

## Potensi Sedimen Tanah Dalam Menyisihkan Senyawa Organik Volatil *1,2-Dichloroethane* (1,2-DCA)

Tivany Edwin<sup>1</sup>, Toyoko Demachi<sup>3</sup>, Arata Katayama<sup>2,3</sup>  
Kiyotoshi Asahi<sup>4</sup>, Toshio Horibe<sup>4</sup>, Takahisa Mase<sup>5</sup>, Masami  
Kamada<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Environmental Engineering of Andalas University

<sup>2</sup>Graduate school of Engineering and<sup>3</sup>Ecotopia Science Institute, Nagoya University

<sup>4</sup>Environmental Affairs Bureau of Nagoya City

<sup>5</sup>DOWA Eco-System Co. Ltd

### Abstrak

Senyawa organik volatil terklorinasi merupakan pencemar bersifat karsinogenik, dimana keberadaannya dalam air tanah dapat membahayakan ekosistem. Konsentrasi *1,2-dichloroethane* (1,2-DCA) pada suatu air tanah ditemukan dalam konsentrasi tinggi yakni 92-375 mg/L. Salah satu upaya ramah lingkungan untuk menyisihkan senyawa tersebut dari air tanah adalah dengan menggunakan metode bioremediasi. Pengukuran jumlah sel bakteri menggunakan PCR-*realtime* dilakukan pada beberapa lapisan sedimen tanah sampai kedalaman 3,5 meter (bagian atas, tengah dan bawah) yang dilalui air tanah dan ditemukan keberadaan bakteri yang berperan dalam penyisihan senyawa organik volatil terklorinasi yakni *Dehalococcoides spp* dengan jumlah  $2 \times 10^4$ - $4,6 \times 10^7$  sel/kg tanah kering. Percobaan biodegradasi dilakukan dengan memasukkan 24 ml sedimen tanah dan 16 ml air yang mengandung 0,3 mmol/L 1,2-DCA ke dalam botol vial dan ditutup dengan *rubber stopper* kemudian disimpan dalam inkubator bersuhu 13°C disesuaikan dengan suhu sedimen tanah setempat. Dari percobaan didapatkan penurunan konsentrasi pada ketiga lapisan tanah sedangkan pada percobaan kontrol konsentrasi 1,2-DCA tidak mengalami perubahan. Disimpulkan sedimen tanah yang tercemar tersebut memiliki potensi untuk aplikasi metode bioremediasi dalam menyisihkan senyawa organik terklorinasi dalam air tanah.

**Kata kunci:** bioremediasi, *Dehalococcoides spp.*, elektron donor, percobaan biodegradasi

### 1 Pendahuluan

Senyawa organik volatile dikenal sebagai salah satu pencemar organik yang mana jika terpapar dalam jumlah besar dapat merusak kesehatan manusia, begitu juga dengan lingkungan karena dapat merusak ekosistem dimana ia berada. Senyawa organik volatile terklorinasi bahkan lebih berbahaya lagi karena bersifat karsinogenik. Salah satu jenis dari senyawa tersebut adalah 1,2-Dichloroethane (1,2-DCA). 1,2-DCA merupakan likuid tak berwarna memiliki bau seperti chloroform, biasa digunakan untuk produksi PVC, sebagai pelarut, penghilang cat, dan sebagainya. Ia bersifat toksik dan mudah terbakar, memiliki waktu paruh 50 tahun

dalam keadaan anoxic dan sulit untuk diolah secara konvensional karena bersifat larut dalam air. Metode yang cocok untuk menghilangkan 1,2-DCA adalah dengan cara bioremediasi.

Pemakaian bahan kimia organik yang mengandung senyawa organik volatil terklorinasi seperti yang terkandung dalam berbagai produk kimia seperti kosmetik, cat, pelarut lemak, desinfektan dan sebagainya, sudah sangat lumrah pada saat ini. Pembuangan sisa produk tersebut secara *open dumping* ke atas tanah akan memungkinkan terjadinya pencemaran tanah serta air tanah melalui proses infiltrasi air hujan.

