

KAJIAN SEKAT GERAK BAKTERIA BERPENYOKONG DALAM PENGAMBILAN SEMULA LOGAM Cu DAN Zn

ROSLINDAWATI HARON¹, ZAINUL AKMAR ZAKARIA² &
WAN AZLINA AHMAD³

Abstrak. Kajian pengambilan semula logam Zn dan Cu telah dilakukan menggunakan teknik sekat gerak dengan bakteria A dan P sebagai biopenjerap dan pasir terawat asid sebagai matrik penyokong. Hampir 99% bakteria A dan 100% bakteria P berjaya disekat gerak pada pasir. Nilai q_{maks} (Zn: 205.6 mg/g bagi bakteria A dan 58.2 mg/g bagi bakteria P, Cu: 23.2 mg/g bagi bakteria A, dan 13.3 mg/g bagi bakteria P) yang di peroleh menunjukkan bahawa pengambilan logam lebih baik pada pH 4.5. Pengeluisan Zn dan Cu yang dilakukan menggunakan 0.05M HNO₃ hanya berjaya mengeluarkan lebih kurang 40% Zn dan 30% Cu.

Kata kunci: Tersekat gerak, zink, kuprum, penyahjerapan, bakteria

Abstract. A study on the ability of immobilized bacteria A and P to enhance the recovery of Cu and Zn was carried out. Almost 99% of bacteria A and 100% of bacteria P were successfully immobilized on the sand. q_{max} values obtained for Cu and Zn was 23.2mg/g (bacteria A), 13.28mg/g (bacteria P) and 205.6mg/g (bacteria A), 58.2mg/g (bacteria P) respectively. From the desorption experiment, about 33% of Cu and 41% of Zn were recovered. In conclusion, the uptake of Cu and Zn was higher at pH 4.5, whilst HNO₃ (0.05M) was not a suitable eluting agent to release adsorped Cu and Zn.

Keywords: Immobilized, zink, copper, bacteria

1.0 PENGENALAN

Keperluan terhadap pengurusan sisa logam berat seperti Cu, Zn, dan Pb telah menarik minat ramai penyelidik untuk melakukan kajian terhadap pengambilan semula logam tersebut daripada sisa industri. Penggunaan kaedah konvensional seperti pertukaran ion, pemendakan secara kimia, pemisahan membran, dan penjerapan menggunakan karbon teraktif kurang sesuai digunakan bagi kepekatan ion logam dalam larutan sisa yang kurang daripada 100 ppm [1]. Oleh itu, satu kaedah alternatif telah dicadangkan untuk tujuan ini iaitu menggunakan teknik tersekat gerak. Teknik tersekat gerak ditakrifkan sebagai halangan pergerakan sel fasa cecair di dalam suatu sistem reaktor. Teknik ini dipilih kerana potensi guna semulanya, mudah untuk dijanakan kembali bagi kegunaan semula dalam kitar penjerapan-penyahjerapan, stabil secara mekanikal, dan memiliki ciri penjerapan yang baik [1]. Matrik yang digunakan juga tidak mahal

^{1, 2 & 3} Jabatan Kimia, Fakulti Sains, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Bahru, Johor Darul Ta'zim. Fax dan No. Tel.: 07-5504546. ³E-mail: azlina@kimia.fs.utm.my

dan menjimatkan kos. Selain itu, ia merupakan kaedah yang selamat kerana tidak melibatkan penggunaan bahan kimia. Walau bagaimanapun, teknik ini memerlukan pengendalian integriti sel yang mungkin berbeza ketelapan dan sesetengah teknik boleh memusnahkan sel kerana ketoksikannya [2]. Teknik ini boleh dilakukan dalam beberapa kaedah. Antaranya ialah penjerapan, pemerangkapan, sel teragregat, dan pasangan kovalen.

