

JRL	Vol.6	No.2	Hal. 131 - 137	Jakarta, Juli 2010	ISSN : 2085-3866
-----	-------	------	----------------	-----------------------	------------------

## PERAN TEKNOLOGI DALAM PENGENDALIAN PENCEMARAN LINGKUNGAN HIDUP

**Arie Herlambang**

Pusat Teknologi Lingkungan - BPPT  
Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta 10340

### **Abstract**

*Basically, nature has the ability to perform the restoration of environmental damage caused by increased human activity, but because of the limited carrying capacity, then the environment has decreased the quality from year to year. In saving the environment, technology plays a role in reducing the risk of pollution, increased efisiensi process, and creating processes and environmental friendly products, monitoring and prediction of environment quality, environmental pollution control, restoration and environmental improvement. Waste Technology (end of pipe technology) are widely used to cope with environmental pollution, both for liquid waste, solid and air. Waste processing technology developed for the waste can be in accordance with quality standards that have been established, while monitoring technology has been developed either manually or automatically. For recovery and improvement of technology has been developed remedies and restoration that rely on bacteria in nature.*

**Keywords:** *end of pipe technology, reuse, recycle, reduce (3R), carrying capacity, and environment pollution*

### **1. Pendahuluan**

#### **1.1 Latar Belakang**

Lingkungan Hidup semakin hari semakin menjadi pusat perhatian sejalan dengan pesatnya pertumbuhan penduduk bumi yang membawa konsekuensi meningkatnya konsumsi pangan, energi dan air.

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan hidup tidak dapat dihindari munculnya limbah sebagai bahan yang sudah tidak terpakai dalam proses produksi. Semakin efisien proses produksi, maka limbah yang dihasilkan akan semakin kecil.

Teknologi berperan dalam proses

produksi untuk meningkatkan efisiensi proses, sehingga limbah yang dihasilkan jumlahnya minimal. Disamping itu teknologi juga berperan dalam penanganan limbah hasil aktifitas produksi, sehingga limbah yang dibuang ke alam dapat memenuhi baku mutu lingkungan. Teknologi dapat membantu meningkatkan daya dukung lingkungan suatu wilayah.

*Nasional Science and Technology Council (NTSC) USA, dalam dokumennya yang berjudul *Technology for a Sustainable Future : A Framework for Action*, mendefinisikan Teknologi Lingkungan sebagai*

teknologi yang menunjang pembangunan berkelanjutan melalui 1). pengurangan resiko, 2). Peningkatan efektifitas biaya, 3). Peningkatan efisiensi proses, dan 4). Penciptaan proses-proses dan produk-produk yang ramah lingkungan.

Kategori teknologi lingkungan meliputi hal-hal, sebagai berikut :

- a. *Avoidance* (Peniadaan) : teknologi avoidance meniadakan dihasilkan-nya senyawa-senyawa yang berbahaya bagi lingkungan atau merubah aktivitas tertentu yang berakibat terwujudnya proses minimisasi dampak ke lingkungan.
- b. *Monitoring and Assessment* (Pemantauan dan Pendugaan): teknologi yang digunakan untuk memantau kondisi atau keadaan lingkungan yang terkait dengan kualitasnya, termasuk pula persebaran polutan baik antropogenik maupun non antropogenik dan pendugaan dampaknya bagi keselamatan lingkungan.
- c. *Control* (Pengendalian) : teknologi pengendalian digunakan untuk upaya mencegah setidaknya menurunkan beban pencemaran pada batas yang diterima sebelum masuk ke lingkungan.
- d. *Remediation and Restoration* (Pemulihan dan Perbaikan) : teknologi remediasi digunakan dalam menurunkan atau meminimalisasi dampak senyawa-senyawa berbahaya yang merugikan setelah masuk ke lingkungan. Sedangkan teknologi restorasi meliputi metode yang dirancang untuk meningkatkan kualitas ekosistem yang telah menurun baik akibat alami maupun aktivitas manusia.

