

PENGURUSAN AIR LARUT RESAP: PENDEKATAN BIOLOGI

(LEACHATE MANAGEMENT: BIOLOGICAL APPROACH)

Seow Ta Wee & Er Xin Yi

Abstrak

Modenisasi banyak menyumbang kepada peningkatan sampah-sarap secara mendadak dan sampah-sarap akan diuruskan melalui sistem kambus tanah. Penggunaan sistem kambus tanah akan mengakibatkan penjana air larut resap yang bakal menimbulkan masalah persekitaran dan kesihatan. Air larut resap ialah cecair yang terhasil daripada kegiatan degradasi sisa dan penyusupan air hujan. Oleh sebab air larut resap mengandungi bahan-bahan pencemar yang toksik, air larut resap harus dikumpul dan diolah secara sistematik. Dalam kajian ini, sampel air larut resap dari salah satu tapak pelupusan di Malaysia telah dikumpulkan dan digunakan untuk pengolahan melalui pendekatan biologi. Pengolahan air larut resap akan dijalankan dengan menggunakan mikroorganisma yang berasal dari sampel air dan mikroorganisma eksotik. Kecekapan penglibatan mikroorganisma dalam usaha pengolahan air larut resap dapat ditentukan melalui analisis indikator seperti kepekatan nitrogen ammonia sebelum dan selepas proses pengolahan. Di samping itu, beberapa teknologi yang sesuai digunakan untuk pengolahan air larut resap atau penambahbaikan kecekapan proses pengolahan juga dikenalkan. Kesimpulannya, usaha mengeksplorasi teknologi pengolahan air larut resap harus dijalankan secara segera dan berkekalan agar masalah yang diundang oleh air larut resap dapat diatasi secara sempurna.

Kata kunci: Air larut resap, pendekatan biologi, teknologi pengolahan

Abstract

Modernisation has greatly contributed to increase of solid wastes being produced and solid wastes will be managed via landfilling system. Use of landfill will lead to production of leachate wastewater which will attribute to environmental and health problem. Leachate is liquid produced due to waste decomposition and rainwater percolation. Due to the presence of toxic pollutants, leachate wastewater needs to be collected and treated systematically. In this study, leachate wastewater sample was collected from one of the landfill in Malaysia and used for biological treatment. Treatment of leachate wastewater was treated by using indigenous and exogenous microorganisms. The efficiency of microorganisms used for leachate treatment was determined through indicators analysis such as concentration of ammonia nitrogen present in the leachate wastewater before and after treatment session. Besides that, several technologies that suitable for leachate treatment or leachate treatment efficiency improvement were introduced. As a conclusion, effort to explore more leachate wastewater treatment needs to be carried out immediately and long lasting so that all the negative impacts contributed by leachate wastewater can be solved effectively.

Keywords: Leachate wastewater, biological treatment, technology

PENGENALAN

Sistem kambus tanah merupakan salah satu alternatif yang boleh dipilih untuk menangani sampah-sarap yang kian banyak dihasilkan akibat daripada proses modenisasi. Penggunaan sistem kambus tanah telah menyumbang kepada penjanaan air larut resap (Ghazali et al. 2014). Air larut resap yang berwarna gelap terbentuk hasil daripada penguraian bahan pencemar dan penyusupan air hujan ke dalam tapak pelupusan (Fitzke et al. 2013). Air larut resap akan mengandungi bahan pencemar seperti bahan organik dan nitrogen ammonia yang berkepekatan tinggi. Disebabkan kandungan bahan pencemar yang toksid dan berkepekatan tinggi, pelepasan air larut resap akan mengakibatkan masalah persekitaran seperti kemerosotan kualiti air, pencemaran tanah sekiranya meresap ke dalam tanah, dan sebagainya (Ghazali et al. 2014). Di samping itu, air larut resap juga akan menyumbang kepada masalah kesihatan dan kebajikan awam seperti keracunan makanan (Djogo et al. 2011; Ghazali et al. 2014). Oleh itu, amatlah penting air larut resap harus dikumpulkan di tapak pelupusan dan dirawat dengan teliti sebelum dilepaskan ke dalam alam sekitar.