Dalam kajian ini, uji kaji pengambilan semula logam kuprum (Cu) dan zink (Zn) menggunakan bakteria A dan P tersekat gerak telah dilakukan. Larutan sisa sebenar industri (bijih sisa) dan larutan simulasi logam telah digunakan. Parameter seperti pH dan larutan pengelusi juga telah diambil kira.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

2.1 Bakteria

Bakteria A dan P yang digunakan telah diperoleh dari lombong emas tempatan [2]. Bakteria ini dikulturkan dalam medium gliserol-gliserofosfat. Medium yang mengandungi sel ini kemudiannya diempar pada 10 000 rpm, 0°C selama 5 minit. Pelet yang diperoleh ditentukan berat keringnya sebelum digunakan dalam kajian biopenjerapan (A, 4.475 mg/ml dan P, 4.850 mg/ml).

2.2 Pasir

Rawatan yang dilakukan terhadap pasir bertujuan untuk menyingkir kehadiran ion logam seperti Mg^{2+} , dan Ca^{2+} pada permukaan pasir yang boleh mengganggu proses penjerapan logam Cu serta Zn. Rawatan ini juga bertujuan untuk menjadikan permukaan pasir bercas positif sebagai tapak pelekapan bagi sel. Pasir direndam dalam HCl (2 M) selama 5-6 jam. Kemudian, pasir tadi ditapis menggunakan kertas membran (Whatman 114). Seterusnya pasir dibilas dengan air suling sehingga pH neutral diperoleh dan dikeringkan di dalam ketuhar semalaman pada suhu 60-70°C [3].

2.3 Bijih Sisa

Bijih sisa dicampurkan dengan 100 ml akua regia dan dipanaskan di atas plat pemanas pada 70°C hingga 80°C selama 90 minit. Ia dibiarkan sejuk pada suhu bilik selama 1 jam. Larutan kemudiannya dipindahkan ke dalam kelalang isi padu 250 ml dan isi padunya ditambah sehingga ke tanda senggatan dengan air suling ternyahion. Bahagian larutan yang akan dianalisis dilaraskan pHnya kepada 1.5 dan 4.5 menggunakan NaOH (3 M).

2.4 Sekat Gerak Sel Terhadap Pasir

Sel (1.0 mg), yang diampai dalam 50 ml air suling ternyahion dipam menggunakan pam peristaltik pada kadar alir 2 ml/min ke dalam turus yang telah dibilas untuk menyingkir keluar pasir halus yang mungkin mengganggu proses sekat gerak. Turus sekali lagi dibilas dengan air suling untuk menyingkir keluar sel yang tidak terjerap pada pasir. Sekat gerak dilakukan dalam dua kitar. Kepekatan sel diukur menggunakan alat spektrofotometer (SPECTRONIC 21D) pada panjang gelombang 600 nm. Jumlah sel yang tersekat gerak diperolehi daripada pengukuran ini.

2.5 Kajian Turus

Kajian turus dijalankan menggunakan turus yang mempunyai diameter dalaman 2.5 cm dan ketinggian lebih kurang 28-30 cm. Turus dibasuh dengan larutan HNO_3 (10% v/v). Parameter yang telah dioptimumkan terlebih dahulu [4] digunakan iaitu: kadar alir 2 ml/min, 1.0 mg kepekatan sel (bakteria A, 4.475 mg/ml dan bakteria P, 4.850 mg/ml), dan tinggi turus 25 cm. Kajian turus diselenggarakan selama 100 minit dan hasil cerapan dianalisis menggunakan Spektrometer Serapan Atom (Philips PU 9100X).

2.6 Kajian Penyahjerapan

Kajian penyahjerapan dilakukan menggunakan larutan 0.05 M HNO_3 (50 ml) untuk menyahjerap Zn dan Cu yang terjerap pada turus.

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Bakteria

Berdasarkan analisis yang dijalankan, sejumlah 0.998 mg (99.8%) bakteria A dan 1 mg (100%) bakteria P berjaya disekat gerak terhadap pasir yang digunakan. Ini menunjukkan kedudukan pasir sebagai matrik penyokong yang baik [3].

