

PENYINGKIRAN WARNA DAN COD MENGGUNAKAN POLIALUMINUM KLORIDA (PAC) DALAM OLAHAN LARUT LESAPAN SEMI-AEROBIK : KAJIAN KES DI TAPAK PELUPUSAN PULAU BURUNG

Zawawi Daud¹, Hamidi Abdul Aziz², Mohd Nordin Adlan²

¹Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar

Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor

²Pusat Pengajian Kejuruteraan Awam, Kampus Kejuruteraan,
Universiti Sains Malaysia, 14300 Nibong Tebal, PENANG

Email : zawawi@uthm.edu.my

ABSTRAK: Kajian ini dijalankan untuk menyiasat keberkesanan olahan larut lesapan semi-aerobik selepas proses pra-penapisan menggunakan kaedah penggumpalan dan pengelompokan. Sampel larut lesapan yang digunakan di dalam kajian ini diambil dari Tapak Pelupusan Sampah Pulau Burung, Pulau Pinang, Malaysia. Keberkesanan pelbagai dos polialuminium klorida (PAC) dan aluminum sulfat (alum) sebagai bahan penggumpal akan dibandingkan menggunakan ujian jar. Sebelum rawatan penggumpalan dan pengelompokan, larut lesapan semi-aerobik ditapis menggunakan beberapa jenis media penapisan iaitu campuran batu kapur-zeolit (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) dan zeolit-butiran karbon teraktif (20 : 20 nisbah berasaskan isipadu) pada kadar penapisan 0.068 m³/m².hr. Hasil kajian menunjukkan gabungan pra-penapisan menggunakan campuran batu kapur-zeolit (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) diikuti proses penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 98% dan 70% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya masing-masing 96% dan 67% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum. Manakala gabungan pra-penapisan menggunakan campuran zeolit-butiran karbon teraktif (20 : 20 nisbah berasaskan isipadu) diikuti proses penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 99% dan 92% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya 98% dan 88% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum. Hasil kajian menunjukkan potensi besar di masa hadapan aplikasi tapisan diikuti penggumpalan dan pengelompokan dalam mengolah larut lesapan di Malaysia.

Katakunci - larut lesapan; batu kapur; zeolit; butiran karbon teraktif; penggumpalan-pengelompokan; polialuminium klorida

1. PENDAHULUAN

Larut lesapan merupakan cecair yang terhasil dari proses penguraian biokimia dan fizikal sisa pepejal (Bagchi, 1990). Ia mengandungi pelbagai bahan pencemar dalam kepekatan yang tinggi seperti bahan organik (karbon terbiorosot dan tidak biorosot), ammonia-nitrogen, logam berat dan garam bukan organik (Wang *et al.*, 2002). Kepekatan bahan pencemar ini adalah berbeza-beza bagi setiap tapak pelupusan di mana ia bergantung kepada jenis sisa, faktor hidrogeologi dan umur tapak pelupusan (Ehrig, 1984) yang mana ia berpotensi memberi kesan kepada kesihatan manusia melalui pencemaran air bumi atau air permukaan. Pencemaran air yang disebabkan oleh larut lesapan perlu dielak dengan segera. Maka, adalah wajar pengurusan larut lesapan dijadikan salah satu agenda utama dalam strategi perancangan untuk membangunkan sesebuah tapak pelupusan. Ini termasuk pengawalan terhadap penghasilan larut lesapan, kaedah olahan larut lesapan yang sofistikated dan kawalan larut lesapan yang akan dilepaskan ke persekitaran.

