

**STUDI PENGENDALIAN *LEACHATE LANDFILL* KENJERAN
SURABAYA DENGAN UJI REMOVAL COD DALAM *CONSTANT
HEAD TEST* MELALUI VARIASI KOMPOSISI MEDIA TANAH
DAN UJI TOKSISITAS *LEACHATE* TERHADAP IKAN BANDENG
(*Chanos-Chanos (FORSK)*)**

**STUDY ON CONTROLLING LEACHATE FROM LANDFILL AT
KENJERAN, SURABAYA, WITH COD REMOVAL CONSTANT
HEAD TEST THROUGH THE VARIATION OF SOIL MEDIA
AND TOXICITY TEST OF BANDENG FISH
(*Chanos-Chanos (FORSK)*)**

**Indradi Tyas Permana¹⁾ dan Sarwoko Mangkoedihardjo¹⁾
¹⁾Jurusan Teknik Lingkungan FSTP-ITS**

Abstrak

Studi pengendalian lindi dari landfill diawali dengan menggunakan tanah asli dari *landfill* dengan sterilisasi maupun tanpa sterilisasi dan pasir pantai ria Kenjeran. Kemudian dilakukan pendekatan hasil dengan komposisi tanah yang sama dengan tanah asli *landfill* Kenjeran. Parameter yang digunakan adalah COD, pH, TDS, kekeruhan dan DO. Guna menunjang hasil yang memuaskan, penelitian ini dilengkapi dengan uji toksisitas terhadap *Chanos-Chanos (FORSK)* yang merupakan organisme uji yang sudah distandarisasi dan cukup merefleksikan kondisi organisme laut disekitar landfill pantai ria Kenjeran, Surabaya. Hasil yang didapat yaitu nilai konsentrasi LC-50 7,00%, batas atas 13,30% dan batas bawah 3.68% dari hasil uji toksisitas leachate terhadap ikan bandeng

Kata kunci : *Chanos-Chanos (FORSK)*, *lanfill*, lindi, toksisitas

Abstract

Study on the controlling leachate from landfill area was started by using its soil (with and without sterilization process) and sands from the Kenjeran beach. It was then approached by the same soil composition from the landfill at Kenjeran. The observed parameter was COD with controlled condition in pH, TDS, turbidity and DO of leachate. To obtain the good results, the toxicity test also was conducted using Bandeng fish as test organism after the standardization to represent the marine organism from the vicinity of the landfill at Kenjeran Surabaya. From the result give concentration of LC-50 7,00%, upstairs limit are 13,30% and beneath limit are 3.68% from toxicity test leachete to bandeng fish.

Keywords : *Chanos-Chanos (FORSK)*, *lanfill*, leachate, toxicity

1. PENDAHULUAN

Salah satu alternatif pengolahan sampah adalah dengan membuang ke tanah lokasi pembuangan akhir (baik dengan cara *Open Dumping* ataupun *Sanitary Landfill*). Hal ini dikarenakan tanah mempunyai kemampuan untuk mengurangi/menghilangkan zat-zat kontaminan yang terkandung dalam bahan buangan tersebut dalam reaksi fisik, kimia dan biologis yang cukup kompleks.

Dampak lindi *landfill* Kenjeran terhadap biota laut akan dilakukan monitoring dengan uji "Toksistas lindi terhadap ikan Bandeng (*Chanos-chanos*

(*FORSK*)". Dipilihnya lokasi pantai sebagai lokasi pembuangan akhir (*landfill*) antara lain berdasarkan investasi tanah lebih murah daripada lokasi lain dipinggir kota, lebih baik dari segi estetika dan kesehatan kota.

Yang dimaksud dengan sampah adalah semua buangan yang timbul akibat aktivitas manusia dan hewan yang biasanya timbul akibat aktivitas manusia dan hewan yang biasanya berupa padatan, yang dianggap tidak berguna atau tidak diinginkan lagi. Sampah yang dibuang ke *landfill* menjalani beberapa perubahan fisik, kimia dan biologis secara simultan, yang akan diantaranya menghasilkan cair-

an yang disebut lindi. Lindi dapat didefinisikan sebagai cairan yang telah melewati sampah dan telah mengekstraksi material terlarut atau tersuspensi dari sampah tersebut (Alloway dan Ayres, 1993).

Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi lindi antara lain hidrogeologi yaitu yang berhubungan dengan kondisi air tanah, topografi terutama mempengaruhi *run-off* dan *run-on*, lokasi geografi yang menentukan faktor-faktor seperti curah hujan, sinar matahari, temperatur, kelembapan dan angin serta sistem penyimpanan (*storage*)

Karakteristik lindi sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi di dalam *landfill*, yang meliputi proses fisik, kimia dan biologis. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di *landfill*, antara lain jenis sampah, lokasi *landfill*, hidrogeologi dan sistem pengoperasian.

Ada tiga fase utama dari aktivitas biologis yang terjadi dan merupakan satu rangkaian, yaitu; *pertama* dekomposisi aerobik dengan menggunakan oksigen yang tersedia didalam *landfill*; *kedua* dekomposisi anaerobik oleh mikroorganisme anaerobik dan fakultatif, menghasilkan komponen yang lebih sederhana yang dapat larut dan *ketiga* bakteri *methanogenic* mulai mengkonsumsi komponen yang lebih sederhana, menghasilkan metan dan CO₂.

Sifat tanah yang terpenting sehubungan dengan sistem aliran air dalam tanah adalah koefisien permeabilitas atau konduktivitas tanah, yaitu kemampuan tanah untuk mengalirkan cairan melalui lubang porinya. Oleh karena itu koefisien permeabilitas tergantung pada sifat fluida dan media berpori yang dinyatakan dalam Persamaan 1.

$$K = k \times \left[\frac{(\rho \times g)}{\mu} \right] \quad (1)$$

Dimana :

K = koefisien permeabilitas, cm/detik
 k = permeabilitas intrinsik spesifik, cm²
 ρ = kerapatan fluida, gr/cm³
 μ = viskositas fluida, gr/cm/detik
 g = percepatan gravitasi, cm/detik²

Nilai k dapat dinyatakan dengan Persamaan 2.

$$k = C \times d^2 \quad (2)$$

Dimana :

C = konstanta yang berhubungan dengan sifat media berpori selain diameter butiran
 d = diameter butiran, cm.

Konduktivitas hidrolik dijelaskan juga dengan Darcy's Law, dimana besarnya kecepatan perpindahan aliran air tanah dapat diestimasi, dirumuskan pada Persamaan 3.

$$Q = K \times A \times (\Delta h / \Delta l) \quad (3)$$

Dimana :

Q = debit, discharge (L³/T)
 K = konduktivitas hidrolik (L/T)
 A = area aliran (L²)
 Δh/Δl = hidrolik gradien

Untuk menentukan koefisien permeabilitas tanah jenuh di laboratorium digunakan dua cara, yaitu metode *konstan head*, yang biasanya digunakan untuk tanah yang nilai koefisien permeabilitasnya tinggi dan metode *falling head*, yang biasanya digunakan untuk tanah yang koefisien permeabilitasnya rendah (Tan, 1991).

Toksikologi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang efek negatif atau efek racun dari bahan-bahan kimia dan material lain hasil kegiatan manusia terhadap organisme, termasuk bagaimana bahan-bahan tersebut masuk ke dalam tubuh organisme.

Toksikan adalah semua zat yang dapat menyebabkan efek negatif pada biologis, kerusakan serius pada struktur dan fungsinya, maupun yang menimbulkan kematian. Faktor-faktor yang mempengaruhi konsentrasi toksikan di lingkungan adalah sifat fisik dan kimia (toksikan); sifat fisik, kimia dan biologis dari ekosistem; sumber dan rate input zat kimia ke dalam lingkungan. Uji toksisitas digunakan untuk mengevaluasi besarnya konsentrasi zat dan durasi pemaparan yang dapat menimbulkan efek toksik.

