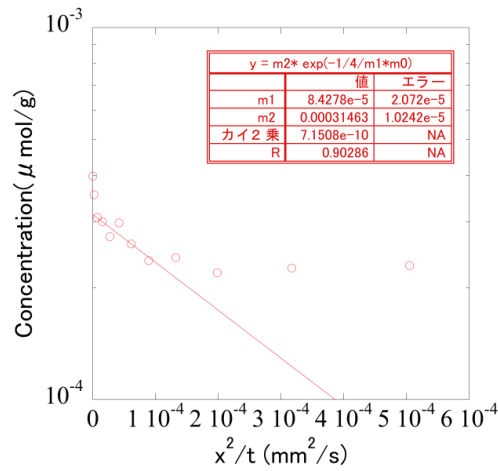


Fig. 2. Koefisien Difusi boron dalam H_3BO_3

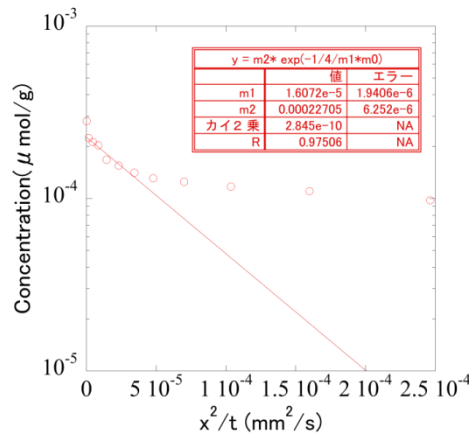


Fig. 3. Koefisien Difusi boron dalam $H_2B_4O_7$

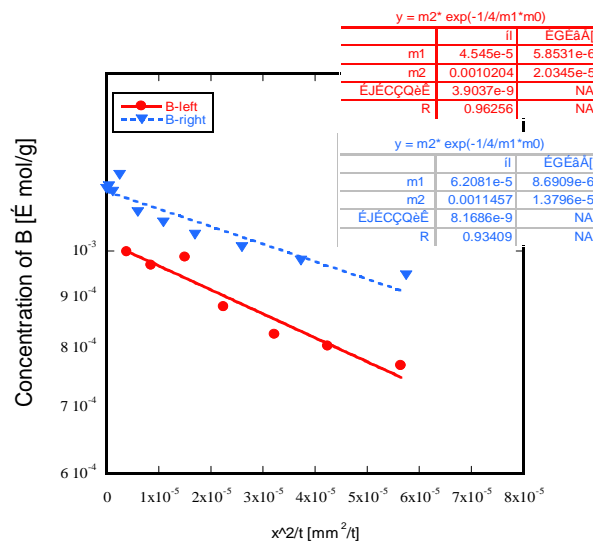


Fig. 4. Apparent diffusion coefficient of boron in boric acid from the 5 mm depth of the compacted bentonite

Jadi koefisien difusi boron di bentonite dalam bentuk senyawa boric acid (H_3BO_3), lebih tinggi dari pada dalam bentuk tetraborate acid ($H_2B_4O_7$).

Dalam percobaan ini juga dapat digunakan untuk menentukan muatan boron,

yaitu dengan cara meletakkan cuplikan boron ditengah-tengah bentonit. Potong bentonite menjadi dua bagian. Oleskan larutan perunut ditengahnya. Kemudian lakukan eksperimen elektromigrasi. Hasilnya dapat dilihat dari gambar dibawah ini:

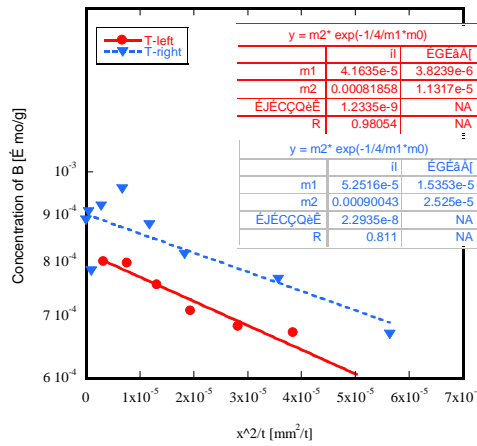


Fig.5 Apparent diffusion coefficient of boron in tetra borate from the 5 mm depth of the compacted bentonite