Beberapa olahan yang digunakan dalam teknologi olahan air sisa telah diguna pakai untuk memperbaiki kualiti larut lesapan. Olahan tersebut ialah olahan penguraian biologi aerobik dan anaerobik, pengoksidaan kimia, pemendakan kimia, penggumpalan dan pengelompokan, penyerapan dan penapisan membran (Zawawi et al., 2006a, 2006b, 2006c, 2007a, 2007b; Gulsen dan Turan, 2004; Amokrane, 1997; Trebout et al., 2001; Li et al., 1999; Marttinen et al., 2002; Rautenbach dan Mellis, 1994). Olahan biologi adalah efektif untuk larut lesapan baru yang mengandungi banyak asid lemak meruap tetapi kurang berkesan terhadap olahan larut lesapan matang (Amokrane, et al., 1997). Namun, kaedah fizikal-kimia amat sesuai bagi olahan larut lesapan yang mempunyai kandungan bahan organik yang rendah (Bagci, 1990). Oleh itu kombinasi olahan fizikal-kimia dan biologi adalah perlu bagi meningkatkan keberkesanan penyingkiran bahan pencemar (Trebouet et al., 2001; Kargi dan Pamukoglu, 2003; Chen, 1996).

Penggumpalan dan pengelompokan merupakan kaedah lazim yang digunakan dalam olahan air dan air sisa dan berupaya menyingkirkan bahan-bahan organik terlarut (Wang et al., 2002). Aluminium sulfat (alum), ferrous sulfat, ferik klorida dan ferik klorosulfat umumnya digunakan sebagai bahan penggumpal (Wang et al., 2002; Amokrane et al., 1997). Pelbagai kajian telah dilakukan menggunakan kaedah ini terhadap pelbagai jenis air, air sisa dan larut lesapan (Abdessemend, 2000; Ozkan, 2003; Tatsi et al., 2003; Amokrane, et.al., 1997; Trebout et al., 2001; Ntampou et al., 2005). Selain itu, beberapa kajian telah dijalankan bagi menentukan keberkesanan dan keupayaan bahan penjerapan dalam olahan air, air sisa dan larut lesapan. Di antara bahan penjerap yang biasa digunakan ialah batu kapur, zeolit, tanah gambut, butiran karbon teraktif, bentonit, sepiolit dan sebagainya (Azhar et al., 2007; Aziz et al., 2004; Rozic et al., 2000; Heavy, 2003; Balci and Dincel, 2000; Ruiz et al., 1997). Butiran karbon teraktif banyak digunakan sebagai bahan penjerap di mana ia dapat menyingkirkan COD dan ammonia sebanyak 50% hingga 70%. Namun demikian, keberkesanan olahan larut lesapan semi-aerobik selepas olahan pra-penapisan menggunakan kaedah penggumpalan dan pengelompokan adalah amat terhad. Objektif utama kajian ini adalah untuk menyiasat keberkesanan olahan larut lesapan semi-aerobik selepas olahan pra-penapisan menggunakan gabungan beberapa jenis media penapisan iaitu campuran batu kapur-zeolit) dan batu kapur-butiran karbon teraktif diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan menggunakan PAC dan alum sebagai bahan penggumpal serta polimer anionik sebagai bahan bantu penggumpal terhadap penyingkiran warna dan COD.

2. BAHAN DAN KAEDAH

Larut lesapan diambil dari Tapak Pelupusan Sampah Pulau Burung (PBLs), Nibong Tebal, Pulau Pinang yang direkabentuk menggunakan konsep sistem kitaran semi-aerobik. Media penapisan yang digunakan dalam kajian ini ialah batu kapur, zeolit dan butiran karbon teraktif (GAC). Kesemua media ini akan diayak bagi mendapatkan saiz partikel yang seragam di antara 2.36 – 4.75 mm. Seterusnya media akan dibasuh menggunakan air suling bagi membuang segala partikel-partikel kecil dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam. Olahan penapisan menggunakan gabungan beberapa jenis media penapisan iaitu campuran batu kapur-zeolit (15 : 25 nisbah berasaskan