Uji toksikologi bertujuan untuk mengevaluasi potensi relatif suatu senyawa untuk menimbulkan bahaya pada jaringan biologis. Karena itu prosedur toksikologi perlu melibatkan spesies hewan yang boleh digunakan, dimana jumlah senyawa (toksikan) yang diberikan kepada hewan tersebut sedemikian besar sehingga tercipta efek toksisitas yang nyata (Devanny dkk, 1989).

Seringkali uji toksisitas disamakan dengan *bioassay*. Pengertian *bioassay* adalah test untuk mengevaluasi potensi relatif dari suatu zat, yaitu membandingkan dosis tertentu dari zat tersebut dengan efek yang ditimbulkannya terhadap organisme. Kriteria untuk menentukan prosedur uji toksisitas yang akan digunakan meliputi syarat-syarat, yaitu: uji harus dapat diterima secara meluas, harus mampu memprediksi efek dari berbagai zat dengan organisme yang berbeda, harus mudah dilakukan dan ekonomis, harus sensitif dan realitis dalam desain, data harus dapat untuk memperkirakan dampak dan data harus meliputi efek dari suatu range konsentrasi tertentu dengan durasi expose tertentu, serta juga harus dapat dilakukan interpolasi secara grafis, analisa statistik dan evaluasi kuantitatif lainnya.

Pendekatan yang digunakan dalam melakukan uji toksisitas, yaitu efek dipelajari dalam laboratorium dengan kondisi terkontrol dan variabel tertentu, efek dipelajari dalam ekosistem yang alami dan efek kronis dapat bersifat lethal maupun sublethal.

Dalam menentukan toksisitas relatif dari suatu bahan kimia baru terhadap organisme akuatik, uji toksisitas akut pertama kali dilaksanakan untuk mengetahui *Median Lethal Concentration (LC-50)* dari suatu bahan kimia dalam air, dimana organisme mengalami pemaparan. Ada beberapa metode yang dapat dipergunakan untuk mengestimasi nilai LC-50 yaitu metode grafis (log konsentrasi vs % efek akut), metode rata-rata sudut bergerak dan metode Litchfield-Wilcoxon.

Ikan bandeng digolongkan sebagai ikan eurihalin (mampu menghadapi perubahan kadar garam yang sangat besar). Bandeng laut dewasa yang sudah bunting sering tertangkap oleh para nelayan di daerah Sulawesi Selatan dan juga di daerah pantai Besuki (Jawa Timur). Berat mereka berkisar antara 4,5-11 kg per ekor. Sedangkan berat telurnya dapat sampai 500 gr dan jumlahnya 5 juta butir lebih. Telurnya bergaris tengah sekitar 1,2 mm, yang sudah menetas dalam waktu 24-36 jam. Setelah remaja mereka akan mulai rindu laut dan lupa daratan (Ahmad, 1995).

Mereka banyak terdapat di pantai-pantai yang landai, berpasir halus, berair jernih, gelombangnya tidak besar, dan tempatnya terlindung seperti teluk. Ikan bandeng adalah ikan vegetaris (pemakan tumbuh-tumbuhan), terutama sekali plankton. Yaitu

sejenis jasad renik baik hewan maupun tumbuhan yang hidup melayang-layang dalam air, tetapi mereka juga makan bahan-bahan lain yang halus, lunak, berbutir yang terdapat di sepanjang pantai.

Removal lindi dari limbah berbahaya dapat dicapai dengan kombinasi *leachate extraction wells*, *Bottom drain/liner system*, *Horizontal leachate collection pipe*, *Sump*, *Basin* atau *watwell* yang juga merupakan fasilitas pengumpul lindi. Masalah utama dari lindi removal adalah estimasi dari leachate generation rate, menentukan ukuran optimum dari spacing dan diameter pipa drainase, seleksi kedalaman, slope, penentuan komposisi drainase layer.

Well point system dapat ditempatkan menurut gradien lokasi pembuangan limbah untuk mencegah aliran air melalui lokasi *landfill*. Metode ini juga dapat untuk mengumpulkan lindi dari *landfill* pada gradien rendah. Kerugiannya adalah untuk biaya untuk tenaga tinggi dan pemeliharaan alat kontinyu. Pada *deep well systems* dipasang pada lokasi dengan kedalaman vertikal air tanah yang lebih dalam daripada instalasi yang menggunakan *vacuum extreted well* ± 40 kaki atau lebih dengan material pasir seragam.