3.2 Pengambilan Cu oleh Bakteria A dan P

Jumlah pengambilan logam dikira mengikut persamaan berikut:

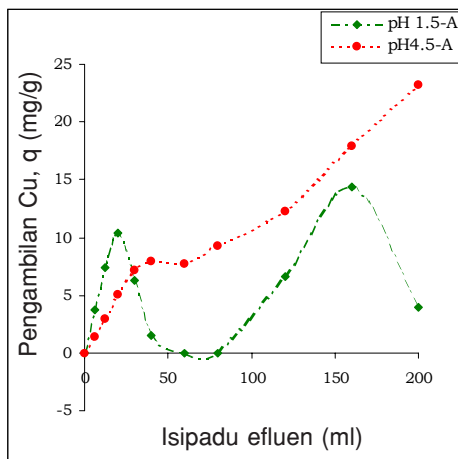
$$q = \frac{V \times (C_i - C_{eq})}{S} \quad (1)$$

dengan q (mg/g) ialah jumlah pengambilan logam daripada efluen, V (L) ialah isi padu efluen, C_{eq} (mg/L) ialah kepekatan ion logam dalam larutan pada keseimbangan, C_i (mg/L) ialah kepekatan awal ion logam dalam larutan dan S (g) ialah jisim sel.

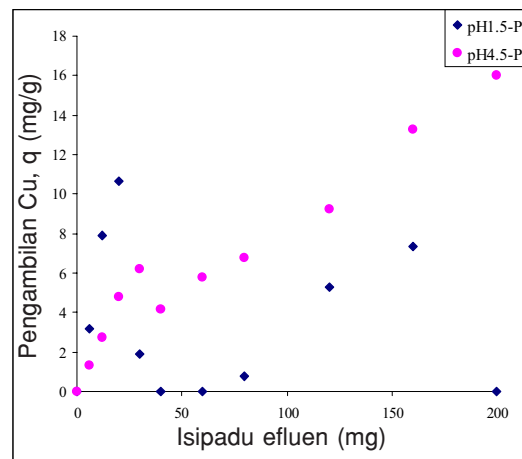
3.2.1 Pengambilan Cu-Bijih Sisa

Rajah 1(a) dan 1(b) menunjukkan profil pengambilan Cu bagi kedua-dua bakteria pada pH 1.5 yang tidak konsisten. q_{maks} masing-masing ialah 14.4 mg/g dan 10.7 mg/g. Pada pH 4.5 pula, pengambilan Cu meningkat sejajar dengan pertambahan isi padu efluen ($q_{maks} = 23.2$ mg/g bagi bakteria A dan 13.3 mg/g bagi bakteria P). Keadaan ini berkait rapat dengan pH. Secara umum, nilai pH mempengaruhi keadaan keseimbangan ion logam dalam larutan, kepekatan ion hidrogen, dan juga struktur kimia tapak penjerapan biojisim [5]. Sebagai contoh, pada keadaan berasid, kepekatan ion hidrogen tinggi dan ini memungkinkan berlakunya persaingan yang tinggi antara ion H^+ dengan ion Cu^{2+} untuk melekat pada tapak penjerapan sel.

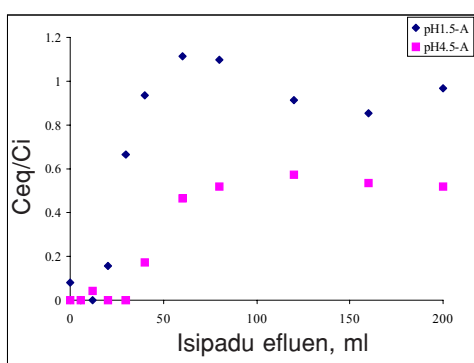
Rajah 1(c) dan Rajah (1d) pula menunjukkan profil bulus bagi logam Cu pada turus. Didapati pada pH 1.5, turus mencapai keadaan tepu sepenuhnya ($Ceq/Ci = 1.0$)



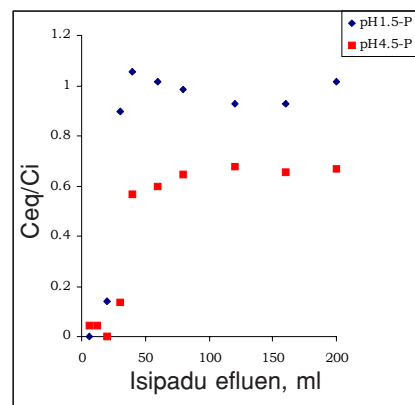
(a)



(b)



(c)



(d)