Secara umum aplikasi teknologi lingkungan harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu : a). melindungi lingkungan dari pencemaran, b). mengurangi potensi mencemari lingkungan, c). menggunakan sumberdaya alam secara berkelanjutan, d). mendaurulang lebih banyak produk

dan limbahnya, e). mengatasi semua sisa proses atau limbah dengan metode yang lebih ramah dibanding teknologi yang digantikannya.

## 2. Teknologi Pengelolaan Limbah Ujung Pipa

Teknologi Ujung Pipa (*End of Pipe Technology*) adalah pemanfaatan teknologi lingkungan yang lebih menjawab pada penyelesaian dengan penanganan limbah yang telah dihasilkan dan akan dibuang ke lingkungan. Pengembangan teknologi pengolahan limbah cair seperti lumpur aktif, *trikling filter*, atau limbah padat seperti *sanitary landfill* dan limbah gas seperti *cyclone*, *adsorber* dan lainnya, merupakan pola pendekatan penanganan lingkungan generasi awal. Kebijakan negara maju teknologi ini mulai banyak dikurangi atau dihindari, tetapi di negara berkembang *technology end of pipe* masih banyak dipakai.

Limbah sebagai bahan sisa proses umumnya dibuang ke lingkungan dalam wujud padat, cair dan gas. Sedangkan sumber limbahnya bisa berasal dari permukiman, perkantoran/komersial dan industri. Masuknya ketiga wujud limbah tersebut ke lingkungan dalam kadar tertentu bisa membahayakan mahluk hidup dengan istilah polusi, dan istilah polusi juga termasuk polusi bising (*noise*) dan getaran (*vibrasi*).

Di Pusat Teknologi Lingkungan (PTL) BPPT telah dikembangkan beberapa teknologi yang sementara ini digolongkan berdasarkan bentuknya, yaitu padat, cair dan gas. Sebagai contoh teknologi pengolahan limbah padat selama beberapa tahun terakhir ini lebih banyak fokus pada pengolahan sampah, baik di perkotaan dalam skala kota maupun kawasan maupun individu.

### 2.1 Teknologi Pengolahan Sampah

Pengolahan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tergolong pengolahan *end of pipe*, karena sampah

diolah setelah sampai pada tempat pembuangan akhir. Pada awalnya sampah kota dibuang ke lokasi TPA dengan sistem *open dumping*. Pemilihan sistem *open dumping* pada awalnya dipicu oleh tersedianya lahan dan biaya pengelolaan yang murah.

Namun dalam beberapa tahun terakhir *open dumping* banyak menimbulkan masalah lain, seperti : masalah pencemaran bau dari sampah yang tidak terkendali, kemana angin bertiup kesana bau merambat. Bau yang timbul pada TPA akibat dari proses pembusukan bahan organik yang menimbulkan gas seperti hidrogen sulfida atau masalah pencemaran air tanah dangkal akibat air lindi (*leachate*) yang tidak dikelola dengan baik, dan akhir-akhir ini yang sangat menonjol adalah masalah longsornya timbunan sampah yang menimbulkan korban dalam jumlah besar, baik dari kalangan pemulung maupun masyarakat yang tinggal disekitarnya.

Oleh karena itu Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah mensyaratkan pada masa mendatang untuk membuat sistem pengolahan sampah yang saniter atau *sanitary landfill*.

Teknologi pengolahan sampah sistem saniter sudah lama dikenal dan bukan hal baru dalam dunia persampahan, namun dalam penerapan teknologinya sering kaidah-kaidah dasar dalam pembuatannya tidak dipatuhi secara penuh dengan dalih pendanaan yang tidak cukup atau kekurangan sumberdaya manusia. Dalam kondisi seperti ini, diperlukan adanya komitmen yang kuat dari semua pihak untuk menuntaskan permasalahan persampahan, sehingga tidak cukup hanya masalah teknologi saja.