Metode pengolahan untuk air tanah ini sangat bervariasi, yaitu : *Physical*, *Chemical* dan *Biological treatment*. Proses *physical treatment* meliputi : *air stripping*, *ultrafiltration*, *reverse osmosis*. Sedangkan pada proses *chemical treatment* meliputi : *coagulation precipitation*, *carbon adsorbition*, *ion exchange*, *chemical oxidation*. Dan proses pengolahan biologis meliputi : *activated sludge*, *trikling filter*, *rotating biological discs*, *stabilization ponds/aerated lagoons*, *anaerobic filter*, *anaerobic digester*. Karena lindi *landfill* bisa mempunyai nilai konsentrasi yang tinggi dari kedua unsur kontaminan tersebut, maka pada proses treatment lindi memerlukan integrasi dari pengolahan dasar proses yang sistematis.

Lindi atau kontaminan air tanah dapat diolah dalam "*Insite treatment*" tanpa harus merusak tanah, yaitu dengan variasi teknologi kimia, fisik dan biologis. Sebagai contoh adalah *permeable treatment bed*, *insite chemical treatment* dan *insite biological treatment*. Metode-metode tersebut mempunyai potensi untuk mereduksi kuantitas dari kontaminan. Tetapi metode-metode tersebut masih dalam tahap pengembangan.

Metode *on-off site treatment* merupakan metode yang menggabungkan proses *interception* dan pengumpulan dari kontaminan air tanah dan dilanjutkan dengan proses pengolahan. Untuk beberapa kontaminan air tanah yang mempunyai konsentrasi relatif rendah (dalam ppm atau ppb). Proses treatment yang dianjurkan tergantung dari tipe kontaminan, kondisi lingkungan dan efektivitas biaya.

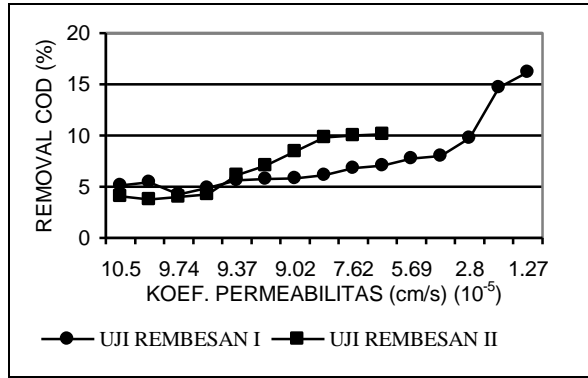
2. METODOLOGI

Tanah yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu tanah pasir, lanau dan lempung. Tanah pasir dari pasir di Pantai Ria Kenjeran dekat lokasi *landfill* berdasarkan analisa ayakan dan hidrometer komposisinya tanah pasir 100%. Tanah Lanau didapatkan dari tanah taman dan tanah lempung dari galian pembangunan sebuah gedung di daerah Mayjen Sungkono. Keduanya juga dianalisa ayakan dan hidrometer.