Ada banyak cara untuk membersihkan air tanah dari senyawa organik volatil terklorinasi seperti dengan menggunakan metode solidifikasi, pencucian tanah, *ion exchange*, dsb. Namun cara tersebut memerlukan biaya yang besar walaupun proses penyisihan memerlukan waktu yang lebih singkat. Salah satu cara yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan metode bioremediasi yang memanfaatkan kemampuan alami mikroorganisme untuk mendegradasi pencemar dan menjadikannya senyawa yang tidak berbahaya (Vidali, 2001). Keadaan lingkungan harus mendukung pula untuk dilakukannya proses bioremediasi, hal yang dipertimbangkan antara lain keberadaan oksigen, pH, nutrient, dan temperature. Jika hal tersebut tidak mendukung bagi mikroorganisme maka diperlukan rekayasa agar proses bioremediasi dapat berlangsung dengan baik. Untuk degradasi senyawa organik volatil terklorinasi, biasanya terjadi dalam keadaan anaerob dengan proses deklorinasi reduktif, dimana senyawa organik seperti karbohidrat, asam lemak dan alcohol bertindak sebagai elektron donor mengalami proses fermentasi untuk menghasilkan hydrogen (Semprini, 1995). Hidrogen yang dihasilkan akan ditukar dengan klorida pada senyawa organik volatil terklorinasi yang merupakan sumber electron akseptor bagi mikroorganisme.

*Dehalobacter spp.* dan *Dehalococcoides spp.* merupakan dua bakteri yang dikenal dapat menjalankan proses deklorinasi reduktif pada senyawa 1,2-DCA, PCE (Perchloroethene), TCE (Trichloroethene), dan sebagainya (Maymo-Gatell et al 1999, Gostern et al 2006). Kedua spesies bakteri ini biasanya ditemukan pada daerah yang tercemar senyawa organik volatil terklorinasi. Sedangkan *Geobacter spp.* dan *Desulfotobacterium spp.* adalah bakteri yang dikenal dapat mendegradasi senyawa organik volatil terklorinasi dengan proses dehalogenasi reduktif.

1,2-DCA ditemukan pada suatu daerah dengan konsentrasi tinggi yakni 95-375 mg/l dalam air tanah yang diduga terjadi akibat kegiatan *open dumpings* sampah pada masa lampau. Bioremediasi alami dengan menggunakan tanah sedimen tempat lewatnya air tanah diharapkan dapat dijadikan alternatif untuk menyisihkan 1,2-DCA.

## 2 Metodologi Penelitian

Penelitian terdiri atas dua bagian, untuk melihat total sel bakteri yang berperan untuk menyisihkan 1,2-DCA dalam tanah dan untuk melihat kemampuan tanah secara

alami dalam menyisihkan 1,2-DCA dalam percobaan biodegradasi. Sampel sedimen tanah diambil pada dua sumur pantau (*well 3* dan *well 4*) menggunakan sediment sampler dari Eggman Barge AS ONE-Japan. Pada satu sumur pantau diambil sediment sedalam 3,5 meter, kemudian dibagi menjadi 3 bagian yakni bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah. Sediment kemudian difilter pada sieve berukuran 2mm mesh dan disimpan dalam botol 1 L kemudian dimasukkan ke dalam pendingin bersuhu 4°C untuk percobaan biodegradasi. Sedangkan 100 mL sedimen tanah disimpan pada freezer -80°C untuk kemudian dipakai untuk menghitung total sel bakteri menggunakan PCR- Realtime.

Untuk analisis bakteri menggunakan PCR-realtime, DNA pada sedimen tanah diekstrak menggunakan ISOIL kit dari NIPPON GENE-Japan. Total sel bakteri dihitung dalam 5µl sampel DNA dengan menggunakan primer *Dehalococcoides spp.*, *Geobacter spp.* (Kato, 2010), *Desulfitobacterium spp.* (Muyzer, 1993), and *Dehalobacter spp.* (Muyzer, 1993). Adapun rangkaian primer dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 2.1.** Sequence of primer sets

| Specificity                    | Primer Name | Direction | Position | Sequence (5'→3')          |
|--------------------------------|-------------|-----------|----------|---------------------------|
| <i>Dehalococcoides spp.</i>    | DHC793F     | Forward   | 774-793  | GGGAGTATCGACCCTCTCTG      |
|                                | DHC946R     | Reverse   | 946-965  | CGTTYCCCTTTCRGTTCACT      |
| <i>Dehalobacter spp.</i>       | Dre441F     | Forward   | 441-461  | GTTAGGGAAGAACGGCATCTGT    |
|                                | Dre645R     | Reverse   | 666-645  | CCTCTCCTGTCCTCAAGCCATA    |
| <i>Desulfitobacterium spp.</i> | Dsb406F     | Forward   | 406-426  | GTACGACGAAGGCCTTCGGGT     |
|                                | Dsb619R     | Reverse   | 629-610* | CCCAGGGTTGAGCCCTAGGT      |
| <i>Geobacter spp.</i>          | Geo517F     | Forward   | 517-533  | CGCGTGTAGGCGGTTTG         |
|                                | Geo836R     | Reverse   | 860-836  | TCAATACCCGCAACACCTAGTACTC |