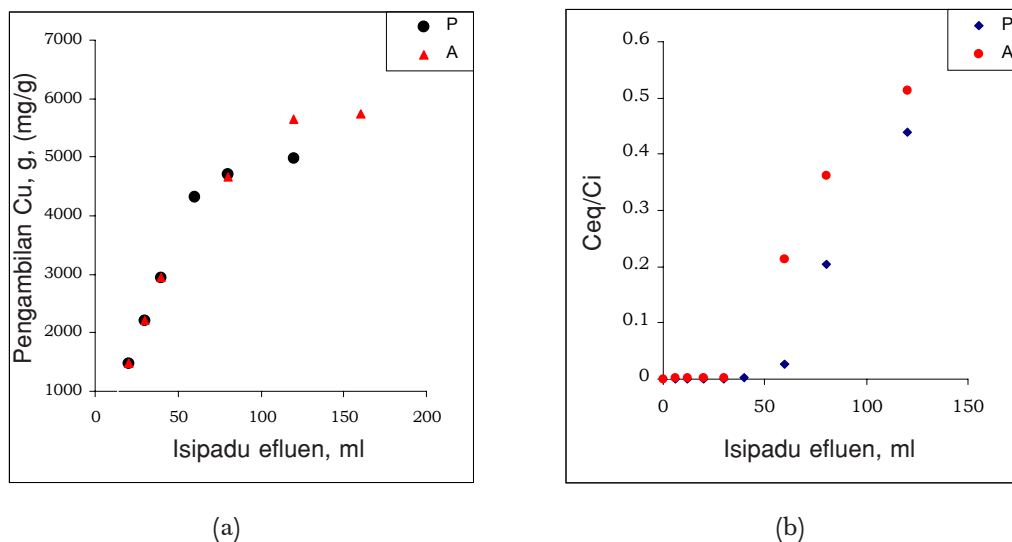
Rajah 1 Profil pengambilan Cu-bijih sisa oleh (a) bakteria A, (b) bakteria P, (c) bulus-Cu A, dan (d) bulus-Cu P

berbanding pH 4.5 yang menunjukkan C_{eq}/C_i sekitar 0.6 sahaja. Ini memberi gambaran bahawa pada pH 1.5, afiniti bakteria A terhadap Cu lebih kuat daripada bakteria P pada pH 4.5, tetapi hampir sama bagi pH 1.5. Pada pH 4.5, besar kemungkinan kumpulan COOH pada sel bakteria berada sebagai COO^- dan ini memudahkan penyerapan Cu^{2+} pada sel bakteria [6].

3.2.2 Pengambilan Cu-Simulasi

Hasil daripada uji kaji, pengambilan Cu-simulasi ditunjukkan dalam Rajah 2.

Berdasarkan Rajah 2(a), jumlah Cu yang terjerap didapati bertambah dengan pertambahan isipadu efluen dengan nilai q_{maks} 5745.6 mg/g bagi bakteria A dan 4796.4 mg/g bagi bakteria P. Perbandingan antara nilai q_{maks} Cu-bijih sisa dengan q_{maks} Cu-simulasi menunjukkan bahawa tanpa kehadiran ion logam lain, pengambilan Cu tinggi. Perkara ini berlaku kerana tiadanya persaingan oleh ion logam lain yang bercas sama untuk tapak penyerapan pada bakteria [7]. Rajah 2(b) pula menunjukkan kadar penepuan logam bakteria A lebih tinggi berbanding bakteria P. Walau bagaimanapun, kedua-dua bakteria tidak mencapai tahap ketepuan maksimum dengan nilai C_{eq}/C_i 0.51 dan 0.44 masing-masing bagi bakteria A dan P. Ini membolehkan Cu diambil dengan lebih banyak jika masa yang lebih diberi.