Sejalan dengan perkembangan jaman, dimana pemanasan global menjadi isu internasional, maka teknologi pengolahan sampah juga dituntut untuk mengendalikan jumlah emisi gas rumah kacanya, seperti CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Di Negara maju, seperti negara eropa, Korea dan

Jepang penurunan jumlah emisi gas rumah kaca dimulai dari sumbernya, dimana kadar limbah organiknya tidak boleh lebih dari 8%, sehingga kecenderungan perkembangan teknologinya lebih memakai kepada Sistem *Mechanical Biological Treatment* (MBT).

Di negara berkembang seperti Indonesia masih sulit dilakukan karena karakterisasi sampahnya berbeda, dimana kandungan bahan organiknya masih tinggi (60 – 65%), dengan demikian tidak bisa dihindari munculnya gas rumah kaca dalam jumlah besar sebagai akibat proses pembusukan sampah. Dalam kondisi seperti ini teknologi *sanitary landfill* masih relevan untuk digunakan dengan pengendalian emisi yang lebih ketat.

Dengan adanya *Clean Development Mechanism* (CDM) akhir-akhir ini pengelolaan gas rumah kaca pada sektor persampahan mulai banyak menarik para investor. Gas yang dikelola adalah gas metana yang konsentrasinya bisa mencapai 35-65%. Gas tersebut dapat dibakar atau dijadikan bahan bakar pembangkit listrik, dengan terlebih dahulu dilakukan pemurnian untuk menghilangkan uap air dan gas-gas lainnya. Pengelolaan TPA dengan sistem *sanitary landfill* dan sistem sel dapat dimanfaatkan gasnya dengan terlebih dahulu dilakukan penyesuaian konstruksi sistem perpipaan gas.

## 2.2 Teknologi Pengolahan Limbah Cair

Sistem pengolahan limbah cair yang umum diaplikasikan di Indonesia pada umumnya lumpur aktif, *oxidation ditch*, sistem biofilter anaerobik-aerobik, kolam aerasi, *trickling Filter*, *Rotating Biological Contactor* dan masih banyak lagi, tergantung jenis limbah dan standard baku mutu yang menjadi rujukan.

Teknologi pengolahan limbah cair yang dikembangkan oleh Pusat Teknologi Lingkungan, BPPT selama ini lebih difokuskan pada pengolahan limbah domestik, baik

yang berasal dari pemukiman maupun yang dari industri dan perkantoran. Limbah domestik memberi kontribusi yang sangat besar kepada lingkungan perairan. Dengan penggunaan teknologi pengolahan limbah sistem anaerobik potensi pencemaran limbah domestik sudah dapat dikurangi 70 – 80%, namun jika dikombinasi dengan sistem anaerobik penurunan pencemaran dapat mencapai 90 – 95%.

Penggunaan biofilter dalam sistem pengolahan limbah akan lebih meningkatkan efisiensi dan stabilitas proses, karena bakteri melekat pada media dan tidak memerlukan energi besar untuk proses pengadukan sludge. Teknologi ini sangat efektif untuk mengolah limbah dari industri pengolah makanan dan limbah rumah sakit.

Aplikasi teknologi biofiltrasi dengan kombinasi proses kimia, juga efektif untuk menurunkan limbah dengan BOD dan COD yang tinggi, seperti pada kasus pencemaran limbah industri perikanan, industri kosmetika, industri tekstil, dan industri tapioka. Kombinasi proses kimia dan biologi selain dapat menghemat pemakaian lahan, dapat pula menjamin sistem biologinya dapat berjalan sempurna dan terhindar dari material toksik yang berlebihan.

Sampai saat ini teknologi pengolahan limbah dengan kombinasi sistem kimia dan biologi masih terdapat masalah pada pengolahan limbah *sludge*, terutama jika terdapat dalam jumlah besar. Sementara ini *sludge* banyak diolah dengan menggunakan *sludge drying bed*, *sludge* dikeringkan lalu dibakar, atau dipadatkan dengan filter press untuk dibuat batako jika tidak berbahaya. Jika berbahaya dan mengandung B3, diolah di PPLI Cibinong.