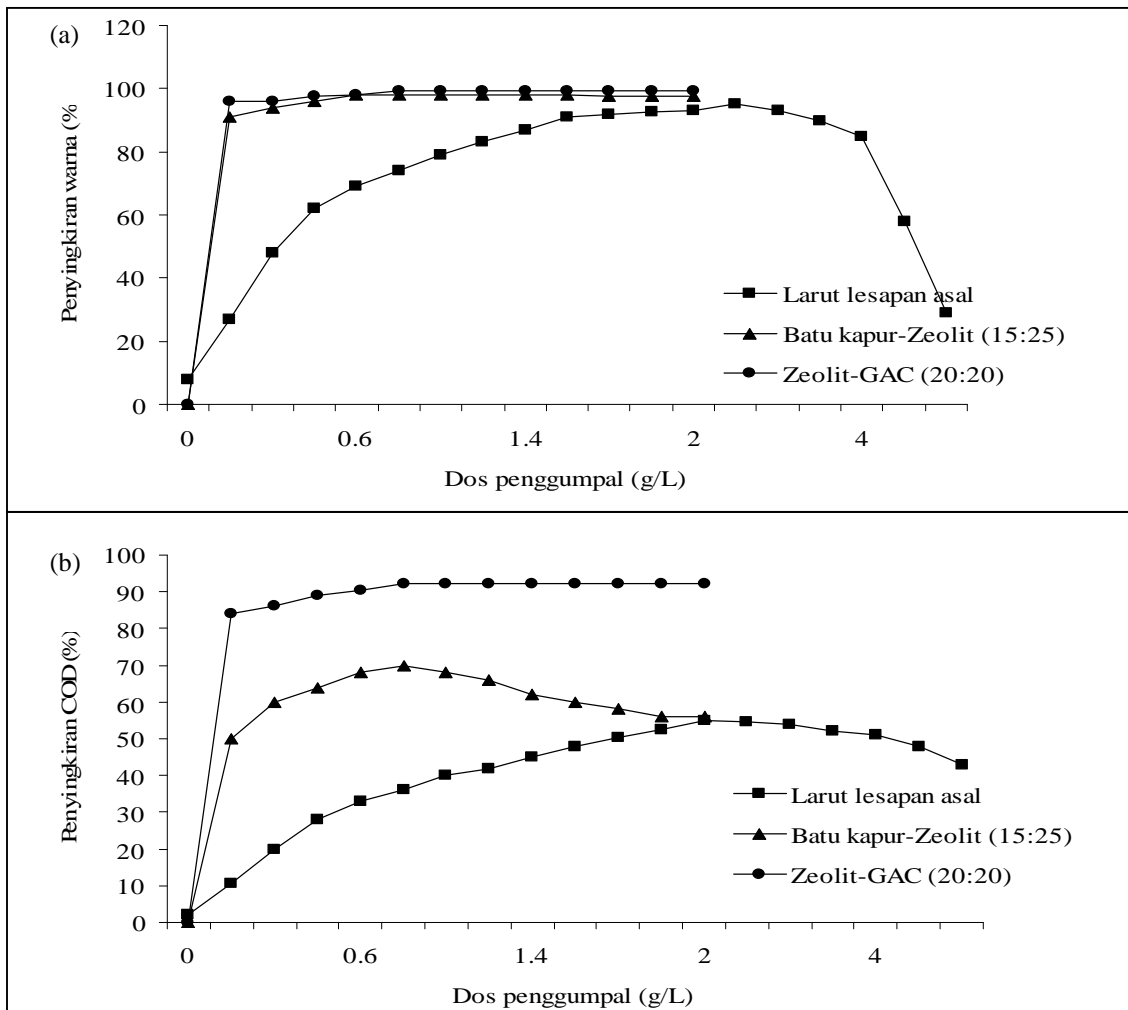
isipadu) dan zeolit-butiran karbon teraktif (20 : 20 nisbah berasaskan isipadu) dijalankan menggunakan turus berdiameter 150 mm dan 1 meter tinggi secara aliran menaik. Olahan penggumpalan dan pengelompokan, polialuminium klorida (PAC) dan aluminium sulfat (alum) digunakan sebagai bahan penggumpal dan polimer anionik (Floerger AN 934 SH) sebagai bahan bantu penggumpal. Ujian jar dijalankan menggunakan alat ujian jar (Jar Tester Model VELT Scientifica, JLT6) yang terdiri daripada enam pengayuh(24.5mm x 63.5mm). Sampel larut lesapan akan dikeluarkan dari peti sejuk dan dibiarkan selama 2 jam pada suhu bilik. 6 buah bikar 1 L akan disediakan dan 500 mL larut lesapan akan dimasukkan ke dalam setiap bikar tersebut. pH sampel akan dilaraskan menggunakan larutan NaOH and H₂SO₄. Ujian jar melalui tiga peringkat iaitu putaran cepat 150 rpm selama 1 minit diikuti putaran perlahan 20 rpm selama 20 minit. Seterusnya sampel akan dibiarkan enap selama 30 minit. Supernatant sampel akan diambil untuk analisis. Analisis sampel larut lesapan dibuat sebelum dan selepas olahan dijalankan. Semua kaedah eksperimen adalah berdasarkan Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1995). pH larut lesapan diukur menggunakan pH meter (Hach Sension 1). Warna diukur dengan kaedah platinum-Cobalt (PtCo) menggunakan DR2010 HACH Spectrophotometer. Larut lesapan perlu ditapis menggunakan kertas turas bukaan 0.45µm sebelum analisis warna dilakukan. Penentuan Keperluan Oksigen Kimia (COD) menggunakan kaedah kalorimetrik.

3. KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Larut lesapan diambil dari kolam takungan dan dianalisis untuk menentukan kepekatan awal bahan pencemar COD, pH, BOD₅, warna, pepejal terampai, NH₃-N and logam berat. Jadual 1 menunjukkan ciri-ciri larut lesapan semi-aerobik. Sebelum olahan penggumpalan dan pengelompokan, larut lesapan semi-aerobik ditapis menggunakan beberapa jenis media penapisan iaitu campuran batu kapur-zeolit (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) dan zeolit-butiran karbon teraktif (20 : 20 nisbah berasaskan isipadu) pada kadar penapisan 0.068 m³/m².jam selama 2 hari. Seterusnya keberkesanan pelbagai dos PAC (sehingga 2000 mg/L) dan alum (sehingga 6000 mg/L) sebagai bahan penggumpal dan 2 mg/L anionik sebagai bahan bantu penggumpal dibandingkan menggunakan ujian jar. Nilai pH sampel larut lesapan dilaraskan kepada pH 7. Rajah 1 menunjukkan gabungan pra-penapisan menggunakan campuran kapur-zeolit (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 98% dan 70% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya masing-masing 96% dan 67% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum (Rajah 2).

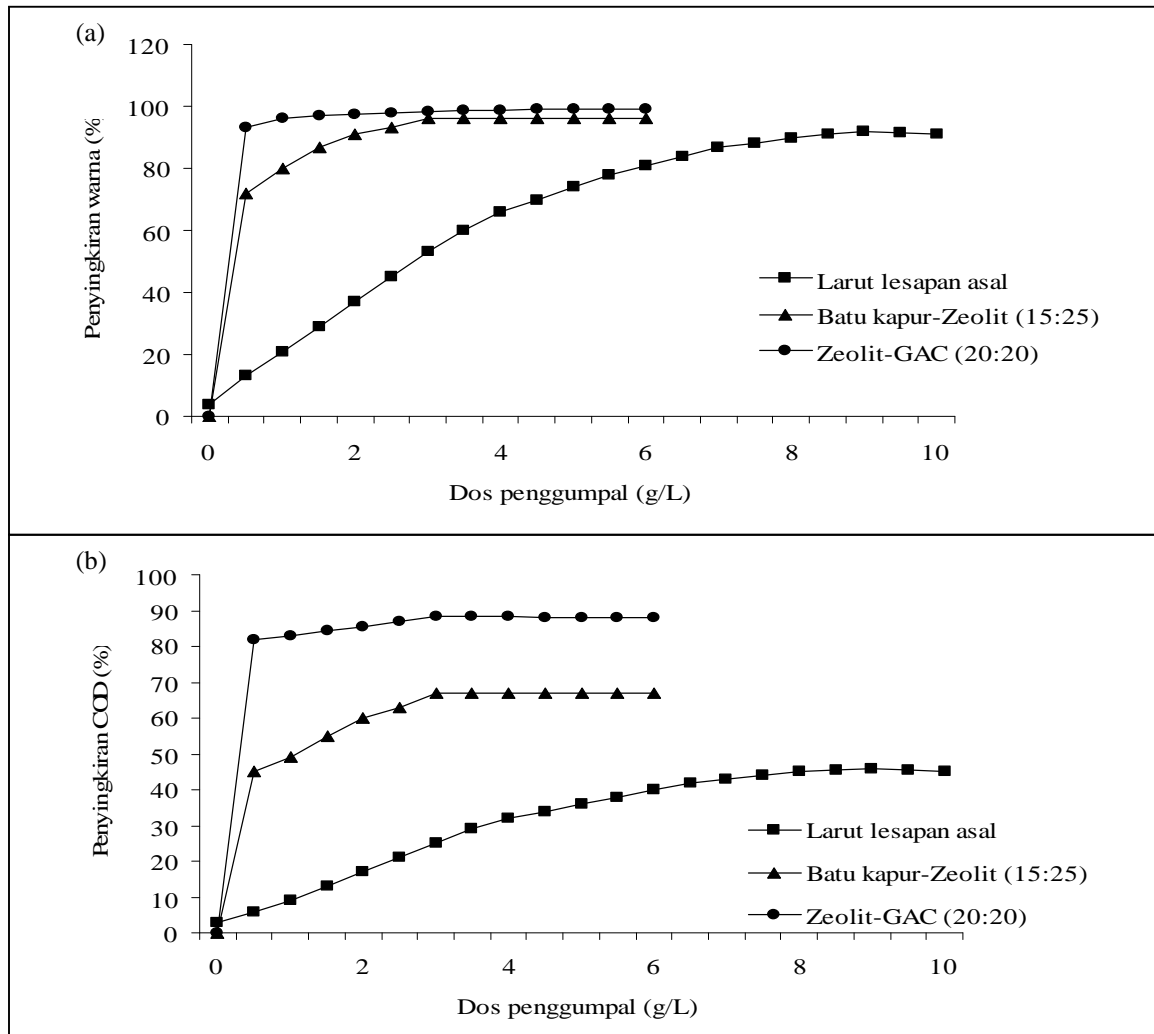
Jadual 1 : Ciri-ciri larut lesapan semi-aerobik dari Tapak Pelupusan Sampah Pulau Burung (PBLs)(January 2005-Disember 2006)

Parameter	Minimum	Maximum	Average
BOD ₅ (mg/L)	70	100	85
COD (mg/L)	1950	2480	2120
pH	8.15	8.5	8.25
SS (mg/L)	165	225	185
Ammonia (mg/L)	1150	1280	1189
Warna (Pt.Co)	3200	3420	3310
Kekeruhan (NTU)	100	160	125
Zink (mg/L)	0.05	0.15	0.1
Mangan (mg/L)	14	16	15
Besi (mg/L)	18	22	20
Tembaga (mg/L)	3.5	5.3	4.4
Kromium (VI)(mg/L)	0.5	0.7	0.6



Rajah 1 : Graf penyingkiran (a) warna dan (b) COD melawan dos PAC untuk media penapisan yang berbeza pada pH 7.

