



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA V  
"Kontribusi Kimia dan Pendidikan Kimia dalam  
Pembangunan Bangsa yang Berkarakter"  
Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS  
Surakarta, 6 April 2013



MAKALAH  
PENDAMPING

KIMIA ANORGANIK  
(Kode : C-05)

ISBN : 979363167-8

## PROSES REGENERASI *EXTRACELLULAR POLYMERIC SUBSTANCE* TERIMOBILISASI PADA KALSIMUM ALGINAT DENGAN LARUTAN NATRIUM KARBONAT

**Zainus Salimin<sup>1,\*</sup> dan Pungky Ayu Artiani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, BATAN, Tangerang Selatan, Indonesia

<sup>2</sup> Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, BATAN, Tangerang Selatan, Indonesia

\*Keperluan korespondensi, telp/fax : (021) 7563142 / (021) 7560927, email :  
zainus\_s@batan.go.id

### ABSTRAK

*Extracellular Polymeric Substance* (EPS) merupakan biomassa pengikat polutan kation dan anion, diperoleh dari bakteri melalui proses ekstraksi lumpur aktif. Penggunaan EPS terimobilisasi dalam suatu matriks sebagai biosorben lebih menguntungkan dari pada EPS terdispersi karena operasi sirkulasi kontinyu dalam reaktor kolom, pemisahan biomassa dari efluen cair, dan regenerasi biomassa dapat dengan mudah dilakukan. Penelitian penggunaan EPS terimobilisasi pada matriks kalsium alginat untuk penyisihan uranium dari limbah cair dan regenerasinya telah dilakukan. EPS hasil ekstraksi lumpur aktif industri makanan berkadar polisakarida 83,55 % dan protein 15 %, diimobilisasi pada kalsium alginat sehingga diperoleh 9,623 mg EPS per g biosorben EPS – kalsium alginat yang berdiameter 4-5 mm. Larutan uranium kadar 100mg/l (1260 Bq/l) dialirkan pada kolom adsorpsi berdiameter 0,95 cm dan tinggi 8 cm yang berisi 6,2 g biosorben. Pada pH 7 dan debit aliran 1 ml/menit diperoleh kapasitas penyerapan maksimum 881,84 mg U / g biosorben. Biosorben yang jenuh diregenerasi dengan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> melalui tahapan pengerjaan uji kerusakan fisik biosorben dan desorpsi uranium. Dalam larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,05 M pada pH 2, keadaan fisik biosorben tidak rusak, tetap utuh sesuai dengan diameter butir semula, sedangkan pada pH 5 dan 8 biosorben rusak, hancur dan terlarut kembali. Pada pH 2 polimer kalsium alginat berada dalam larutan dengan kelebihan H<sup>+</sup>, yang tidak dapat mengambil ion Ca<sup>2+</sup> sehingga tidak ada perubahan fisik biosorben. Proses regenerasi biosorben pada pH 2 dengan konsentrasi Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0,05 M menghasilkan presentase pengusiran UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> hanya sebesar 49%, karena ion uranil tersebut mempunyai berat ion relatif sangat besar yaitu 270, sehingga sulit terusir dari biosorben.

**Kata Kunci** : biosorbent, *Extracellular Polymeric Substance*, regenerasi

### PENDAHULUAN

Pengolahan limbah dengan khususnya bakteri adalah metode yang menggunakan mikroorganisme efektif untuk pengambilan elemen