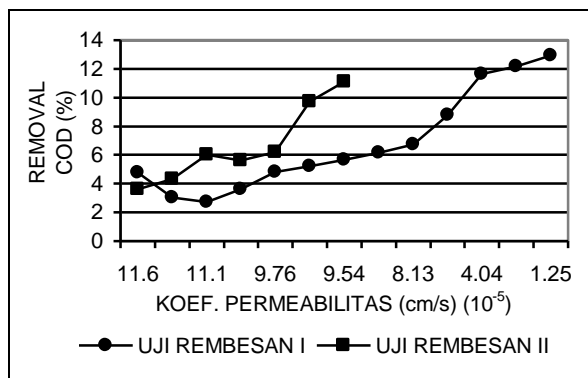
Berkaitan dengan uji ini, maka tanah asli dari lokasi *landfill* Kenjeran juga ikut diuji. Sebelum diuji dilakukan ayakan dan hidrometer. Dari hasil ayakan analisa tersebut didapatkan komposisi : Pasir : Lanau : Lempung = 50% : 20% : 30%. Sedangkan untuk mendapatkan lindi adalah dengan mengebor lapisan tanah penutup setebal ± 1 m pada 5 titik yang ditentukan yang diperkirakan dapat mewakili kandungan lindi dari *landfill* tersebut. Lindi yang dipergunakan tersebut berasal dari *landfill* Kenjeran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil uji, didapatkan koefisien permeabilitas tanah pasir (100%) rata-rata terhadap lindi pada kondisi tanpa sterilisasi adalah $5,203 \times 10^{-5}$ cm/detik, removal COD rata-rata 7, 157%. Pada kondisi dengan sterilisasi nilai K rata-rata adalah $6,206 \times 10^{-5}$ cm/detik dengan removal COD rata-rata 6,552%. Nilai K keduanya adalah 0,187 cm/jam dan 0,223 cm/jam masuk dalam tipe aliran lambat, maka ternyata proses sterilisasi (perlakuan panas uap dan tekanan) tidak begitu berpengaruh terhadap koefisien permeabilitas rata-rata dari kedua hasil uji tersebut (Verstraete, 1991). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang menjelaskan tentang hubungan koefisien permeabilitas dan removal COD tanah pasir 100% tanpa sterilisasi dan Gambar 2 tentang hubungan koefisien permeabilitas dan removal COD dalam tanah pasir dengan sterilisasi.



Gambar 1. Hubungan Koefisien Permeabilitas Dan Removal COD dalam Tanah Pasir 100% Tanpa Sterilisasi



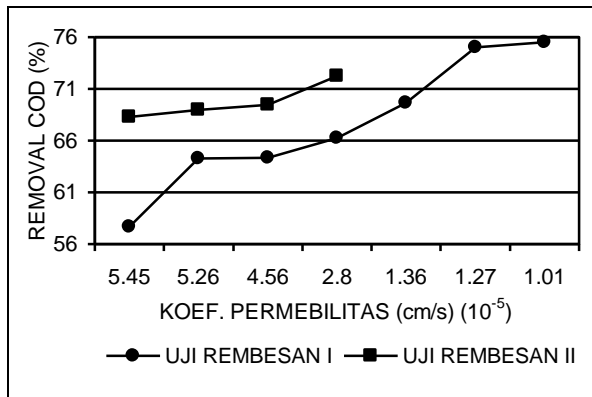
Gambar 2. Hubungan Koefisien Permeabilitas Dan Removal COD dalam Tanah Pasir 100% Dengan Sterilisasi

Bersamaan fungsi waktu, menunjukkan terjadinya penurunan koefisien permeabilitas, mulai awal sampai pada uji mencapai *clogging* I. Setelah media diistirahatkan tiga hari dan uji dilakukan lagi sampai dicapai *clogging* II nilai K menunjukkan nilai koefisien yang semakin mengecil. Hal ini dipahami karena terjadi pengisian pori-pori pasir oleh lindi secara kontinyu, yang menyebabkan tanah menjadi *clogging* (porositas mengecil).

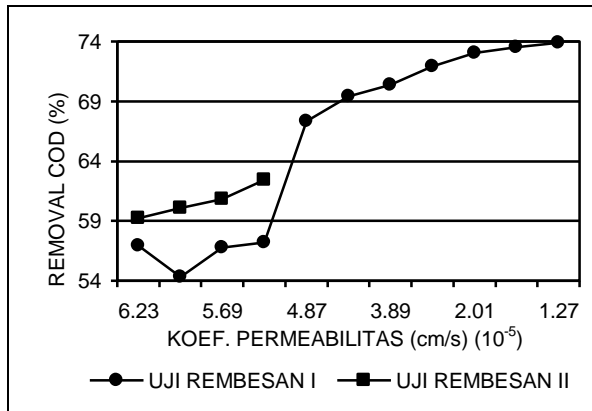
Besarnya removal COD didasarkan oleh nilai K yang semakin kecil. Kondisi fisik tanah pasir (100%) dapat dipantau dari hasil uji yang dilakukan sebelum dan sesudah test, baik untuk tanah tanpa sterilisasi maupun dengan sterilisasi. Kejadian ini pula yang memungkinkan terjadinya penurunan koefisien permeabilitas pada tanah uji.