Percobaan biodegradasi dilakukan dengan menggunakan tabung vial, mengisinya dengan 24 ml pasta sedimen (masing-masing 3 tabung pada tiga lapisan tanah yang mewakili lapisan atas, tengah dan bawah) dan 16 ml air yang mengandung 0.3 mmol/L air atau setara dengan 100 mg/L 1,2-DCA. Tabung vial yang telah ditutup dengan rubber stopper kemudian dialirkan nitrogen selama 30 menit untuk membangun suasana anaerob, kemudian tabung tersebut disimpan dalam inkubator

13°C sesuai keadaan di dalam sedimen tanah di lapangan. Percobaan kontrol juga dilakukan pada masing-masing lapisan tanah, namun pasta tanah terlebih dahulu di-autoclave agar bakteri tidak tumbuh, sehingga penyisihan 1,2-DCA dapat dipastikan berkat peran mikroorganisme.

Konsentrasi 1,2-DCA pada setiap tabung diukur secara berkala menggunakan *Flame Ion Detection Perkin Elmer Cooperation Auto system gas chromatograph* (XL GC) dengan kolom kapiler Chrompack Pora PLOT 0,32 mm x 25 m, gas *carrier* 26,5 psi helium, temperature injektor dan detektor 250C. Gas *headspace* diambil sebanyak 150µl dan diinjeksikan pada kolom dengan suhu 40C, dan meningkat dengan kecepatan 40/menit selama 4 menit dan stabil pada 200C. Peak 1,2-DCA muncul pada menit ke-9,9.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran ketiga lapisan sedimen tanah pada kedua sumur pantau menggambarkan bahwa *Dehalococcoides spp.* terdapat dalam sedimen tanah sejumlah  $2 \times 10^4$  sampai  $4,6 \times 10^7$  sel/kg tanah kering. Hal ini tergambar pada Figur 1, dimana garis putus-putus menerangkan total sel bakteri pada konsentrasi latar belakang. Hal ini mengindikasikan kemungkinan biodegradasi senyawa 1,2-DCA oleh bakteri *Dehalococcoides spp.* Hal ini dipastikan lagi pada percobaan biodegradasi. *Geobacter spp.* juga ditemukan pada satu lapisan tanah dalam jumlah yang sedikit.