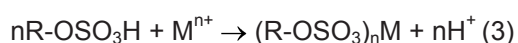
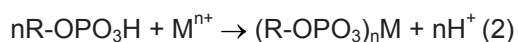
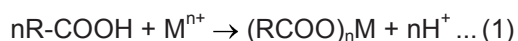
radionuklida dan logam berat dari limbah cair melalui mekanisme biosorpsi. Biomassa mempunyai kemampuan biosorpsi elemen-elemen tersebut karena mengandung *Extracellular Polymeric Substance* (EPS). *Extracellular Polymeric Substance* mempunyai komposisi yang kompleks yang terdiri dari polisakarida 40-90 % berat, protein 1-60 %, asam nukleat 1-10 %, lipida 1-10 %, dan sisanya polimer asam amino dan senyawa lain dari bakteri. *Extracellular Polymeric Substance* sebagai komponen biosorben mampu mengikat kation dan anion melalui proses adsorpsi, pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan ikatan hidrogen. Kemampuan tersebut dapat berlangsung karena EPS mengandung gugus fungsional karboksilat (-COOH), fosfat (-OPO<sub>3</sub>H), sulfat (-OSO<sub>3</sub>H dan -NHSO<sub>3</sub>H) dan lain-lain untuk pengikatan kation, dan hidroksil (-OH), aminokarboksilat [-H(NH<sub>2</sub>)COOH], dan lain-lain untuk pengikatan anion.

Polisakarida adalah senyawa yang berkomposisi selulosa, kitin, pati, glikogen dan karbohidrat. Karbohidrat terdiri dari monosakarida, maltosa, selobiosa, laktosa dan sukrosa. Konfigurasi atom karbon polisakarida mengandung gugus karboksil dan hidroksil. Gugus karboksil tersebut terdapat dalam bentuk asam: tartrat, aldonat, aldarot, uronat, glukoronat, gulonat, asetat, askorbat, dan sulfat

dalam bentuk -OSO<sub>3</sub>H dan -NHSO<sub>3</sub>H (pada struktur heparin). Polisakarida bentuk kitin mengandung gugus amina [3].

Asam nukleat adalah zat pengemban kode genetik dalam sistem kehidupan. Dua tipe utama asam nukleat ialah asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA). DNA adalah suatu polimer rantai panjang yang terdiri dari molekul deoksiribosa gula yang diikat menjadi satu oleh gugus-gugus fosfat. Hidrolisa dari DNA menimbulkan pecahan-pecahan kecil gula, asam dan ion fosfat. Struktur RNA serupa dengan struktur DNA yang merupakan sederet satuan gula (ribosa) yang tergabung bersama-sama oleh ikatan-ikatan fosfat. Hidrolisa RNA menghasilkan nukleotida, nukleosida, ion fosfat, dan akhirnya ribosa dan basa [3]. Protein adalah senyawa poliamida, dan hidrolisa protein menghasilkan asam-asam amino (ada 20 buah macam asam amino). Dalam struktur asam amino terdapat gugus amino dan gugus karboksilat [3].

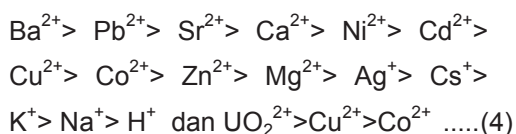
Pengikatan kation oleh EPS melalui penukaran ion dilakukan oleh gugus karboksil, fosfat, sulfat dan aminokarboksilat dengan reaksi berturut-turut sebagai berikut [6]:



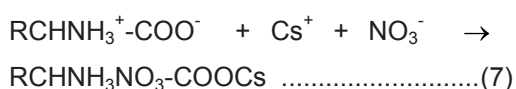
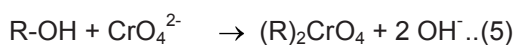
$M^{n+}$  adalah kation bermuatan positif n dengan nilai n satu atau 2.

Kation yang telah diikat oleh EPS dapat terusir dan diganti oleh kation lain yang mempunyai selektivitas yang lebih besar. Proses pertukaran ion cenderung lebih memilih terlebih dahulu ion dengan kondisi ion dengan valensi lebih tinggi, ion terlarut dengan volume kecil, ion dengan kemampuan berpolarisasi lebih besar, ion yang bereaksi kuat dengan tempat penukar ion dari padatan resin, dan ion yang paling sedikit bereaksi dengan ion lain untuk membentuk kompleks [5].

