

## KEMAMPUAN *HUMATE LEACHATE* MELARUTKAN LOGAM BERAT DARI *LANDFILL*

H. Widyatmoko

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

*E-mail: greencenter@cbn.net.id*

### Abstrak

Leachate dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) mengandung senyawa makromolekul menyerupai **Humin** yang berasal dari dekomposisi bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter dan kemampuan jenis makromolekul humin sebagai pelarut zat-zat pencemar seperti logam berat. Karena kemampuan makromolekul sebagai pelarut dapat menaikkan mobilitas zat berbahaya di TPA dan tingkat pencemaran air tanah. Untuk menjawab pertanyaan ini maka dilakukan penyaringan ultra secara bertahap terhadap leachate yang berasal dari TPA, sehingga diperoleh fraksi-fraksi dengan ukuran molekul berbeda. Setelah itu dilakukan pemberian dosis logam berat pada masing-masing fraksi sehingga konsentrasi tidak berada di bawah detection limit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat dominan pada fraksi di atas 50.000 D, sementara fraksi yang lebih kecil dari 50.000 D tidak. Hal ini berarti bahwa logam berat membentuk asosiasi dalam *low molecular fraction* dan larut keluar dari leachate. Secara mengejutkan tingkat kelarutan logam berat, dalam *high molecular fraction* menjadi naik jika dilakukan pengenceran. Pengenceran dengan faktor 3,5 menaikkan tingkat kelarutan hingga 15 kali. Ini berarti bahwa zat-zat berbahaya dalam leachate di TPA akan menjadi sangat *mobile* bersamaan dengan curah hujan. Makromolekul dalam lindi mempunyai kemampuan tinggi sebagai pelarut zat pencemar sehingga lindi dengan kandungan pelarut tersebut dapat dikembalikan ke TPA sebagai pelarut zat pencemar.

### Abstract

**The ability of humate leachate to remove heavy metals from landfill.** Leachate of domestic waste contains humic like macromolecules from decomposed organic matter in Landfill. These humic substances are a mixture of complex organic compounds that can be separated into four fractions. This study attempted to find the conditions under which humates can most effectively absorb and remove problematic elements, like Pb, Hg, Co, Cu, Ni, and Zn from landfill to reduce heavy metals release into environment. The leachate, taken from landfill in April 2006 was spiked with all six regulated elements to concentrations above detection limit of Atomic Absorption Spectrometry. The sample was then filtered into four molecule fractions. The heavy metals found were preferentially in the highly molecular fractions above 50,000 D. This means that these pollutants are stronger associated to the highly molecular than the low-molecular fractions. For the practice this means that the heavy metals from the leachate can be eliminated by ultrafiltration of around 50,000 D. The diluted rain water to the factor of 3.5 increases the ability of the high molecular fractions in the landfill to the factor 15 higher. This means that water diluted by the rain strengthens the leaching out of the heavy metals and the organic pollutants from the landfill. Leachate addition to landfills has many advantages associated with it. Leachate recirculation involves the collection and redistribution of leachate through the landfill.

*Keywords: leachate, humat, molecul fraction, ultrafiltration*

## 1. Pendahuluan.

Hingga kini masih banyak fasilitas umum, sungai, bekas galian pasir, lereng dijadikan tempat pembuangan sampah. Sebagian komponen sampah dapat larut karena proses mikrobiologi atau air hujan sehingga mencemari lingkungan dan air tanah. Bahaya ini dapat diminimalkan melalui perbaikan konstruksi *sanitary landfill* dengan lapisan geotekstil, saluran *leachate*, dan isolasi dengan HDPE setiap lapisan sampah mencapai ketebalan sekitar 2 meter.

Proses aerob terjadi selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Pada proses aerob komponen organik terurai dengan cepat dan kadar zat pencemar di lindi rendah. Tahap berikutnya adalah proses anaerob. Pada tahap ini terjadi fermentasi asam, mikroorganisme fakultatif merubah lemak, protein dan karbohidrat menjadi asam lemak, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Maka terjadi penurunan pH hingga 5-6 dan kenaikan beban zat pencemar yang larut dalam asam, serta organik yang tinggi (COD hingga 60.000 mg/l, BOD<sub>5</sub> hingga 4000 mg/l [1]). Tingginya komponen asam organik menyebabkan ratio BOD<sub>5</sub>/COD > 0,4. Tahapan ini berlangsung hingga 2-4 tahun.