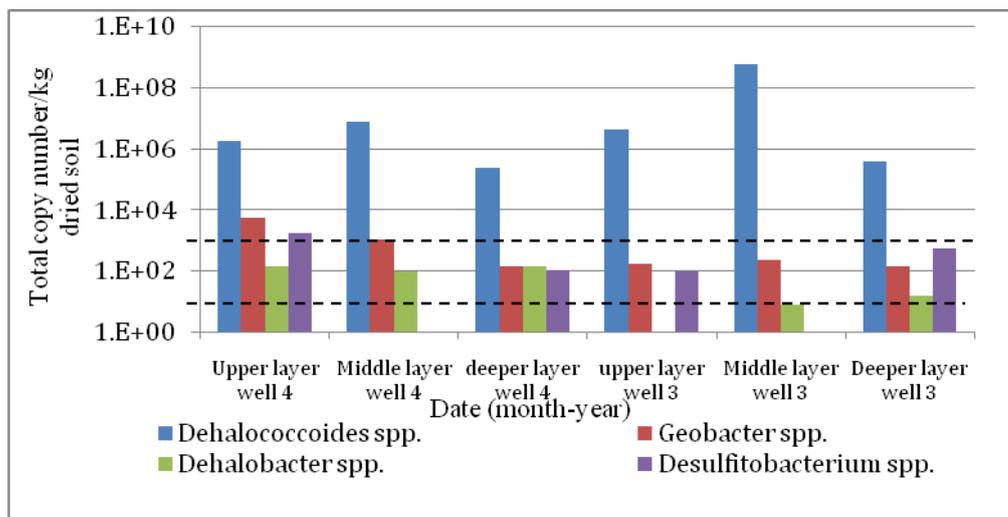


Figure 1. Total bacterial cell number in subsurface soil

Hasil percobaan biodegradasi ditampilkan dalam Figur 2 sampai Figur 5. Figur 2 dan figure 4 menggambarkan bahwa biodegradasi 1,2-DCA terjadi pada ketiga lapisan sampel pada sedimen tanah well 3 dan well 4, dan dapat terdegradasi secara sempurna setelah lebih kurang 2 bulan. Sedimen tanah well 4 tampak lebih baik dalam mendegradasi 1,2-DCA dibandingkan well 3. Ketiga lapisan tanah pada well 3 memperlihatkan pendegradasian yang hampir sama pada setiap lapisannya. Sedangkan pada well 4, ketiga lapisan tanah memperlihatkan kecenderungan trend degradasi 1,2-DCA yang berbeda-beda.

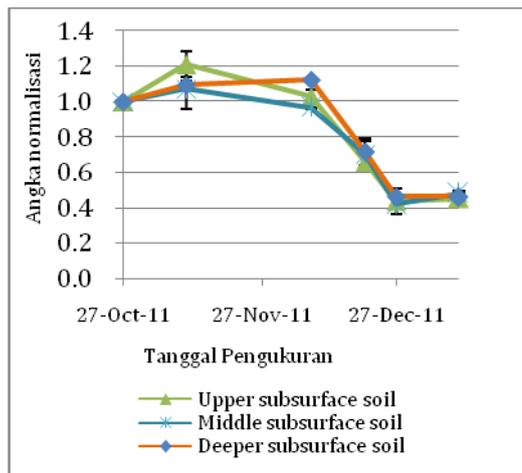


Figure 2. Degradasi 1,2-DCA Menggunakan Sedimen Tanah pada Well 3

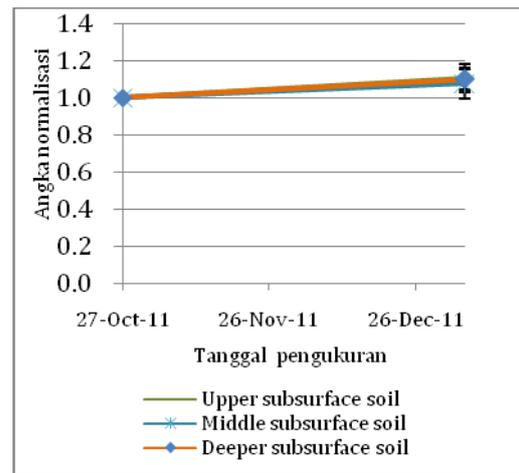


Figure 3. Degradasi 1,2-DCA Menggunakan Sedimen Tanah Well 3 kontrol

Percobaan dengan menggunakan botol *vial* kontrol menggambarkan tidak ada perubahan berarti pada konsentrasi 1,2-DCA setelah waktu 2 bulan. Hal ini menandakan bahwa biodegradasi 1,2-DCA pada sedimen tanah di pengaruhi oleh aktifitas mikroorganisme.