Pada penukar kation, deretan kation yang lebih ditarik adalah mengikuti urutan selektivitas sebagai berikut [5]:



Pengikatan kation dan anion oleh EPS dilakukan oleh gugus hidroksil dan gugus amina melalui reaksi sebagai berikut [6]:



Gugus amina dapat mengikat anion dan sekaligus kation sesuai reaksi 7. Pada penukar anion, deretan pilihan anion yang lebih ditarik mengikuti urutan selektivitas sebagai berikut [5]:  $\text{SO}_4^{2-} > \text{I}^- > \text{NO}_3^- > \text{CrO}_4^{2-} > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^-$ . Gugus-gugus hidroksil, amina, karboksil, fosfat dan sulfat dapat juga mengikat ion logam membentuk kompleks.

Lumpur aktif hasil pengolahan limbah secara biooksidasi dengan bakteri aerob mengandung jutaan koloni bakteri hidup dan mati. EPS dapat diekstraksi dari lumpur aktif tersebut melalui sentrifugasi. Lumpur aktif disaring untuk memperoleh *cake*, kemudian diresuspensi dengan aquades dan dipanasi selama beberapa menit. Larutan tersebut kemudian disentrifugasi pada rpm yang tinggi (9000 rpm) dan suhu yang rendah (4 °C) untuk pemisahan beningan dan partikel padatannya. Beningannya merupakan EPS yang mempunyai kemampuan biosorpsi logam berat dan unsur radioaktif dalam limbah [6]. EPS dapat digunakan secara langsung melalui proses EPS terdispersi dalam limbah cair atau EPS terimobilisasi dalam matriks sebagai padatan biosorben untuk operasi pengolahan secara kolom.

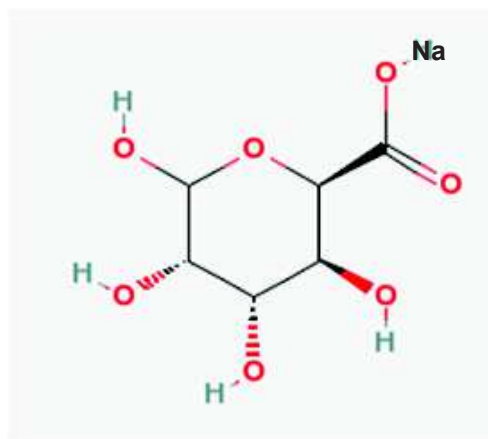
Penggunaan EPS terdispersi mempunyai kerugian antara lain ukuran partikel yang kecil dan kekuatan mekanik yang rendah, sedangkan nilai densitasnya yang berharga hampir sama dengan densitas efluen menimbulkan kesulitan pemisahannya. Penggunaan EPS terimobilisasi dalam suatu matriks lebih menguntungkan dibanding pada EPS terdispersi karena operasi pengolahan dapat dilakukan dalam reaktor *packed-tower* atau *fluidized-bed*, kapasitas pemuatan biomassa dalam kolom tinggi, pemisahan biomassa dan efluen cair

mudah dilakukan, resirkulasi mudah dilakukan dan operasi dapat dilakukan secara kontinyu. Biomassa yang telah diregenerasi mampu difungsikan untuk waktu yang lama sampai 5 kali sirkulasi biosorpsi-desorpsi, pada suhu operasi 2-45°C [2,6].

Kemampuan biosorben EPS dalam pengikatan logam berat dan radionuklida sangat menarik untuk diteliti guna pemanfaatan lumpur aktif hasil pengolahan limbah. Lumpur aktif tersebut biasanya hanya dibuang begitu saja, padahal mengandung EPS yang mempunyai sifat sorpsi, penukar ion, dan pembentuk kompleks yang sangat bagus terhadap kation dan anion. Dalam penelitian ini EPS diekstraksi dari lumpur aktif hasil pengolahan limbah industri makanan. EPS kemudian diimobilisasi dalam matriks kalsium alginat dan digunakan untuk biosorpsi uranium melalui operasi kolom. Biosorben EPS-kalsium alginat yang telah jenuh diregenerasi dengan larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> melalui tahapan pengerjaan uji kerusakan fisik biosorben dan desorpsi uranium.