Harga removal rata-rata, untuk tanah asli tanpa sterilisasi menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan tanah pasir dengan sterilisasi, dalam hal ini menunjukkan perbedaan nilai removal yang dimungkinkan akibat aktivitas mikroorganisme

dalam menguraikan zat organik. Hasil uji fisik tanah asli hampir sama dengan hasil analisa pada tanah pasir (100%). Tanah asli cepat mengalami clogging dikarenakan adanya unsur tanah halus, namun disisi lain removal COD akibat pengaruh kimia tanah dan mikroorganisme cukup besar, sedangkan pengaruh kondisi fisik tidak tampak. Selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

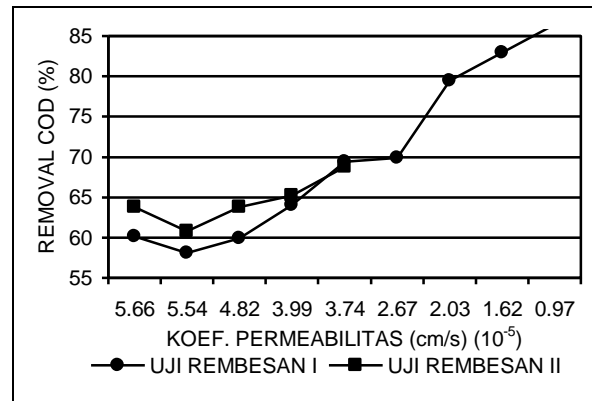


Gambar 3. Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Removal COD Dalam Tanah Asli *Landfill* Kenjeran Tanpa Sterilisasi.

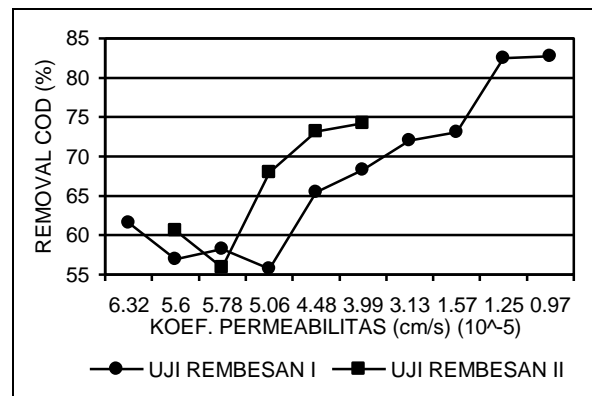


Gambar 4. Hubungan Koefisien Permeabilitas Kenjeran dengan Removal COD Dalam Tanah Asli *Landfill* Dengan Sterilisasi

Gambar 5 dan Gambar 6 menerangkan keadaan untuk tanah buatan nampak terjadi adanya persamaan range nilai K antara tanah asli *landfill* dan tanah buatan. Namun tentunya dalam hal kandungan kimia (termasuk organik dan anorganik) dan mikroorganisme tanah jelas terjadi perbedaan antara tanah asli *landfill* dengan tanah buatan dan hasil uji ternyata removal COD tanah asli *landfill* lebih besar.



Gambar 5. Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Removal COD Dalam Tanah Buatan Tanpa Sterilisasi



Gambar 6. Hubungan Koefisien Permeabilitas Dengan Removal COD Dalam Tanah Buatan Dengan Sterilisasi

Dari hasil analisa diatas, maka dapat diprediksikan bahwa pada tanah tanpa sterilisasi nilai K yang semakin kecil dipengaruhi oleh dominasi aktivitas mikrobiologis, fisik, kimia. Sedangkan pada tanah dengan sterilisa semakin mengecilnya nilai K dipengaruhi oleh dominasi proses fisik, kimia.

Pada tahap aklimatisasi cukup dilakukan 7 hari saja, karena pada hari ke-7 ternyata ikan bandeng sebagai organisme uji mengalami kematian 3,33% dari total uji (270 ekor), yang berarti kurang dari 5%. Untuk itu dapat diterima dalam uji toksisitas ini.