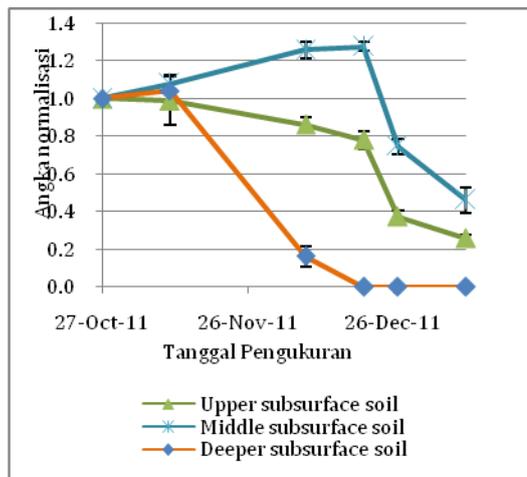


Figure 4. Degradasi 1,2-DCA Menggunakan Sedimen Tanah pada Well 4

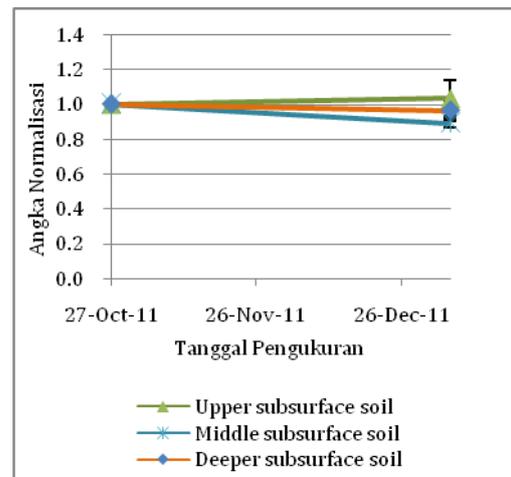


Figure 5. Degradasi 1,2-DCA Menggunakan Sedimen Tanah Well 4 kontrol

#### 4 Kesimpulan

Hasil pengukuran menggunakan PCR-*realtime* menunjukkan bahwa pada tanah sedimen yang tercemar 1,2-DCA terdapat sejumlah besar bakteri *Dehalococcoides spp.* yang berfungsi mendegradasi senyawa 1,2-DCA. Sedimen tanah alami tersebut terbukti memiliki kemampuan dalam menyisihkan 1,2-DCA berdasarkan percobaan biodegradasi. 1,2-DCA dapat didegradasi secara keseluruhan pada well 4 lapisan paling bawah. Percobaan kontrol memperlihatkan bahwa mikroorganisme yang bekerja dalam degradasi 1,2-DCA karena tidak terdapat perubahan konsentrasi 1,2-

DCA pada percobaan tersebut. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa tanah sedimen yang tercemar 1,2-DCA memiliki potensi dalam menyisihkan 1,2-DCA secara alami. Penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk penambahan electron donor untuk mempercepat aktifitas mikroorganisme dalam menyisihkan 1,2-DCA dari air tanah dengan menggunakan tanah sedimen tersebut.

## 5 Daftar Pustaka

- Barbash, J., Roberts, P. V. (1986). Volatile organic chemical contamination of groundwater resources in the US. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, Vol. 58, No. 5 pp. 343-348.
- Dye, M., Heiningen, E., Gerritse, J. (2003). *A field trial for in-situ bioremediation of 1,2-DCA*. *Engineering Geology* 70 pp. 315-320.
- Groster, A., Edwards, E. A. (2006). Growth of *Dehalobacter* and *Dehalococcoides* spp. During degradation of chlorinated ethanes. *Applied and Environmental Microbiology* Vol. 72, No. 1 pp. 428-436.
- Hagblom, Max, M., Bossert, Ingeborg D. (2003). *Dehalogenation Microbial Processes and Environmental Applications*. Kluwer Academic Publisher. London.
- Katayama, A. Liu, F. M., Suzuki, I., Yoshida N., Asahi, K. (2010). A case study of passive bioremediation using river sediment as microbial barrier. *Journal of Biotechnology* Vol. 150S pp S1-S576.
- Kato, Kaisuke. (2010). Study on detection of dechlorinating bacteria distributed in river sediment. Bachelor thesis of Department of civil engineering and architecture Nagoya University. In Japanese.
- Maymo-Gatell, X., Anguish, T., Zinder, S. H. (1999). Reductive dechlorination of chlorinated ethenes and 1,2-dichloroethane by "*Dehalococcoides ethenogenes*" 195. *Applied and Environmental Microbiology* Vol. 65, No. 7 pp. 3108-3113.
- Muyzer, G., de Waal, E. C., Uitterlinden, A. G. (1993). Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59, pp. 695-700.
- Semprini, L. (1955). In situ bioremediation of chlorinated solvents. *Environmental Health Perspective* Vol 103 (Supplement 5) pp. 101-105.
- Suzuki, Isaki. (2010). Bioremediation of groundwater contaminated with volatile organic compounds. Master Thesis of Department of Civil Engineering Nagoya University. (In Japanese)
- Takaaki, Sugiura. (2007). Evaluation of biodegradation capacity of the river bed sediment in the VOCs polluted site. Master Thesis of Department of Civil Engineering Nagoya University. (In Japanese)
- Vidali, M. (2001). Bioremediation. An overview. *Pure Appl. Chem.*, Vol. 73, No. 7, pp. 1163-1172.