Pengkajian Teknologi Pengendalian Pencemaran Limbah Gas/ Udara belum banyak dilakukan, selama ini pengendalian baru terbatas pada gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>S, namun karena sifat gas yang tidak berbau dan tidak berasa, maka keberadaannya sulit dikenali dan memerlukan alat pendeteksi gas/ sensor. Teknologi sistem pendeteksian

gas atau pencemaran udara sudah dapat dibuat oleh BPPT, bersamaan dengan teknologi deteksi dini pencemaran air, namun sensornya sampai saat ini masih tergantung pada produk impor.

### 3. Teknologi Dengan Pendekatan 3R (Reduce, Reuse, Recycle)

Penanganan di hilir (*End of Pipe*) membutuhkan biaya tinggi, sehingga menimbulkan pemikiran untuk melakukan upaya dengan mengurangi jumlah limbah dari sumbernya (*Reduce*), melakukan daur ulang (*Reuse*) dan guna ulang (*Recycle*). Upaya untuk melakukan 3R dilakukan dengan melakukan produksi bersih (*cleaner production*), minimalisasi limbah, efisiensi proses dan penghematan energi.

Sejak dikenalkan teknologi ramah lingkungan pada era tahun 1980 an, maka konsep teknologi yang dapat mencegah atau mengurangi terjadinya polusi semakin berkembang. Dalam dunia industri proses produksi yang ramah lingkungan menjadi lebih populer dengan produksi bersih (*cleaner production*) dengan langkah praktisnya antara lain; mengurangi jumlah pemakaian energi dan bahan mentah produksi, mengurangi limbah, serta memperbesar potensi pendaurulangan bahan mentah produksi dan produk samping.

Peran pemilihan teknologi dalam produksi bersih sangat besar dan menentukan tinggi rendahnya pencemaran lingkungan akibat proses produksi, selain terkait pula dengan penggunaan bahan baku ramah lingkungan, efisiensi dan efektifitas proses produksi. Dengan berjalannya sistem produksi bersih pada suatu industri, maka jumlah limbah yang dihasilkan dapat jauh berkurang dan dapat mengurangi biaya investasi pada sistem *end of pipe*, selain memenuhi standar manajemen lingkungan seperti yang ditetapkan dalam ISO 14000 dan meningkatnya citra perusahaan dimata konsumen.

### 3.1 Sistem 3R Pada Pengolahan Sampah

Pada pengolahan sampah, 3R sudah lama dikenal dan diaplikasikan, terutama pada pengelolaan sampah berbasis masyarakat. Konsumen diberi pencerahan, bahwa dalam pemilihan produk konsumsi sudah harus mempertimbangkan apakah barang yang dibeli menimbulkan sampah atau tidak, dengan demikian konsumen juga membantu menurunkan jumlah sampah.

Dalam prakteknya penerapan 3R di sumbernya berupa pemisahan jenis sampah menurut jenisnya, misalnya sampah organik, plastik dan logam, harus diikuti oleh jadwal pengambilan atau pengangkutan yang disesuaikan dengan hari dan jenis yang akan diangkut, dengan demikian sistemnya akan terbentuk dan masyarakat tinggal mengikuti.

Setelah dilakukan pengangkutan sampah dan dibawa ke TPA, sampah di TPA juga diletakkan dalam tempat yang terpisah dan tidak dicampur kembali. Sistem 3R ini belum berjalan dengan baik di Indonesia, masih memerlukan sentuhan untuk perubahan kebiasaan disamping komitmen yang tinggi dari pemerintah untuk menjalankan sistem 3R ini.

Jika sistem 3R ini berjalan baik pada setiap tahap (individu, kawasan, TPS dan TPA), maka efisiensi proses pengolahan akan lebih tinggi. Produk kompos akan lebih stabil kualitasnya dan tidak tercemar logam berat, pemilahan plastik akan lebih efektif, gas yang akan dihasilkan lebih terukur, teknologi proses akan lebih efektif karena bahan olahannya lebih homogen.

Aplikasi sistem 3R di Indonesia, khususnya pada bidang persampahan masih memerlukan kerja keras dari semua pihak yang terkait, dan 3R mutlak harus dilaksanakan agar proses pengelolaan menjadi lebih efisien dan efektif.