Pada range finding test, konsentrasi COD pada analisa awal dan kekentalan lindi maka variasi konsentrasi dibuat 10% sampai 50% dengan 0% sebagai kontrol (6 variasi konsentrasi), dimana menghasilkan pada konsentrasi 10% maka organisme uji mengalami kematian 100% dalam durasi pemaparan 96 jam.

Dari hasil uji diatas, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan uji acute toxicity test dengan hasil nilai LC-50 7,00% dengan batas atas 13,30% dan batas bawah 3,68% yang menyatakan prosen volume dari parameter uji yaitu COD. Nilai COD rata-rata 3.285,78 mg/l. Maka nilai-nilai prosentase volume diatas bila dikonversikan pada COD uji rata-rata, didapat batas bawah 120,92 mg/l, LC-50 230,00 mg/l dan batas atas 437,01 mg/l.

Uji selanjutnya yang dilakukan adalah prolonged toxicity test, dalam durasi pemaparan 28 hari. Untuk membandingkan antara uji *acute toxicity* dan *prolonged test* adalah membandingkan efek prosentase kematian rata-rata ikan bandeng tiap-tiap konsentrasi uji pada hari ke-4 (*acute toxicity test*) dengan hari ke-28 (*prolonged test*).

Dalam uji toksisitas juga dilakukan pemantauan terhadap parameter fisik seperti pH, DO, TDS dan kekeruhan dari lindi. Dari hasil penelitian untuk pH didapatkan dalam range 7,0 – 8,2 untuk variasi pH 0% - 10%, terhadap parameter DO nilai berkisar dalam range 2,57 – 5,44 mg/ dan hasil analisa TDS dan kekeruhan menunjukkan nilai yang relatif tinggi, yakni untuk TDS 0,49-2,21 mg/l dan kekeruhan 5,41- 55 76 mg/l SiO₂/l. Parameter fisik ini sangat berpengaruh pada kehidupan ikan, karena semakin banyaknya zat padat yang masuk dalam insang, maka akan mengganggu proses respirasi ikan sehingga menyebabkan kematian.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Bersamaan dengan semakin mengecilnya nilai koefisien permeabilitas media tanah maka nilai removal COD semakin membesar. Removal COD terbesar adalah dari media tanah asli *landfill* kemudian tanah buatan dan tanah pasir 100%. Reaksi fisik, kimia, dan mikrobiologis dalam removal COD, dapat terjadi sempurna bila waktu tinggal zat organik lindi didalam media tanah lebih lama bersamaan

dengan kondisi clogging. Didapatkan nilai konsentrasi LC-50 = 7.00%, batas atas = 13,30% dan batas bawah = 3.68% dari hasil uji toksisitas lindi terhadap ikan bandeng.

4.2. Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap studi pengendalian lindi dari aspek pengontrolan sumber pencemar. Dapat dilakukan penelitian lebih spesifik mengenai proses terjadinya pori-pori tanah pada saat awal akan terjadi *clogging*. Kematian ikan bandeng mungkin juga bisa diakibatkan oleh kandungan logam berat dan unsur-unsur kimia lain dalam lindi, untuk itu dilakukan uji lebih lanjutan terhadap kadar unsur-unsur tersebut. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan terhadap lindi *landfill* Kenjeran, maka dapat dilakukan uji toksisitas kronik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. and Ayres, D.C. (1993). **Chemical Principals of Environmental Pollution**. Blackie Academic and Professional An Imprint of Chapman and Hall.
- Tan, K.H. (1991). **Dasar-Dasar Kimia Tanah**. Gajah Mada University Press.
- Ahmad, M. (1995). **Budidaya Bandeng Di Tambak**. Swadaya IKAPI.
- Devinny, J.S. Everett, L.G. Lu, J.C.S. dan Stollar, R.L. (1989). **Subsurface Migration Of Hazardous**. Environmental Engineering Series. New York.
- Verstrete, W. (1991). **Introduction to Microbial Ecology in General And Soil Microbiology in Particular**. Lab. Microbial Ecology. University of Ghent. Belgium.