Air larut resap boleh diolah dengan teknologi biologi atau teknologi fisiokimia (Seow dan Lim 2015). Teknologi fisiokimia boleh digunakan sebelum atau selepas pendekatan biologi. Bagi pendekatan biologi, mikroorganisma akan menggunakan sebahagian daripada bahan pencemar untuk pertumbuhan sel-sel baru dan menukarkan sebahagian kepada tenaga, air dan karbon dioksida (Ifeanyichukwu 2008; Kamaruddin et al. 2015). Bioremediasi boleh dibahagikan kepada bioremediasi intrinsik, biostimulasi dan bioaugmentasi. Bioremediasi intrinsik merujuk kepada proses penguraian bahan pencemar yang berlaku secara semulajadi tanpa campur tangan manusia (Simpanen et al. 2016) dan akan dijejaskan oleh keadaan air larut resap. Ini bermaksud kecekapan bioremediasi intrinsik akan merosot sekiranya keadaan air larut resap tidak sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisma intrinsik. Sehubungan itu, biostimulasi dan bioaugmentasi boleh diaplikasi untuk menambahkan populasi mikroorganisma yang terdapat di dalam air larut resap (Abdulsalam & Omale 2009; Ghaly et al. 2013). Biostimulasi merupakan cara memenuhi keperluan hidup mikroorganisma seperti penambahan nutrien untuk menggalakkan pertumbuhan mikroorganisma intrinsik (Ghaly et al. 2013). Manakala, bioaugmentasi merupakan cara penambahan mikroorganisma yang berpotensi untuk menyingkirkan bahan pencemar daripada sampel air (Yu et al. 2005).

Banyak faktor seperti kos dan keadaan sampel air harus dititikberatkan semasa membuat pemilihan teknologi untuk pengolahan air larut resap (Reinhart & Grosh 1998). Informasi tentang air larut resap yang lengkap memainkan peranan yang penting dalam usaha memilih teknologi pengolahan yang sesuai (Reinhart & Grosh 1998). Air larut resap yang matang dan bertoksida susah diolah dengan teknologi biologi yang menggunakan mikroorganisma untuk proses pengolahan, tetapi teknologi fisiokimia menjadi pilihan yang terbaik (El-Gohary & Kamel 2016). Dengan teknologi-teknologi pengolahan air larut resap yang dieksploitasi, kecekapan pengolahan dan kualiti air larut resap dapat dipertingkatkan. Beberapa teknologi pengolahan air larut resap telah dikenalkan dan dikemaskan dalam jadual 1 (Cossu et al. 1992; Kamaruddin et al. 2015; Mukherjee et al. 2015; Sitanggang 2016; Yakobus 2016).

Jadual 1. Teknologi pengolahan yang digunakan untuk pengolahan air larut resap.

Teknologi pengolahan		Prinsip
Teknologi fisiokimia	Sistem koagulasi dan flokulasi	Kaedah ini menggunakan agen koagulasi untuk menggabungkan molekul yang kecil kepada pepejal yang lebih besar untuk memudahkan proses penyingkiran.
	Pengoksidaan kimia	Kaedah ini menggunakan agen pengoksidaan untuk menukar atau memutuskan rantai molekul yang terdapat di dalam bahan pencemar kepada molekul yang lebih stabil dan mudah didegradasi.
	Sedimentasi/Pemendapan	Kaedah ini membolehkan pemendapan sisa pepejal dilakukan secara graviti dan dipisahkan dalam bentuk mendapan.