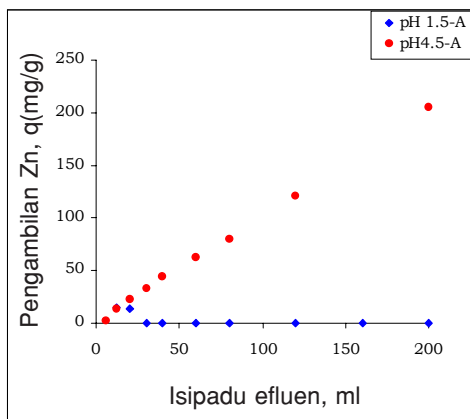
Rajah 2 Profil (a) Pengambilan Cu-simulasi oleh bakteria A dan P, (b) bulus logam Cu

3.3 Pengambilan Zn oleh Bakteria A dan P

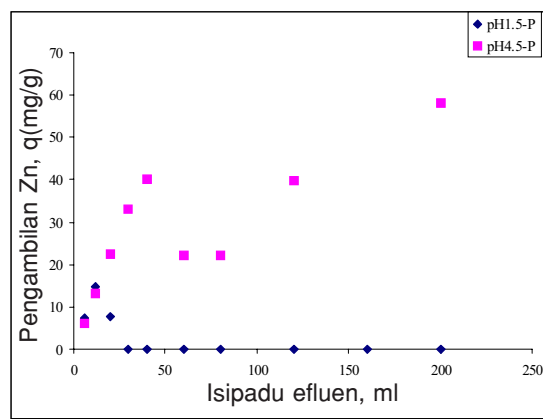
3.3.1 Pengambilan Zn-Bijih Sisa

Rajah 3 menunjukkan profil pengambilan logam Zn oleh bakteria A dan P.

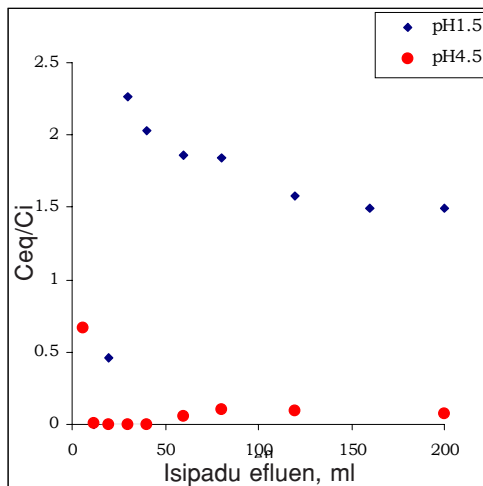
Merujuk kepada Rajah 3(a) dan 3(b), didapati jumlah pengambilan Zn meningkat dengan pertambahan isipadu efluen pada pH 4.5 dengan nilai q_{maks} 205.6 mg/g dan 58.2 mg/g, masing-masing bagi bakteria A dan P. Manakala nilai maksimum pengambilan Zn pada pH 1.5 pula lebih rendah iaitu 14.8 mg/g bagi kedua-dua bakteria A dan P. Perkara ini berlaku pada isipadu efluen yang kecil. Walau bagaimanapun,



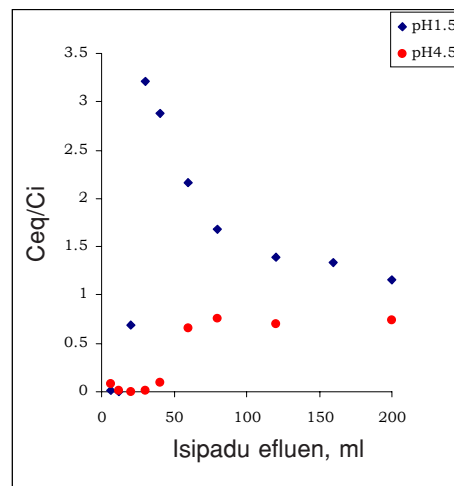
(a)



(b)



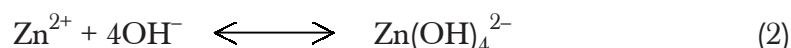
(c)



(d)

Rajah 3 Profil pengambilan Zn-bijih sisa oleh (a) bakteria A, (b) bakteria P, (c) bulus-Cu A, dan (d) bulus-Cu P

apabila isipadu efluen bertambah, tiada pengambilan Zn seterusnya dicerap. Ini menunjukkan bahawa pengambilan Zn daripada bijih sisa lebih berkesan pada pH 4.0 hingga 5.0, sesuai dengan laporan penyelidikan lain [8, 9]. Pada pH ini, interaksi elektrostatik antara ion Zn^{2+} yang bercas positif dengan cas negatif permukaan sel membolehkan Zn terikat pada sel. Walau bagaimanapun, jika pH yang digunakan terlalu tinggi, ion Zn^{2+} akan dimendakkan sebagai hidroksida zink (Persamaan 2).