Dalam industri, perdagangan alginat dikenal dalam bentuk asam alginat, merupakan senyawa kompleks yang termasuk karbohidrat koloidal hidrofilik hasil polimerisasi asam manuronat yang mempunyai rumus kimia (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>)<sub>n</sub> dengan harga n antara 80-83. Asam alginat tidak larut dalam air dan mengendap pada pH<3,5,

sedangkan garam alginat dapat larut dalam air dan mampu membentuk larutan yang stabil. Asam alginat alami dapat diperoleh dari ekstraksi alga coklat. Senyawa alginat yang banyak digunakan adalah natrium alginat. Struktur molekul natrium alginat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur molekul natrium alginat

Polimer alam seperti alginat, kitin, kitosan, dan turunan selulosa banyak digunakan untuk matriks imobilisasi sel mikroba atau EPS melalui teknik jebakan. Alginat adalah polimer alam yang dapat diubah menjadi gel hidro melalui reaksi silang dengan ion kalsium (Ca<sup>2+</sup>) melalui reaksi sebagai berikut :

$$2 \text{ Na alginat} + \text{Ca}^{++} \rightarrow \text{Ca (alginat)}_2 + 2 \text{Na}^+ \dots\dots\dots (8)$$

Penjebakan EPS pada gel hidro kalsium alginat dilakukan melalui pelarutan EPS dalam larutan natrium alginat, kemudian larutan tersebut dititrasi ke dalam larutan kalsium klorida. Gel hidro kalsium alginat yang

terbentuk dari titrasi tersebut mempunyai bentuk butiran telah berisi EPS dan dapat digunakan sebagai biosorben EPS-kalsium alginat.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari kertas saring pori besar Whatman 41, uranyl nitrat heksahidrat (UNH)  $[\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ , asam klorida (HCl), natrium hidroksida dan lumpur aktif hasil pengolahan limbah cair industri makanan PT. Unilever, kalsium klorida dan natrium alginat.

### Metode Penelitian

#### a. Pengambilan EPS Dari Lumpur Aktif Dengan Sentrifugasi

Lumpur aktif disaring menggunakan kertas saring pori besar, *cake* yang diperoleh dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kontaminan pengotor. *Cake* bersih diresuspensi kembali dengan akuades sebanyak lima kali volume *cake* sehingga diperoleh lumpur baru. Lumpur baru dipanasi pada suhu 80 °C selama 10 menit dan didinginkan kembali sampai suhu kamar. Lumpur tersebut kemudian disentrifugasi pada 9000 rpm selama 20 menit pada 4 °C. Beningan yang diperoleh dipisahkan, kemudian beningan disaring untuk menghilangkan sisa pengotor yang masih terikut sehingga diperoleh larutan EPS. Larutan EPS tersebut

disimpan dalam lemari pendingin. Larutan EPS dianalisis kadar berat kering, berat kering volatil, kandungan protein dan polisakarida.

#### b. Pembuatan Limbah Simulasi Uranium

Pembuatan limbah simulasi pada konsentrasi uranium 100 mg/L atau aktivitas uranium 1260 Bq/L dilakukan melalui pelarutan 0,19 g UNH dalam 1 liter aquades. Uranium dalam limbah cair mempunyai bentuk kation  $\text{UO}_2^{2+}$ .

#### c. Immobilisasi EPS Dalam Kalsium Alginat

##### • Pembuatan Kalsium Alginat

Larutan natrium alginat 3,75% berat ditetaskan kedalam larutan kalsium klorida 5% pada suhu 4-7 °C sambil diaduk terus menerus pada 400 rpm. Butiran kalsium alginat yang terbentuk difiltrasi dan dicuci dengan aquades 3 kali dan disimpan dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  2 % pada suhu 4 °C. Berat kering dari butiran kalsium alginat tersebut ditimbang.