Maka akan dihasilkan D_a boron pada dua sisi bentonite, pada sisi kiri D_a boron pada larutan Asam borat adalah $4.545 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$, pada sisi kanan dihasilkan D_a adalah $6.208 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$. D_a boron di sisi kiri pada Tetra borat adalah

$4.164 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$ dan di sisi kanan D_a yang dihasilkan adalah $5.252 \times 10^{-11} \text{ (m}^2/\text{s)}$. Dari D_a yang dihasilkan menunjukkan boron bermigrasi ke arah sisi katoda karena pada keduanya D_a yang ke arah kanan lebih besar.

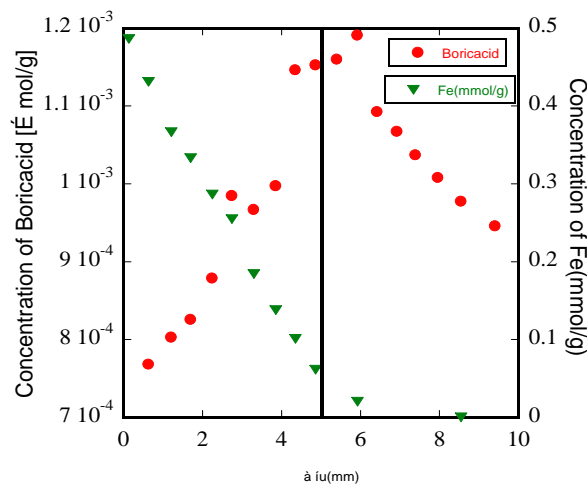


Fig. 6. Migration profile of boric acid from the 5 mm depth of the compacted bentonite

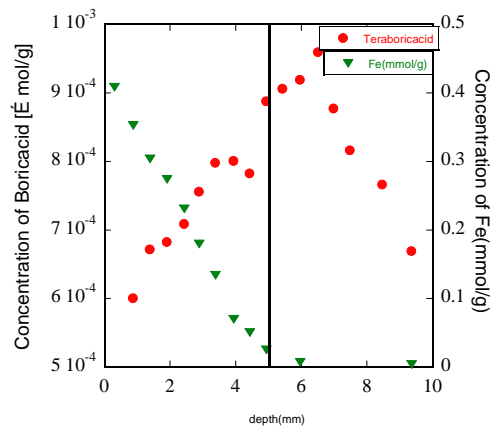


Fig.7 Migration profile of tetra borate from the 5 mm depth of the compacted bentonite

Gambar 6 dan 7 menggambarkan profil migrasi dari boron dalam bentonite, hasil dari keduanya menunjukkan fenomena yang sama, bahwa ada kecenderungan boron bergerak ke arah katoda. Tapi hasil ini belum mampu menunjukkan muatan dari boron karena ada beberapa keganjilan dari gambar yang ditampilkan. Oleh karena itu perlu dilakukan eksperimen lebih lanjut, dengan mengamati pengaruh beberapa parameter lainnya, seperti pengaruh suhu, densitas bentonite, dan pH larutan.

KESIMPULAN

Dari percobaan yang dilakukan dihasilkan:

1. Koefisien difusi boron dalam bentonite pada larutan Asam Borate adalah 8.43×10^{-11} (m^2/s), pada larutan tetra borat adalah 1.61×10^{-11} (m^2/s). Koefisien difusi boron di bentonite dalam bentuk senyawa boric acid (H_3BO_3), lebih tinggi dari pada dalam bentuk tetraborate acid ($\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$).

2. Dari D_a yang dihasilkan menunjukkan boron bermigrasi ke arah sisi katoda karena pada keduanya D_a yang ke arah kanan lebih besar. Tapi hasil ini belum mampu menunjukkan muatan dari boron karena ada beberapa keganjilan dari gambar yang ditampilkan. Perlu dilakukan eksperimen lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

1. K. Idemitsu, H. Kozaki, M. Yuhara, T. Arima, and Y. Inagaki, "Diffusion behavior of selenite in purified bentonite," *Prog. Nucl. Energy*, pp. 1–7, 2015.
2. "Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol. 67, No. 1, March 2007," vol. 67, no. 1, 2007.