Manakala gabungan pra-penapisan menggunakan campuran batu kapur-butiran karbon teraktif (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan (Rajah 2) berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 99% dan 92% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya 98% dan 88% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum (Rajah 3). Dalam rajah yang sama, olahan penggumpalan dan pengelompokan (tanpa pra-penapisan) menggunakan PAC hanya berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 93% dan 55% penyingkiran pada dos optimum 2000 mg/L berbanding hanya masing-masing 92% dan 46% penyingkiran pada dos optimum 9000 mg/L alum.



Rajah 2 : Graf penyingkiran (a) warna dan (b) COD melawan dos alum untuk media penapisan yang berbeza pada pH 7

4. KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, olahan larut lesapan semi-aerobik selepas olahan pra-penapisan menggunakan gabungan beberapa jenis media penapisan iaitu campuran batu kapur-zeolit

(15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) dan batu zeolit-butiran karbon teraktif (15 : 25 nisbah berasaskan isipadu) diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD dengan amat berkesan. Gabungan pra-penapisan menggunakan campuran kapur-zeolit diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 98% dan 70% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya masing-masing 96% dan 67% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum. Manakala gabungan pra-penapisan menggunakan campuran zeolit-butiran karbon teraktif diikuti olahan penggumpalan dan pengelompokan berupaya menyingkirkan warna dan COD masing-masing sebanyak 99% dan 92% pada dos optimum 800 mg/L PAC berbanding hanya 98% dan 88% penyingkiran pada dos optimum 3000 mg/L alum. Hasil kajian menunjukkan potensi besar di masa hadapan aplikasi tapisan diikuti penggumpalan dan pengelompokan dalam mengolah larut lesapan di Malaysia.

5. PENGHARGAAN

Penulis merakamkan penghargaan kepada Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi Malaysia kerana membiayai kajian ini melalui geran penyelidikan IRPA. Penulis juga ingin merakamkan penghargaan kepada Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Universiti Sains Malaysia, Majlis Perbandaran Seberang Perai, Pulau Pinang dan kontraktor Idaman Bersih Sdn. Bhd. yang banyak memberikan kerjasama sepanjang kajian ini dijalankan.

6. RUJUKAN

Abdessement, D., Nezzal, G. dan Aim, R.B., (2000). 'Coagulation-adsorption-ultrafiltration for wastewater treatment and reuse', *Desalination*, 131, pp. 307-314.

Amokrane, A., Comel, C. dan Veron, J. (1997), 'Landfill leachates pre-treatment by coagulation flocculation', *Water Research*, 31 (11), pp. 2775-2782.

APHA., AWWA., WPCF., (1995), '*Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*'. 19th Edition, American Public Health Association, Washington.

Azhar Abdul Halim, Hamidi Abdul Aziz, ZAwawi Daud, M. Azmi M. Johari, Kamar Shah Ariffin (2007). 'Olahan ammonia dan COD dalam larut lesapan semi-aerobik menggunakan karbon teraktif, zeolit dan media komposit: Satu kajian perbandingan'. Prosiding Persidangan Kebangsaan Kejuruteraan Awam (AWAM'07), 28-31 Mei, Langkawi, Malaysia.

Aziz, H.A., Yusoff, M.S., Adlan, M.N., Adnan, N.H. dan Alias, S. (2004), 'Physico-chemical removal of iron from semi-aerobic landfill leachate by limestone filter', *Waste Management, Volume 24, Issue 4, 2004*, pp. 353-358.