##### • Pembentukan EPS-Kalsium Alginat

Larutan yang mengandung natrium alginat 3,75% dan EPS 1,25% dititrasi ke dalam larutan kalsium klorida 5% pada suhu 4-7 °C sambil diaduk pada 400 rpm selama 2 jam. Butiran EPS-Kalsium Alginat yang terbentuk disaring, kemudian dicuci dengan

aquades 3 kali. Butiran disimpan dalam larutan kalsium klorida 2% pada 4 °C. Berat kering dan diameter butiran EPS-Kalsium Alginat ditimbang. Berat kering EPS sama dengan berat kering EPS-kalsium alginat dikurangi berat kering kalsium alginat.

**d. Percobaan Adsorpsi untuk Mengetahui Kapasitas Serap Biosorben**

Larutan limbah simulasi uranium kadar 100 mg/l dengan ekuivalen aktivitas 1260 Bq/l pH 7 dialirkan pada laju alir 1 ml/menit ke dalam kolom adsorpsi berdiameter 0,95 cm, tinggi bed 8 cm yang berisi 6,2 g biosorben EPS-kalsium alginat. Cuplikan larutan yang telah diresirkulasikan melewati tumpukan biosorben diambil untuk waktu operasi 0, 30, 60, 120, 240, dan 360 menit, dan dianalisis kadar uraniumnya. Dibuat kurva hubungan waktu operasi terhadap jumlah uranium yang terserap pada debit 1 ml/menit dan pH 7 tersebut.

**e. Percobaan Regenerasi (Desorpsi)**

**• Pengerjaan Uji Kerusakan Fisik Biosorben**

Butiran biosorben EPS-Kalsium alginat yang sudah diketahui ukuran butirnya direndam dalam larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 dan 0,10 M pada pH berturut-turut 2,5 dan 8 selama 6 jam. Setelah perendaman, masing-masing

butir dilihat keutuhan fisiknya, dan diukur kembali diameter butirnya.

**• Uji Regenerasi Biosorben (Desorpsi Uranium)**

Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada konsentrasi molar dan pH tertentu yang memberikan hasil biosorben EPS-kalsium alginat tidak rusak, tetap utuh sesuai diameternya, diresirkulasi dengan laju 1 ml/menit selama 6 jam ke dalam kolom adsorpsi berdiameter 0,95 cm, tinggi bed 8 cm yang berisi 6,2 g biosorben EPS-kalsium alginat jenuh dengan uranium ( $\text{UO}_2^{2+}$ ). Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dianalisis kadar uraniumnya untuk menentukan presentase pengisiran uranium.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Larutan EPS hasil ekstraksi lumpur aktif mempunyai berat kering 2,7 g/l, sehingga berat 125 mg EPS sama dengan 46,3 ml EPS. Untuk memastikan bahwa beningan hasil sentrifugasi adalah EPS maka perlu dipastikan adanya kandungan polisakarida dan protein dalam beningan. Hasil analisis karakteristik fisika EPS adalah berat kering volatil 1,4 g/L. Hasil analisis kandungan protein dan karbohidrat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis komposisi EPS

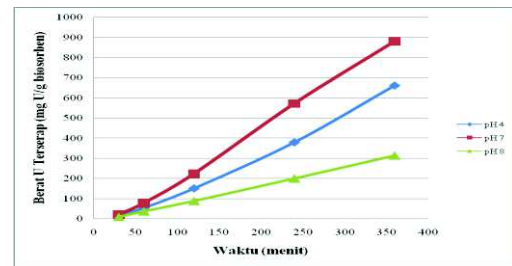
Jenis analisis	Hasil analisis		Metode analisis
	%	mg/g	
Protein	0,147	1,47	Kjeldahl
Karbohidrat	0,167	1,67	Titration

Pada Tabel 1 terlihat kandungan karbohidrat sebesar 0,1671% sehingga konsentrasi karbohidrat dalam EPS adalah 0,234 g/L (dari 0,167 x 1,4 g/L). Persen karbohidrat dalam EPS sebesar 16,71% (dari  $\frac{0,234}{1,4} \times 100\%$ ).