Merujuk kepada Rajah 3(c) dan 3(d), terdapat perbezaan nilai C_{eq}/C_i yang ketara bagi pH 1.5, tetapi tidak bagi pH 4.5. Pada pH 4.5, bakteria P didapati hampir mencapai keadaan tepu tetapi tidak bagi bakteria A. Keadaan ini memungkinkan pengambilan logam Zn daripada isipadu efluen yang lebih besar bagi bakteria A.

Daripada profil bulus, didapati nilai C_{eq}/C_i bagi pH 1.5 lebih daripada 1.0. Keadaan ini dikatakan sebagai melampaui had ketepuan kepekatan. Lazimnya, apabila bulus bagi suatu turus telah lengkap, kepekatan ion logam yang keluar sebagai efluen akan sama dengan kepekatan awal ion logam dalam influen. Jika tiada penjerapan seterusnya berlaku, turus dikatakan tepu sepenuhnya. Keadaan ini berlaku kerana fenomenon pertukaran ion logam yang terdapat dalam influen dengan ion Zn. Sebagai contoh, ion Cd boleh menyingkirkan mana-mana ion logam Zn yang telah terjerap berdasarkan nilai afinitinya (relatif terhadap ion H^+) yang lebih tinggi terhadap tapak pelekatan bercas positif berbanding ion Zn. Pembebasan semula ion logam Zn ini akhirnya akan meningkatkan kepekatan Zn secara keseluruhan dalam efluen melebihi tahap kepekatan dalam influen [10].

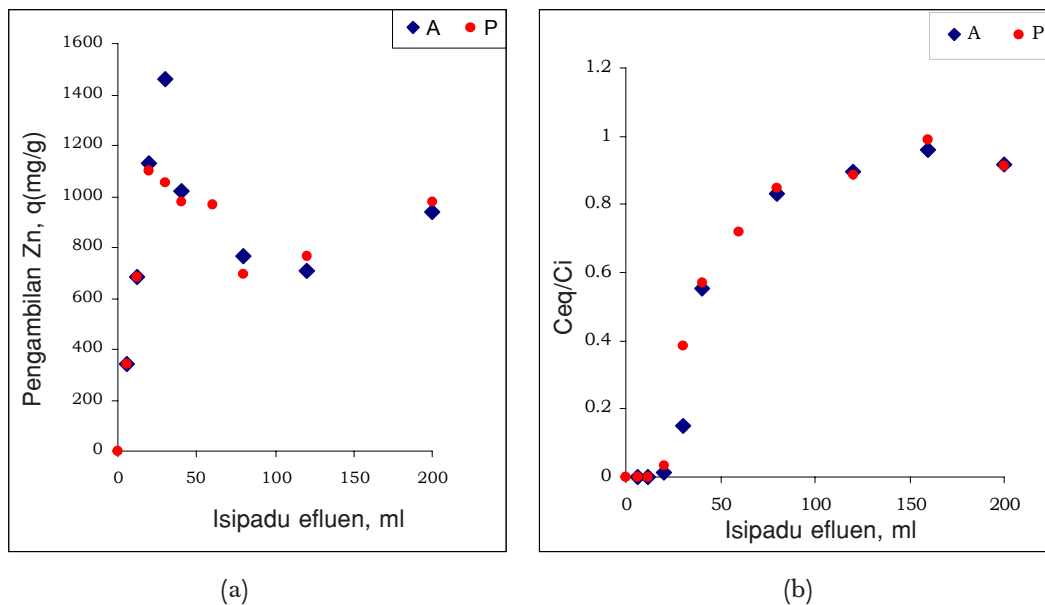
3.3.2 Pengambilan Zn-Simulasi

Rajah 4 menunjukkan profil pengambilan dan bulus bagi Zn-simulasi oleh bakteria A dan P.