Pada tahap kedua terjadi fermentasi sampah melalui bakteri methan sehingga menghasilkan metan. Asam lemak hasil dari fermentasi asam dirubah oleh mikroorganisme asetogen menjadi asetat, karena bakteri methan hanya dapat mengurai CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, Asetat, Formiat dan methanol. Pada fasa ini pH menjadi stabil (pH sekitar 8) dan konsentrasi komponen-komponen yang larut dalam asam menurun; BOD<sub>5</sub> menurun radikal (hingga 550 mg/l), COD hingga 4.500 mg/l [4] dan BOD<sub>5</sub>/COD menurun menjadi < 0,1.

Karena *leachate* TPA mengandung banyak komponen pencemar, maka memerlukan pengolahan khusus dan seharusnya tidak boleh dicampurkan ke dalam perangkat pengolahan air buangan, hingga konsentrasi COD mencapai 200 atau 400 mg/l, BOD<sub>5</sub> 20 mg/l dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 50 mg/l.

Sejak tahun 1970-an pengolahan lindi telah berkembang pesat, misalnya proses penguraian komponen organik secara aerob, anaerob, nitrifikasi, denitrifikasi, oksidasi dengan ozon dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, koagulasi dan flokulasi, pengendapan (dengan Ca(OH)<sub>2</sub>, pembentukan garam dengan Fe dan Al), adsorpsi dengan karbon aktif, fotolisis melalui penyinaran UV, Teknik merman untuk memisahkan senyawa dan pengkayaan senyawa (Revers osmosis, Ultra-dan Nanofiltrasi), sedimentasi, stripping konsentrasi amoniak dalam lindi sekitar 3 mg/l dan penguapan [2, 3, 4, 5,6,7].

Komposisi *leachate* di TPA yang terdiri dari asam lemak yang sederhana hingga senyawa makromolekul yang rumit, tidak hanya tergantung dari komponen sampahnya, tetapi juga dari proses yang terjadi. Proses reaksi kimia mengubah komponen organik menjadi senyawa humat berbagai macam struktur. Karakterisasi senyawa semacam itu hanya mungkin melalui konsentrasi C-, O-, N-, H-, S, perilaku senyawa kompleks, gelkromatografi, pemilahan dengan UV-, IR-, Fluorescence-, DOC-Detection dan kimia analitik misalnya Gaskromatografi-Spektroskopi massa [8, 9].

Zat humin berasal dari proses biosintesis senyawa aromatik (lignin beserta gugus penyulpropan-nya, melanin, fenol beserta produk oksidasinya, chinone) dan selanjutnya melalui biosintesis senyawa non aromatik (karbohidrat, lemak, protein). Senyawa humin dapat terbentuk melalui fusi senyawa aromatik dan non aromatik. Selain itu senyawa humat juga dapat terbentuk dari sisa materi *posmortal* (detritus). Dalam ilmu tanah zat humat dikategorikan berdasarkan tingkat kelarutan menjadi 3 kelompok: yang larut dalam asam dan basa (Asam Fulvin), yang hanya larut dalam basa tapi tidak larut dalam asam dan alkohol, dan yang tidak larut dalam basa, asam dan alkohol tetapi dapat diisolasi dengan *Methyl isobutylketon* [10, 11].

Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan kandungan dari lindi TPA dengan cara ultrafiltrasi kedalam fraksi-fraksi sesuai dengan ukuran molekulnya. Masing-masing fraksi akan diteliti seberapa jauh kandungan logamnya dapat diisolasi. Senyawa makromolekular organik mampu melarutkan senyawa kontaminan seperti PAC, PCB, dan logam berat, dan dengan demikian kemungkinan pemilahan kontaminan tersebut (diikat dengan zat humat) dari TPA melalui ultrafiltrasi.