Polisakarida tidak hanya mengandung karbohidrat, bila dianggap kandungan polisakarida 5 x kadar karbohidratnya maka persen polisakarida dalam EPS sebesar 83,55%. Nilai tersebut sesuai dengan kadar polisakarida dalam EPS berdasar referensi sebesar 60-95%. Konsentrasi protein dalam EPS berharga 0,206 g/L (dari 0,147 x 1,4 g), maka persen protein dalam EPS sebesar 15% (dari  $\frac{0,206}{1,4} \times 100\%$ ). Nilai tersebut sesuai dengan persen protein dalam EPS berdasarkan referensi sebesar 1-60%. EPS hasil ekstraksi tersebut berarti mengandung gugus fungsional karboksilat, fosfat, sulfat, hidroksil dan aminokarboksilat.

Percobaan pembuatan matriks kalsium alginat menghasilkan kadar berat kering sebesar 24,023 mg/g, sedangkan pembuatan EPS - kalsium alginat memberikan kadar berat kering sebesar 33,64 mg/g. Berat kering EPS

termobilisasi adalah 9,623 mg/g. Pengoperasian kolom dengan adsorben EPS - kalsium alginat menghasilkan data hubungan waktu proses terhadap berat U terserap pada biosorben pada pH 7 laju alir 1 ml/detik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Penyerapan Uranium pada Debit 1 ml/menit

Kation  $UO_2^{2+}$  dan anak luruhnya akan terikat melalui biosorpsi dan pertukaran kation yang telah ada dalam EPS melalui reaksi-reaksi 1, 2, 3 dan 7. EPS berasal dari ekstraksi lumpur aktif limbah industri makanan, mengandung kation dari mineral makanan seperti  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{+2}$ , dan lain-lain. Kation tersebut dengan mudah diusir dan digantikan oleh ion  $UO_2^{2+}$  yang mempunyai selektifitas lebih besar sesuai urutan selektivitas pada persamaan 4.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, terlihat bahwa semakin lama waktu proses, berat uranium terserap pada biosorben semakin besar, karena waktu penggunaan adsorben semakin lama, hal itu menyebabkan uranium yang terikat dengan adsorben semakin banyak. Hal ini juga berarti EPS-



Kalsium alginat semakin lama semakin jenuh oleh uranium. Setelah operasi penyerapan dihentikan, EPS-Kalsium alginat yang jenuh dengan uranium tersebut diganti dengan EPS-Kalsium alginat yang baru, lalu kembali dioperasikan untuk menyerap uranium.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pH 7 memberikan kapasitas penyerapan ion  $UO_2^{2+}$  yang terbaik sebesar 881,84 mg U/g biosorben dibanding dengan pH 4 dan 8. pH 7 memberikan kondisi independensi ion  $UO_2^{2+}$  tanpa pengaruh luar untuk pertukaran ion dan diikat secara langsung oleh gugus fungsional kation dari EPS. Pada pH 7 reaksi-reaksi (1), (2), (3) dan (7) mempunyai gaya pendorong pertukaran ion yang paling besar dibanding pada pH 4 dan 8. Pada pH 4 terdapat kelebihan ion  $H^+$  dalam larutan sehingga gugus fungsional kation pada biomassa mengalami protonasi atau permukaan selnya tertutupi asosiasi  $H_3O^+$ . Hal tersebut menyebabkan akses ion  $UO_2^{2+}$  ke gugus fungsional terhalangi dan gaya pendorong pertukaran ion dari reaksi (1), (2), (3) dan (7) menurun. Pada pH 8 terdapat kelebihan ion  $OH^-$  dalam larutan, yang akan menarik dan melarutkan kembali ion  $UO_2^{2+}$  yang sudah terikat melalui reaksi-reaksi (1), (2), (3) dan (7). Ion  $OH^-$  juga akan masuk pada gugus fungsional muatan positif pada aminokarboksilat sehingga muatan negatifnya menjadi kuat,

namun penambahan pengikat ion  $UO_2^{2+}$  pada muatan negatif tersebut tidak signifikan. Hasil kapasitas penyerapan pada pH 4 sebesar 661,06 mg U/g biosorben masih lebih baik dari kapasitas penyerapan pada pH 8 yang mempunyai nilai 314,94 mg U/g biosorben, karena pada pH 4 masih terdapat gaya pendorong pertukaran ion dari reaksi (1), (2), (3) dan (7). Pada pH 8 ion  $UO_2^{2+}$  yang sudah terikat pada gugus fungsional justru menjadi lepas.