Kedua-dua bakteria menunjukkan corak pengambilan Zn yang sama, dengan nilai q meningkat bila bertambahnya isipadu (Rajah 4(a)) tetapi menurun bila mencapai keadaan tepu (Rajah 4(b)). Nilai q_{maks} bakteria A lebih tinggi daripada nilai q_{maks} bagi bakteria P, dengan nilai masing-masing 1461.6 mg/g dan 1103.6 mg/g. Rajah 4(b) juga menunjukkan kedua-dua bakteria mempunyai afiniti terhadap ion logam Zn yang hampir sama. Daripada pemerhatian, boleh dikatakan bahawa profil pengambilan logam merupakan imej-cermin kepada profil lengkung bulus.

3.4 Kajian Penyahjerapan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, 0.05 M HNO_3 berjaya mengekstrak keluar lebih kurang 40% Zn dan 32% Cu daripada bijih sisa yang melekat di dalam turus. Zn-simulasi pula berjaya dikeluarkan sebanyak 98% dan 70% bagi Cu-simulasi.



Rajah 4 Profil (a) pengambilan Zn-simulasi oleh bakteria A dan P dan (b) bulus logam Zn

4.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhan, bakteria A dan P berupaya untuk mengambil semula ion-ion logam Zn dan Cu daripada larutan yang digunakan serta dapat disekat gerak dengan baik terhadap pasir. Penggunaan sistem turus juga baik dan boleh diaplikasikan bagi pengambilan atau penyingkiran logam lain. Walau bagaimanapun, penggunaan teknik ini tidak memberi kesan dalam menggalakkan pengambilan semula Cu dan Zn. Ini disebabkan oleh faktor pH yang kurang sesuai. Faktor turus seperti keporosan matrik perlu juga diambil kira. Penggunaan 0.05M HNO_3 sebagai agen penyahjerapan mungkin kurang sesuai berdasarkan peratus keberkesanan perolehan semula logam yang rendah bagi kedua-dua bakteria.

Penghargaan Penulis mengucapkan terima kasih kepada RMC (UTM), KST & AS atas bantuan kewangan (IRPA 72094) dan pihak lain yang terlibat.

RUJUKAN

- [1] Bog, H., M. Lale, dan A. R. Türker. 1999. Determination of Cu, Zn, and Cd in Water by FAAS After Preconcentration by Baker's Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Immobilized on Sepiolite. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*. 363: 224–230.
- [2] Abdullah, H., 2000. A Study on the Recovery of Gold from Mining Effluents by An Immobilised Bacterial Cell. *MSc Thesis*. Skudai: Universiti Teknologi Malaysia.
- [3] Heiskanen, K. dan L. Yao. 1989. Finely Ground Waste Rock as an Adsorption Material for Anionic Collectors. *Hydrometallurgy*. 407–409.

- [4] Ahmad, W. A dan Z. A. Zakaria. 2000. Enhanced Gold Uptake from Effluents of the Mining Industry by Sand-Immobilized Cells of *Thiobacillus ferrooxidans*, in Proceedings of the 12th National Biotechnology Seminar, UM and KST & AS, Malaysia. 80–84.
- [5] Ting, Y. P. dan G. Sun. 2000. Use of Polyvinyl Alcohol as a Cell Immobilization Matrix for Copper Biosorption by Yeast Cells. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 541–546.
- [6] Conn, E. R., P. K. Stumpf, G. Bruenig, dan R. H. Doi. 1995. *Basic Biochemistry*. terjemahan Rosiyah Abd. Latif dan Norhayati Md. Mokhtar. *Asas Biokimia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- [7] Puranik, R. dan K. M. Paknikar. 1999. Influence of Co-Cations on Biosorption of Lead and Zinc – A Comparative Evaluation in Binary and Multimetal Systems. *Bioresource Technology*. 70: 269–276.
- [8] Özer, D., A. Özer, dan G. Dursun. 2000. Investigation of Zinc (II) Adsorption on *Cladophora crispata* in a Two-Stage Reactor. *J. Chem Technol Biotechnol*. 75: 410–416.
- [9] Sog, Y., A. Kaya, dan T. Kutsal. 2000. Lead, Copper and Zinc Biosorption from Bicomponent Systems Modelled by Empirical Freundlich Isotherm. *Appl. Microbiol. Biotechnol*. 53: 338–341.
- [10] Kratochvil, D. dan B. Volesky. 1998. Biosorption of Cu from Ferruginous Wastewater by Algal Biomass. *Water Research*. 32: 2760–2768.