- Bagchi A. (1990) Design, Construction and Monitoring of Sanitary Landfill, Wiley-International Publication.
- Balci, S. dan Dincel, Y. (2000). 'Ammonium ion adsorption with sepiolite: use of transient uptake method'. *Chemical Engineering and Processing*, 41, 79-81.
- Chen, P.H. (1996). 'Assessment of leachates from sanitary landfills: impact of age, rainfall and treatment. *Environment International*, Vol. 22, No. 2, pp. 225-237.
- Ehrig, H.J. (1984). 'Anaerobic degradation of municipal solid waste-laboratory scale tests. *Global Convers*, 121-152.
- Gulsen, H. dan Turan, M. (2004), 'Anaerobic treatability of sanitary landfill leachate in a fluidized bed reactor', *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 28, 297-305.
- Heavy, M. (2003). 'Low cost treatment of landfill leachate using peat'. *Waste Management*, 23, 447-454.
- Kargi, F. dan Pamukoglu, M.Y. (2003), 'Simultaneous adsorption and biological treatment of pre-treated landfill leachate by fed-batch operation. *Process Biochemistry*, 38, pp. 1413-1420.
- Li, X.Z., Zhao, Q.L. dan Hao, X.D. (1999), 'Ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation'. *Waste Management*, 19, pp. 409-415.
- Martinen, S.K., Kettunen, R.H., Sormunen, K.M., Soimasuo, R.M. dan Rintala, J.A. (2002), 'Screening of physical-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates', *Chemosphere*, 46, pp. 851-858.
- Ntampou, X., Zouboulis, A.I. dan Samaras, P. (2005). 'Appropriate combination of physico-chemical methods (coagulation/flocculation and ozonation) for the efficient treatment of landfill leachates'. *Chemosphere*, 62, pp 722-730.
- Ozkan, A. (2003). 'Coagulation and flocculation characteristics of celestite with different inorganic salts and polymers. *Chemical Engineering and Processing*, 1-7.
- Rozic, M, Cerjan, S.S, Vancina, V dan Hodzic, E. (2000). 'Ammoniacal nitrogen removal from water by treatment with clays and zeolites'. *Wat. Res.*, 34(14), 3675-3681.
- Ruiz, R., Blanco, C., Pesquera, C., Gomzales, F., Benito, I. dan Lopez, J.L. (1997), 'Zeolitization of a bentonite and its application to the removal of ammonium ion from waste water'. *Applied Clay Science*, 12, pp 73-83.

- Tatsi, A.A., Zouboulis, A.I., Matis, K.A. dan Samaras, P. (2003), 'Coagulation-flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates', *Chemosphere*, 53, pp. 737-744.
- Trebouet, D., Schlumpf, J.P., Jaouen, P. dan Quemeneur, F. (2001), 'Stabilized landfill leachate treatment by combined physico-chemical-nanofiltration processes', *Water Research*, 35, pp. 2935-2942.
- Wang, Z.P., Zhang, Z., Lin, Y.J., Deng, N.S., Tao, T. dan Zhuo, K. (2002), 'Landfill leachate treatment by a coagulation-photooxidation process', *J. Hazardous Mater*, 95 (1/2), pp. 153-159.
- Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin Adlan (2006a). 'Application of coagulation and flocculation process on semi-aerobic leachate in removing colour and COD by Polyaluminum Chloride (PAC)'. Proceedings International Conference on Remediation and Management of Contaminated Land, 5-7 September, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin Adlan (2006b). 'Effectiveness of Polyaluminum Chloride (PAC) for the removal of colour and COD from semi-aerobic leachate'. Proceedings of the 2nd Southeast Asian Natural Resources and environmental management conference, 21-23 November, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin Adlan (2006c). 'The effectiveness of combined filtration and coagulation-flocculation on the treatment of semi-aerobic leachate'. Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology, 19-20 Disember, Batu Pahat, Johor, Malaysia.
- Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin Adlan (2007a). 'Kajian keberkesanan penyingkiran warna dan COD menggunakan Polialuminum klorida (PAC) dalam olahan larut lesapan semi-aerobik selepas pra-penapisan'. Prosiding Persidangan Kebangsaan Kejuruteraan Awam (AWAM'07), 28-31 Mei, Langkawi, Malaysia.
- Zawawi Daud, Hamidi Abdul Aziz, Mohd Nordin Adlan (2007b). 'Appropriate combination of physical-chemical treatment (coagulation-flocculation and filtration) for the efficient treatment of semi-aerobic leachate'. Proceedings of International Conference on Natural Resources and Environmental Management, 27-29 November, Kuching, Sarawak, Malaysia.