Tabel 2. Data Hasil Uji Kerusakan Fisik Butiran Biosorben EPS-Kalsium Alginat dalam Larutan Peregenerasi  $Na_2CO_3$

pH	$Na_2CO_3$ (M)	Diameter (mm)			
		Tahap I		Tahap II	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
2	0	4	0	-	-
	0,05	4	4	4	4
	1	4	0	-	-
5	0	4	0	-	-
	0,05	4	6	6	0
	1	4	0	-	-
8	0	4	0	-	-
	0,05	4	0	-	-
	1	4	0	-	-



Tabel 3. Data Proses Regenerasi Biosorben EPS-Kalsium Alginat dengan Larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M pada pH 2

Tahap Pengerjaan		mg U/g biosorben	Persen Regenerasi
Tahap I	Penjenuhan	881,84	46 %
	Regenerasi	476,20	
Tahap II	Penjenuhan	889,68	49 %
	Regenerasi	453,74	
Rata-rata			47,5 %

Data hasil uji kerusakan fisik butiran biosorben dalam larutan peregenerasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ditunjukkan pada Tabel 2, terlihat bahwa larutan 0,05 M dan pH 2 keadaan fisik butiran biosorben tidak mengalami kerusakan. Pada pH 2 konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,01 M, dan pH 5 dan 8 konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M dan 0,1 M butiran biosorben rusak, hancur dan terlarut kembali. Pada pH 2 dan konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M polimer kalsium alginat yang berstruktur molekul sesuai Gambar 1 berada dalam larutan dengan kelebihan  $\text{H}^+$ . Kondisi tersebut tidak dapat mengganggu dan mengambil ion  $\text{Ca}^{2+}$  sehingga tidak ada perubahan fisik butiran biosorben. Berdasarkan

hasil uji kerusakan fisik tersebut maka larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M pada pH 2 digunakan sebagai larutan peregenerasi biosorben EPS-Kalsium Alginat. Data hasil proses regenerasi (desorpsi uranium) biosorben EPS-kalsium alginat ditunjukkan pada Tabel 3, terlihat bahwa pada proses penjenuhan II nilai uranium yang terabsorpsi (889,68 mg U/g biosorben) berharga lebih besar daripada proses penjenuhan I (881,84 mg U/g biosorben). Hal tersebut dikarenakan EPS dalam biosorben adalah hasil ekstraksi lumpur aktif yang telah termuat kation yang terkandung dalam limbah awal, pada saat regenerasi tahap I kation tersebut ikut terusir bersama kation  $\text{UO}_2^{2+}$ . Nilai persen regenerasi tahap I berharga 46 %, nilai tersebut lebih kecil dari persen regenerasi tahap II yang berharga 49 %. Persen regenerasi biosorben EPS-kalsium alginat yang sesungguhnya adalah dari proses regenerasi tahap II, karena biosorbennya adalah biosorben segar hanya terisi ion  $\text{Na}^+$  dari proses regenerasi. Proses regenerasi biosorben EPS-kalsium alginat menggunakan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M dan pH 2 menghasilkan persen regenerasi hanya sebesar 49 %, karena ion  $\text{UO}_2^{2+}$  mempunyai berat ion relatif sangat besar yaitu 270 sehingga sulit terusir dari biosorben.