Teknologi biologi	Teknologi membran	Kaedah ini menggunakan membran sebagai penapis untuk pemisahan sisa pepejal semasa air larut resap mengalir melalui membran yang dipilih.
	Kaedah penjerapan	Kaedah ini menggunakan medium seperti karbon teraktif untuk menyerap bahan pencemar yang terdapat di dalam air larut resap.
	Pemendakan kimia	Kaedah ini menyingkirkan bahan pencemar melalui reaksi kimia dengan bahan kimia dan mengakibatkan pembentukan pepejal yang boleh disingkirkan dengan mudah.
	Sequencing batch bioreactor	Kaedah ini membolehkan semua proses pengolahan termasuk proses rawatan biologi dan pemendapan dijalankan di dalam bioreaktor tunggal.
	Rotating biological contractor	Kaedah ini membolehkan mikroorganisma tumbuh pada dinding bioreaktor dan bioreaktor akan berputar secara berterusan untuk membenarkan interaksi antara sampel air larut resap dengan mikroorganisma.
	Membrane bioreactor	Kaedah ini menggunakan kombinasi proses biologi dan teknologi membran untuk menyingkirkan bahan pencemar daripada air larut resap. Pengaliran air larut resap melalui membran menyebabkan sisa pepejal tertinggal pada permukaan membran dan diuraikan oleh mikroorganisma.
	Fluidized bed bioreactor	Kaedah ini membolehkan pertumbuhan mikroorganisma pada permukaan partikel yang diletakkan di dalam bioreaktor. Bahan pencemar akan diuraikan oleh mikroorganisma semasa air larut resap mengalir melalui partikel.

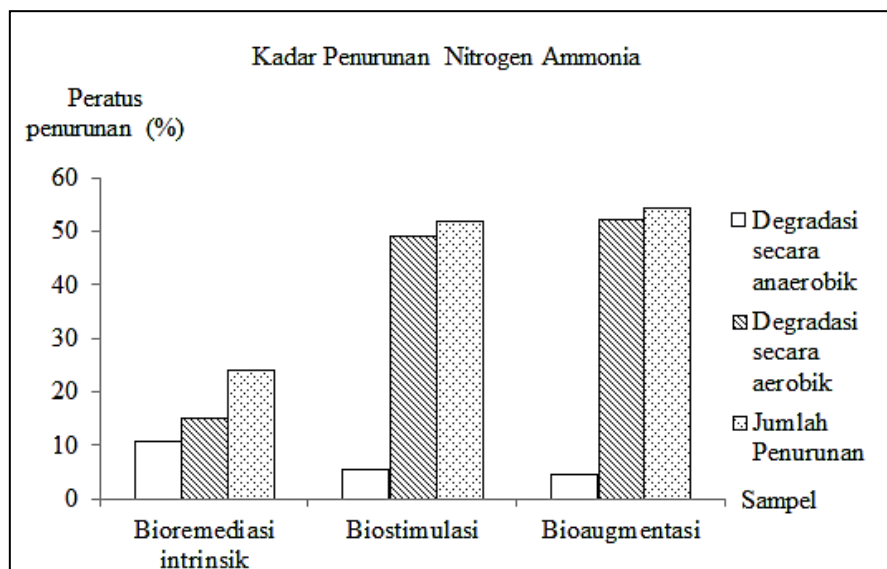
Parameter yang digunakan untuk tujuan pencirian bahan pencemar, pengukuran kualiti air atau penentuan kecekapan proses pengolahan air termasuk keperluan kimia oksigen (COD) dan kepekatan nitrogen ammonia. COD merujuk kepada jumlah total bahan organik yang terdapat di dalam sampel air dengan mengukur kuantiti oksigen yang digunakan untuk pengoksidaan zat-zat organik dengan menggunakan agen pengoksidaan (Aktor & Muchie 2011). Bahan organik akan diuraikan oleh agen pengoksidaan kepada karbon dioksida, air dan ammonia. Nitrogen ammonia akan terlarut di dalam air dengan bentuk ammonium (NH_4^+) dan disingkirkan dalam bentuk gas ammonia (NH_3). Ammonium yang bersifat toksid akan mengancam organisma akuatik dan merosot kualiti air (Yakobus 2016).