### 3.2 Sistem 3R Pada Pengolahan Limbah Cair

Aplikasi sistem 3R pada pengolahan limbah cair dilakukan dengan melakukan

perbaikan pada kebocoran sistem, penghematan pemakaian air dan penggantian bahan dengan bahan yang ramah lingkungan atau melakukan daur ulang dan guna ulang dari limbah cair yang ada.

Akhir-akhir ini dengan meningkatnya harga air atau langkanya sumber air, maka daur ulang limbah cair menjadi perhatian, terutama untuk penggunaan air di hotel-hotel dan industri yang banyak menggunakan air. Air hasil olahan limbah cair domestik dapat digunakan kembali untuk keperluan flushing toilet atau siram tanaman dengan teknologi pengolahan yang sederhana, atau bahkan dapat digunakan kembali untuk air minum walaupun masih terkendala oleh masalah estetika.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah limbah cair antara lain : perbaikan kebocoran pada sistem perpipaan air bersih, perbaikan keran air yang rusak, pemilihan toilet yang hemat air, dan perubahan dari sistem bathtub yang boros air dengan sistem *shower*.

Dari pemakaian air bersih 100%, diperkirakan 80% berpotensi menjadi limbah cair, oleh karena itu dengan sistem pengolahan limbah yang baik, maka air olahan limbah dapat dijadikan air baku bagi daur ulang air limbah menjadi air bersih.

Jika setiap hotel dan gedung perkantoran melakukan daur ulang 30%, maka jumlah air yang dihemat cukup besar dan mengurangi pemborosan dalam pemakaian sumberdaya alam. Kebijakan daur ulang air limbah sebaiknya dilakukan di daerah yang pemakaian airnya besar, seperti Jakarta dan Surabaya dan juga pada wilayah-wilayah yang langka sumber air, seperti di NTB dan NTT serta Sulawesi, terutama pada kota-kota besarnya.

Teknologi daur ulang air limbah memanfaatkan air hasil olahan pengolahan limbah domestik untuk diolah dan digunakan kembali. Teknologi daur ulang yang dipakai tergantung pada pemanfaatannya. Jika hanya digunakan untuk menyirami tanaman,

cukup menggunakan bak pengendapan dan filter pasir.

Proses koagulasi dan flokulasi kadang juga dipakai jika padatan terlarutnya atau tersuspensi cukup tinggi. Namun jika digunakan untuk air bersih perlu ditambahkan disinfektan dengan dosis yang memadai. Teknologi Ultrafiltrasi dapat juga digunakan untuk produksi air bersih dari air limbah.

Air daur ulang dapat pula digunakan untuk keperluan air minum. Teknologi yang umum dipakai adalah kombinasi teknologi ultrafiltrasi (UF) atau *Membran Bio Reactor* (MBR) dan *membran Reverse Osmosis* (RO), ditambah dengan ultraviolet sterilizer dan ozon. Singapore menggunakan teknologi ini untuk mengolah limbah kotanya.

#### 4 Teknologi, Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan

Baku mutu lingkungan ditetapkan dengan maksud agar kualitas lingkungan tetap terjaga dalam arti khusus daya dukung dan daya tampung lingkungannya tetap mampu untuk mendukung kehidupan disekitarnya tanpa gangguan yang berarti.

Daya dukung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung perikehidupan manusia, makhluk hidup lain, dan keseimbangan antar keduanya, sedangkan daya tampung lingkungan hidup adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya. (UU RI No: 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup),

Peran teknologi dalam merekayasa proses dialam sangat tinggi. Teknologi membawa konsekuensi biaya investasi. Tanpa bantuan teknologi sebetulnya alam mempunyai kemampuan untuk melakukan pemulihan dirinya sendiri (*self purification*), tidak memerlukan biaya, berjalan secara natural, namun biasanya berjalan lambat dan mempunyai keterbatasan, terutama jika zat pencemar sudah terlampaui tinggi

konsentrasinya, sehingga alam tidak mampu lagi untuk mengurainya secara alami.