## 2. Metode Penelitian

Sampel lindi diambil dari TPA Bantargebang. Sampel dimasukkan kedalam botol PE dan ditutup rapat sehingga tidak ada kontak dengan oksigen. Kemudian sampel disaring berdasarkan ukuran dan besarnya molekul secara bertahap dengan menggunakan ultrafiltration instrumen buatan Fa Osmota, Ditzinger. Molekul yang lebih kecil dari pori-pori membran dilewatkan saringan dengan bantuan pelarut sebagai permeat dan sisanya tertinggal sebagai retentat atau konsentrat. Pori-pori membrane berukuran 1 sampai 15 nm (setara dengan 500 sampai 3000 Dalton). Satu Dalton adalah satuan massa atom hipotetik dari masa atom 1 dalam skala bobot atom. Dalam hitungan massa gram: 1 Dalton = 1,66018.10<sup>24</sup> gram [12]. Jadi Ultrafiltration tidak untuk memisahkan ion-ion dari larutan, melainkan koloid, makromolekul, dan suspensi halus. Membran yang digunakan dalam penyaringan ini adalah membrane asimetris terbuat dari

polysulfon (luas 1 m<sup>2</sup>; pori-pori 300.000, 100.000, 50.000, 1000 Dalton (D); tekanan pengoperasian maksimum 7000, kpa. Ukuran batas bawah pori-pori dapat dicek dengan massa mol dextran dan pori-pori atas dengan *polyethylenglycol*.

Karena kandungan logam berat leachate biasanya di bawah 1 mg/l maka harus dinaikkan hingga di atas *detection limit* dengan menambahkan senyawa logam dalam jumlah tertentu. Setelah dilakukan pengadukan selama 24 jam maka dilakukan penyaringan ultra secara bertahap kedalam fraksi-fraksi.

Sebelum konsentrasi logam berat dianalisis secara kuantitatif dengan AAS maka masing-masing fraksi dilarutkan ke dalam H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan HNO<sub>3</sub>.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat pada *leachate* berada di bawah ambang batas. Karena itu konsentrasi masing-masing logam dalam *leachate* dinaikkan dengan cara menambahkan senyawa logam (Tabel 1).

Hasil menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi logam menurun bersamaan dengan penurunan fraksi molekul. Pada Tabel 1 dapat dilihat dosis penambahan konsentrasi dan hasil analisisnya. Sangat jelas bahwa Cu dan Hg dalam permeat paling cepat mengalami penurunan. Hasil pengamatan ini didukung oleh kemampuan senyawa humat dari perairan dalam membentuk senyawa kompleks dengan logam Cu dan Hg [13,14,15,16].

Tabel 1. Konsentrasi logam dalam fraksi-fraksi

Logam	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Cr (mg/L)	Ni (mg/L)	Hg (mg/L)	Zn (mg/L)
Penambahan	5	5	5	5	5	5,5	4,9
Terdeteksi	3,2	4,2	4,4	5,0	4,9	4,9	4,9
Rententat 300.000 D	4,8	5,0	11,6	9,1	6,9	13,1	9,7
Rententat 100.000 D	2,8	2,8	1,8	3,0	4,5	4,6	2,5
Rententat 30.000 D	3,0	3,1	1,7	5,1	6,9	3,2	2,8
Rententat 5.000 D	0,8	1,6	0,4	1,1	2,5	0,03	1,2
Permeat 300.000 D	2,7	2,5	0,8	2,4	3,8	1,2	2,0
Permeat 100.000 D	2,2	2,4	0,6	2,1	3,6	0,7	1,8
Permeat 30.000 D	0,9	1,8	0,3	1,0	2,5	0,01	1,2
Permeat 5.000 D	0,6	1,3	0,2	0,6	1,8	-	0,9

### 4. Kesimpulan

Kemampuan *leachate* melarutkan logam tergantung dari ukuran molekul, konsentrasi, terkandung didalamnya dan lamanya proses humifikasi.

Logam berat dalam *leachate* eksis dalam bentuk asosiasi dengan kandungan organik, terutama pada *high molecular fractions*. Cu (II) dan Hg (II) lebih cenderung membentuk senyawa asosiasi dengan komponen organik dibandingkan Pb, Cd, Cr, Ni dan Zn.

Konsentrasi logam dalam *leachate* dapat dikurangi secara bertahap dengan *ultrafiltration*. Ini berarti bahwa bentuk asosiasi logam cenderung pada *high molecular fraction* dibanding *low molecular fraction*. Sehingga asosiasi logam *low molecular fraction* dapat dipisahkan dari *leachate* melalui ultra filtrasi sekitar 50.000 D. Senyawa humat dapat mengurangi kandungan zat toksik dalam *leachate*.