METODOLOGI KAJIAN

Kaedah pensampelan komposit telah digunakan untuk pensampelan air larut resap dari salah satu tapak pelupusan di Malaysia. Sampel air yang dikumpul akan disimpan di dalam bilik sejuk yang bersuhu -80°C untuk merendahkan kadar aktiviti mikroorganisma dan mengelakkan sebarang perubahan. Untuk proses pengolahan, sampel air akan dibiarkan untuk mencapai suhu bilik. Sampel air larut resap akan diolah dengan cara bioremediasi intrinsik, biostimulasi (penambahan 10% v/v *nutrien broth*) dan bioaugmentasi (penambahan *Brevibacillus panacibumi* strain ZB1). Pengolahan air larut resap dijalankan dengan 21 hari proses degradasi secara anaerobik dan proses degradasi secara aerobik selama 21 hari. Pengolahan air larut resap dijalankan di dalam inkubator yang bersuhu 37°C . Selepas proses pengolahan, sampel air larut resap digunakan untuk analisis COD dan kepekatan nitrogen ammonia dengan menggunakan HACH DR 6000 spectrophotometer. Kepekatan COD akan diukur dengan *reactor digestion method* dan nitrogen ammonia diukur dengan Nessler method. Kecekapan proses pengolahan akan diukur dengan membandingkan kepekatan COD dan nitrogen ammonia yang terdapat di dalam air larut resap sebelum dan selepas proses pengolahan.

HASIL KAJIAN

Kecekapan pengolahan air larut resap boleh dibandingkan dengan merujuk kepada parameter yang diukur dan ditunjukkan di dalam Rajah 1 dan Jadual 2.



Rajah 1. Kadar penurunan nitrogen ammonia yang dicapai oleh sampel air larut resap selepas proses pengolahan.

Rajah 1 menunjukkan kadar penurunan nitrogen ammonia yang dicapai oleh sampel air larut resap selepas proses pengolahan. Sumber nitrogen ammonia yang terdapat di dalam air larut resap adalah berpunca daripada penguraian bahan organik seperti karbohidrat dan protein (Abbas et al. 2009; Yakobus 2016). Merujuk kepada rajah 1, kepekatan nitrogen ammonia yang disingkir dalam semua sampel adalah lebih rendah melalui proses degradasi secara anaerobik berbanding dengan proses degradasi secara aerobik. Ini membuktikan bahawa proses degradasi secara aerobik adalah lebih sesuai untuk penyingkiran nitrogen ammonia daripada sampel air larut resap dan hasil kajian ini adalah bertepatan dengan kajian yang dilaporkan oleh penyelidik lain (Abbas et al. 2009; Ji et al. 2009). Di samping itu, jumlah kadar penurunan yang dicapai selepas bioremediasi intrinsik adalah 24% manakala jumlah kadar penurunan yang dicapai selepas biostimulasi dan bioaugmentasi adalah melebihi 50%. Ini membuktikan bahawa proses biostimulasi dan bioaugmentasi dapat meningkatkan kecekapan penyingkiran nitrogen ammonia daripada sampel air.

Jadual 2. Kepekatan keperluan kimia oksigen yang terdapat di dalam sampel air larut resap selepas proses pengolahan.

Sampel pengolahan	Selepas proses degradasi secara anaerobik	Selepas proses degradasi secara aerobik	Jumlah Penurunan COD
Bioremediasi intrinsik	Penurunan 36%	Penurunan 4 %	Penurunan 38.8%
Biostimulasi	Penurunan 18.9%	Peningkatan 12%	Penurunan 8.6%
Bioaugmentasi	Penurunan 27.3%	Penurunan 14%	Penurunan 37.4%

Jadual 2 menunjukkan kepekatan keperluan kimia oksigen (COD) yang terdapat di dalam sampel air larut resap. Kadar penyingkiran COD adalah lebih tinggi selepas proses degradasi secara anaerobik berbanding dengan proses degradasi secara aerobik. Ini membuktikan bahawa penyingkiran COD adalah lebih efisien semasa proses degradasi secara anaerobik dan bahan organik akan ditukarkan kepada karbon dioksida, biogas dan bahan lain (Mukherjee et al. 2015; Lim et al. 2016). Merujuk kepada jadual 2, peningkatan kepekatan COD bagi sampel air yang diolah dengan cara biostimulasi mungkin disebabkan oleh penghasilan produk sampingan seperti produk metabolik mikroorganisma dan sel mikroorganisma yang mati.