Rekayasa teknologi lingkungan dapat mempercepat proses penguraian limbah, dengan bantuan energi tambahan, atau udara tambahan atau penambahan nutrien dan enzim pengurai atau bahan kimia untuk proses destruksi atau penguraian dari bentuk yang kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dicerna secara biologi.

Teknologi dapat mempercepat proses penguraian limbah, sehingga waktu dekomposisi menjadi lebih cepat, ukuran reaktor menjadi lebih kecil, biaya menjadi lebih murah, dan yang terpenting lagi daya dukung lingkungan menjadi lebih tinggi dan daya tampung meningkat akibat teknologi dapat mereduksi jumlah pencemar yang masuk kedalam lingkungan.

Pemakaian teknologi membawa konsekuensi pada biaya pemeliharaan dan operasional, oleh karena pemilihan teknologi juga harus mempertimbangkan tingkat kepentingan dan ekonomisnya agar tidak terbengkalai dan mejadi beban yang merugikan.

#### 5 Kesimpulan

- 1) Teknologi secara nyata telah memberi kemudahan dan kenyamanan bagi manusia untuk melakukan aktivitas kehidupan sehari-hari.
- 2) Proses produksi tidak ada yang sempurna dan selalu menghasilkan limbah.
- 3) Aplikasi sistem 3R perlu dan baik untuk diterapkan dalam rangka mengurangi jumlah limbah yang masuk kedalam lingkungan
- 4) Teknologi *end of pipe* masih diperlukan untuk menjaga dan memperbaiki kondisi lingkungan di negara berkembang.
- 5) Teknologi dapat meningkatkan daya tampung dan daya dukung lingkungan.
- 6) Bagi peningkatan pengembangan teknologi lingkungan di Indonesia,

- peran penegakan hukum sangat menentukan, tindakan penegakan hukum persuasif dan berlarut-larut serta tanpa batas menyebabkan lingkungan semakin rusak.
- 7) Pelaksanaan sistem 3R di segala bidang yang berpotensi dalam pencemaran lingkungan lebih baik dilakukan sedini mungkin dan penghargaan perlu diberikan kepada pelaksana 3R yang dapat dijadikan contoh atau panutan.
  - 8) Perlu ditumbuhkan semangat kemandirian dalam teknologi lingkungan.

#### Daftar Pustaka

1. Anonim, 1990. *Studi Daur Ulang Sampah Domestik* dari Sumbernya (Studi Kasus Jakarta Timur. Laporan Akhir. Kelompok Sanitasi Lingkungan BPPT dengan P4L DKI Jakarta.
2. Anonim, 1987, *Study on Solid Waste Management System Improvement Project in The City of Jakarta in Indonesia*, JICA.
3. Anonim, 2005., *Solid Waste Management for Jakarta: Master Plan Review and Program Development*, Dinas Kebersihan Propinsi DKI Jakarta.
4. Anonim, 1996. *Solid Waste Recycling Plant in Surabaya Indonesia*
5. KleemanM,..., *Energy Use and Air Pollution Indonesian*, MARKAL Projec Report, 995.
6. Lestari.P, & KennethE. Noll, 1999, *Fundamental Air Quality System*, paper seminar Jurusan Teknik Lingkungan ITB.
7. Metcalf & Eddy, 1991. *Wastewater Engineering, Treatment Disposal Reuse*, 3rd Edition 1991. McGraw-Hill International.
8. NTSC, 1994., *Technology for a Sustainable Future: A Framework for Action*, Government Printing Office, Washington, D.C.
9. Paul.N.C, dan Angelo.C.M., 1976. *Energy From Solid Waste*, Marcel Dekker, Inc, New York.
10. Peter Campbell. A. and Hun Wang, 1992. *Information Technologtes for Global Resurces Management and Environmental*, Environmental Assess-ment and Infolrmation Sciences Division, Argonne, Illinois, USA
11. Tchobanoglous. G, Thiesen.H, Eliseen. R., 1977, *Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues*, McGraw-Hill, Ltd, Kogaskusha.
12. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang *Pengelolaan Sampah*
13. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor : 32, Tahun 2009 Tentang *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*.