Leacheate dapat digunakan untuk mempercepat *leaching* zat-zat toksik dari TPA. Untuk itu kandungan logam berat harus dihilangkan terlebih dahulu. Dengan demikian maka leacheate TPA akan lebih cepat terbebas dari komponen berbahaya, tetapi kemungkinan besar bahwa berkurangnya PCB dan PAC disertai dengan degradasi zat-zat humat

**Daftar Acuan**

- [1] Thomanetz, E., Stand der Technik bei der Deponiesickerwasserbehandlung und Entwicklungen, Stuttgart, 1993.
- [2] Zillgith, J., Sieksmeyer, R., Behandlung von Deponiesickerwasser durch Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>oxidation. WLB Wasser Luft Boden 10, 32-33, 1990
- [3] Marquardt, K., Membranverfahren zur Erfüllung neuer Abwassergrenzwerte. Abfallwirt. J 2, 197-205, 1990.
- [4] Aiken, G. R., McKnight, D. M., Wershaw, R.L. and McCarthy, P. (Editors). Humic Substances in Soil, Sediment and Water: Geochemistry, Isolation and Characterization. Wiley-Interscience: New York, 1985.
- [5] Christman, R. F. and Gjessing, E. T. (Editors). Aquatic and Terrestrial Humic Materials. Ann Arbor Science, 1983.
- [6] Kock, F. et al, Ergebnisse der Behandlung von Deponiesickerwässern mittels Membranfiltration, Österr Wasserwirtsch. 42, 1990.
- [7] Ehrig, H.-J., Scheelhaase, T. Verfahren zur Behandlung von Sickerwasser aus Deponien für Siedlungsabfälle. Korrespondenz Abwasser 39, 1992.
- [8] Abbt-Braun, G., Schmiedel, F. H. Frimmel, Elementaranalytische Untersuchungen isolierter Fulvinsäuren unterschiedlichen Ursprungs, Vom Wasser 75, 1990.
- [9] Abbt-Braun, G., Frimmel, F. H., Schulten, Strukturelle Charakterisierung isolierter aquatischer Huminstoffe-Anwendbarkeit, Grenzen und Vergleich Ausgewählter Methoden, Vom Wasser 74, 1990.
- [10] Lesage, S., Xu, H., Novakowski, K. S. and Brown, S. The Use of Humic Acids to Enhance the Removal of Aromatic Hydrocarbons from Aquifer Contaminated with Petroleum Products. Extended Abstracts for the Special Symposium of the Industrial and Engineering Chemistry Division, September 9-11, 1996, Bringham Alabama. American Chemical Society pp.743-746
- [11] Manahan, S E. Interactions of Hazardous-Wastes Chemical with Humic Substances. In: Suffet, I.H. and McCarthy, P. (Editors). Aquatic Humic Substances. Influence on Fate and Treatment of Pollutants. American Chemical Society, Advances in Chemistry Series 21, Washington, DC, 1989, pp. 83-92.
- [12] Römpp Chemie Lexikon 9, Stuttgart, Georg Thieme, 1990.  
[Frimmel, F. H., Komplexbildung durch Huminstoffe eines Braunwassersees, Vom Wasser 49, 1977.
- [13] Weber, J. H., Binding and transport of metals by humic materials, dalam Frimmel, F., H., Christman, R. F., Humic substances and their role in the environment. Life Sciences Research Report 41, 1988.
- [14] Senn, T.L. and Kingman, A. R. A Review of Humus and Humic Acids. Research Series No. 145. South Carolina Agricultural Experiment Station, Clemson University, Clemson S.C., 1973.
- [15] Suffet, I.H. and McCarthy, P. (Editors). Aquatic Humic Substances. Influence on Fate and Treatment of Pollutants. American Chemical Society, Advances in Chemistry Series 21, Washington, DC, 1989.
- [16] Vermeer, A. W.P., van Rjemsdijk, W.H. and Koopal, L.K. Interactions Between Humic Acid and Mineral Particles. Langmuir 14 (10) pp. 2810-2819, 1998.