Merujuk kepada jadual 2, jumlah penyingkiran COD yang dicapai oleh proses bioremediasi intrinsik, biostimulasi dan bioaugmentasi adalah tidak melebihi 40%. Hal ini demikian mungkin disebabkan oleh kemunculan bahan organik yang susah didegradasi di dalam sampel air larut resap. Menurut kepada Yakobus (2016), kecekapan penyingkiran COD akan dijejaskan oleh peningkatan umur air larut resap. Bahan organik yang bersifat degradasi akan semakin berkurang sekiranya umur meningkat dan tertinggalnya bahan organik yang susah didegradasi (Ciner & Sarioglu 2006). Sehubungan itu, COD yang tertinggal di dalam sampel air larut resap selepas proses pengolahan merupakan bahan organik yang tidak dapat didegradasikan secara biologi.

Konklusinya, mikroorganisma intrinsik boleh digunakan untuk menyingkirkan bahan pencemar daripada air larut resap. Akan tetapi, kecekapan penyingkiran bahan pencemar akan dijejaskan oleh pelbagai faktor termasuk umur dan keadaan air larut resap. Sehubungan itu, proses biostimulasi dan bioaugmentasi boleh digunakan untuk meningkatkan kecekapan penyingkiran bahan pencemar.

KESIMPULAN

Sistem kambus tanah yang dipilih untuk menangani sampah-sarap akan menyumbang kepada penjana air larut resap yang bakal mengakibatkan impak negatif yang tidak dapat dijangka. Teknologi pengolahan yang dipilih untuk pengolahan air larut resap haruslah bersifat mesra alam, ekonomik dan berpaksikan konsep kelestarian. Pihak yang berkenaan haruslah berusaha bersungguh-sungguh untuk mengambil inisiatif dalam usaha mengurangkan pelepasan air larut resap. Selain itu, pelaksanaan konsep 3R dan pengasingan sisa di punca memainkan peranan yang penting dalam usaha mengurangkan kuantiti sampah-sarap yang dihantar ke tapak pelupusan. Dengan mengurangkan tapak pelupusan yang digunakan untuk pembuangan sampah-sarap, penjana air larut resap dapat dikurangkan dan kesan negatif pelepasan air larut resap dapat dielakkan.

PENGHARGAAN

Pengarang mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak MOHE bagi pembiayaan projek ini dengan geran penyelidikan FRGS.

RUJUKAN

- Abbas, A.A., Guo J.S., Liu Z.P., Pan Y.Y., dan Al-Rekabi W.S. 2009. Review on Landfill Leachate Treatments. *Am. J. Appl. Sci* 6: 672-684.
- Abdulsalam, S. & Omale A.B. 2009. Comparison of Biostimulation and Bioaugmentation Techniques for the Remediation of Used Motor Oil Contaminated Soil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 52: 747-754.
- Akpor, O.B. & Muchie M. 2011. Environmental and Public Health Implications of Wastewater Quality. *Afr. J. Biotech* 10: 2379-2387.
- Ciner, F. dan Sarioglu M. 2006. Determination of Inert Chemical Oxygen Demand (COD) Fractions of Cumhuriyet University Wastewater. *Global NEST J.* 8: 31-36.
- Cossu, R., Serra R., & Muntoni A. 1992. Physico-Chemical Treatment of Leachate. in *Landfilling of Wastes: Leachate*, 1st ed, edited by T.H. Christensen, R. Cossu dan R. Stegmann. London & New York: Elsevier Applied Science.
- Djogo, M., Dvornic A., Miloradov M.V., Radonic J. & Vujic G. 2011. Determination of Pollutant Parameters in Landfill Leachate Water of Vojvodina Region. *Ann. Fac. Eng. Hunedoara- Int. J. Eng.* 9: 87-90.
- El-Gohary, F.A. & Kamel G. 2016. Characterization and Biological Treatment of Pre-Treated Landfill Leachate. *Ecol. Eng.* 94(1): 268-274.
- Fitzke, B., Blume T., Wienands H., dan Cambiella Á. 2013. Hybrid Processes For the Treatment of Leachate from Landfills. In *Economic Sustainability and Environmental Protection in Mediterranean Countries through Clean Manufacturing Methods*, 1st ed., edited by J. Coca-Prados, dan G. Gutiérrez-Cervelló. Netherlands: Springer.