## KESIMPULAN

Kapasitas penyerapan  $\text{UO}_2^{2+}$  percobaan kontinu pada biosorben EPS-kalsium alginat 6,2 g pada kolom absorpsi dengan larutan uranium 100 mg/l, pH 7 dan debit 1 ml/menit adalah 881,84 mg/g. Pada pH 7 memberikan kondisi independensi ion  $\text{UO}_2^{2+}$  tanpa pengaruh faktor eksternal untuk diikat secara langsung oleh gugus fungsional bermuatan negatif dari EPS. Dalam larutan peregenerasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M pada pH 2 keadaan fisik butiran biosorben tidak rusak, tetap utuh sesuai diameternya semula. Pada larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,1 M dan pH 2, dan pH 5 dan 8 konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M dan 0,10 M biosorben rusak, hancur dan terlarut kembali. Pada pH 2 konsentrasi  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M polimer kalsium alginat berada dalam larutan dengan kelebihan  $\text{H}^+$ , yang tidak dapat mengambil  $\text{Ca}^{2+}$  dalam biosorben sehingga tidak ada perubahan fisik pada biosorben. Proses regenerasi biosorben dengan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,05 M dan pH 2 menghasilkan presentase regenerasi hanya sebesar 49 %, karena ion  $\text{UO}_2^{2+}$  mempunyai berat ion relatif sangat besar yaitu 270 sehingga sulit terusir dari biosorben.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] Bapeten, 1999, Surat Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir No. 02/Ka-Bapeten/V-99 tentang Baku Tingkat Radioaktivitas Di Lingkungan, Bapeten, Jakarta.
- [2] Fry, J.C et al, 1992, *Microbial Control of Pollution*, Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom.
- [3] Ralph J. Fessenden and Joan S. Fessenden, 1982, *Organic Chemistry, 2<sup>nd</sup> Edition*, Williard Grant Press/PWS Publisher, Massachuset, USA.
- [4] Tchobanoglous, G, et al, 2003, *Waste Water Engineering, Treatment and Reuse (Fourth Edition)*, Mc Graw-Hill Book Company: Singapore
- [5] Tom D. Reynold, 1982, *Unit Operation and Processes in Environmental Engineering*, PWS Publishing Company, Boston.
- [6] Yu Tian, 2008, Behavior of Bacterial Extracellular Polymeric Substance from Activated Sludge: A Review, *International Journal of Environment and Pollution*, Vol 32, No. 1, Interscience Enterprises Ltd, China.
- [7] Zainus Salimin, 1999, *Treatment Processes of Chemical Radioactive Liquid Waste in Serpong Nuclear Facilities*, Proceeding of the 7th International Conference on Radioactive Waste Management and Environmental Remediation, Nagoya, Japan.

**TANYA JAWAB**

**Nama Penanya** : Dian  
Nofiana

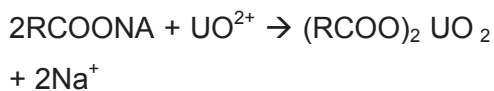
**Nama Pemakalah** : Zainus

**Pertanyaan** :

1. Bagaimana proses desorpsi/regenerasi EPS? Apakah sama dengan proses penukaran EPS termobilisasi Ca-aldinat?
2. Bagaimana  $\text{NaCO}_3$  dapat meregenerasi EPS yang sudah mengandung  $\text{UO}^{2+}$ ?

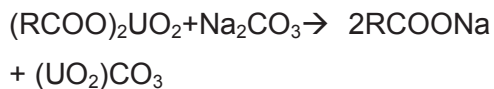
**Jawaban** :

Proses pertukaran ionnya



Selektifitas  $\text{UO}^{2+}$  sangat lebih besar dari selektifitas  $\text{Na}^+$  sehingga  $\text{Na}^+$  diusir  $\text{UO}^{2+}$

Proses regerasinya-



Ion  $\text{UO}^{2+}$  pada EPS tertarik  $\text{CO}_3^{-2}$  dalam larutan sehingga meninggalkan ion minus, yang kemudian diisi kembali oleh  $\text{Na}^+$