- Ghaly, A.E., Yusran A. & Dave, D. 2013. Effects of Biostimulation and Bioaugmentation on the Degradation of Pyrene in Soil. *J. Bioremediat. Biodegradation*: 5.
- Ghazali, F.M., Syafalni S. & Noor S.M. 2014. Public Perception on the Current Solid Waste Management System in Malaysia: A Comparative Study of Matang Landfill and Bukit Tagar Sanitary Landfill (BTSL). *World Appl. Sci. J* 32(5): 872-883.
- Ifeanyichukwu, M.J. 2008. New Leachate Treatment Methods. Master's Thesis, Lund University, Sweden.
- Ji, Q.H., Tabassum S., Yu G.X., Chu C.F., & Zhang Z.J. 2009. Determination of Biological Removal of Recalcitrant Organic Contaminants in Coal Gasification Wastewater. *Environ. Technol* 36(22): 2815- 2824.
- Kamaruddin, M.A., Yusoff M.S., Aziz H.A., & Hung Y.T., 2015, Sustainable Treatment of Landfill Leachate, *Appl. Water Sci* 5: 113-126.
- Lim, C.K., Seow T.W., Neoh C.H., Nor M.H.M., Ibrahim Z., Ware I. & Sarip S.H.M. 2016. Treatment of Landfill Leachate using ASBR Combined with Zeolite Adsorption Technology. *Biotech* 6(2): 195.
- Mukherjee, S., Mukhopadhyay S., Hashim M.A., & Sen Gupta B. 2015. Contemporary Environmental Issues of Landfill Leachate: Assessment and Remedies. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol* 45(5): 472-590.
- Reinhart, D.R. & Grosh C.J. 1998. *Analysis of Florida MSW Landfill Leachate Quality Data*. Gainesville: Florida Centre for Solid and Hazardous Waste Management.
- Seow, T.W. & Lim C.K. 2015. A Mini Review on Landfill Leachate Treatment Technologies. *Int. J. Appl. Environ. Sci* 10: 1967-1979.
- Simpanen, S., Dahl M., Gerlach M., Mikkonen A., Malk V., Mikola J., & Romantschuk M. 2016. Biostimulation Proved to be the Most Efficient Method in the Comparison of In Situ Soil Remediation Treatments after a Simulated Oil Spill Accident. *Environ. Sci. Pollut. Res* 23: 25024-25038.
- Sitanggang, P.Y. 2016. Sistem Pengolahan Air Minum Terdesentralisasi dengan Teknologi Membran. ResearchGate Retrieved from: file:///C:/Users/User/Downloads/DesentralisasiAirMinum.pdf.
- Yakobus, A.M. 2016. Aplikasi Bioreaktor Membran pada Pengolahan Air Limbah dan Lindi TPA. ResearchGate Retrieved from: file:///C:/Users/User/Downloads/MembranBioreaktorairlimbahlindiTPA.pdf
- Yu, K.S.H., Wong A.H.Y., Yau K.W.Y., Wong Y.S. dan Tam N.F.Y. 2005. Natural Attenuation, Biostimulation and Bioaugmentation on Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Mangrove Sediments. *Mar. Pollut. Bull* 51: 1071-1077.

Seow Ta Wee (PhD)
 Faculty of Technology Management and Business
 Universiti Tun Hussien Onn Malaysia,
 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor Malaysia.
 Email: tawee@uthm.edu.my

Er Xin Yi
 Faculty of Technology Management and Business
 Universiti Tun Hussien Onn Malaysia,
 86400 Parit Raja, Batu Pahat, Johor Malaysia.
 Email: erxinyi1992@gmail.com

Received : 6 September 2017
 Accepted : 10 February 2018