

PERKEMBANGAN IPTEK DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Strategi Dalam Rangka Transfer Teknologi Lingkungan

Oleh : Prof. DR. KRT. Azis Djajadiningrat *)

Abstrak

Eko-teknologi merupakan strategi baru yang inovatif dalam menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Hal ini merupakan prespektif pendekatan yang menjelaskan interdependensi sistem teknologi pengelolaan lingkungan dengan sistem biogeofisik. Pendekatan ini difokuskan pada peran teknologi lingkungan dalam meminimisasikan limbah dan memaksimalkan daur ulang bahan dan energi. Sejauh mungkin sistem produksi mendekati sistem pencegahan kehilangan bahan yang bermanfaat maupun energi. Bersifat sistemik, berorientasi ke masa depan, serta efisiensi siklus melalui pemanfaatan sumber daya alam, energi dan limbah yang dibuang menjadi basis model pengintegrasian sistem biogeofisik kedalam sistem eko-teknologi atau sebaliknya tuntutan akan kepedulian kerjasama warga masyarakat dan pengambil keputusan menegaskan bahwa eko-teknologi bukan sekedar suatu pendekatan berpikir atau suatu alat analisis, namun harus ditumbuhkan sebagai etika bagi masyarakat industri, masyarakat luas dan pelaku dalam pengambilan keputusan untuk kelangsungan kehidupan masa depan. Perubahan paradigma dimana lingkungan alam sebagai penyedia sumber bahan baku serta tempat pembuangan yang tidak terbatas menjadi keterpaduan antara sistem teknologi dan sistem ekologi dalam keberlanjutan masa depan.

Katakunci : Eko-teknologi, antropogenik, biogeofisik, minimisasi, globalisasi, keberlanjutan

1. PENDAHULUAN

1.1. Interaksi Manusia Dan Lingkungan

Lingkungan hidup adalah ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk di dalamnya manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Sejarah panjang kehidupan manusia di planet bumi telah mencatat perubahan yang nyata dalam menyelenggarakan interaksinya dengan lingkungan alam sekitarnya. Bumi terus mengalami tekanan dari unsur-unsur pencemar sehingga mengancam akan menurunkan kualitas lingkungan. Aktivitas manusia yang tidak ramah lingkungan menyebabkan bumi serta atmosfer-nya mengalami nasib yang tidak menguntungkan.

Kegiatan manusia seperti kegiatan makhluk hidup lainnya berinteraksi dengan lingkungan hidupnya. Ia mempengaruhi lingkungan hidupnya dan sebaliknya dipengaruhi oleh lingkungan hidupnya. Proses interaksi manusia dengan lingkungannya

akan mempengaruhi pula pandangan hidup manusia.

Kualitas lingkungan dapat diukur dengan menggunakan kualitas hidup sebagai acuan, yaitu dalam lingkungan berkualitas tinggi terdapat potensi untuk berkembangnya kualitas hidup yang tinggi. Kualitas hidup ditentukan oleh tiga komponen yaitu :

- ◆ Derajat dipenuhinya kebutuhan untuk kelangsungan hidup hayati.
- ◆ Derajat dipenuhinya kebutuhan untuk kelangsungan hidup manusiawi, dan
- ◆ Derajat kebebasan dan memilih

Daya tampung lingkungan (*carrying capacity*) adalah kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi dan/atau komponen lainnya yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya. Pada era pra industri, manusia cenderung menjadi bagian dari sistem alami. Untuk mempertahankan kehidupannya, manusia harus menghadapi tantangan berat dari sistem biogeofisik, antroposfer harus berjuang untuk mencapai keseimbangan dengan biogeosfer. Dominasi biogeosfer memungkinkan untuk menetralkan atau mendaur limbah antropogenik melalui proses-proses aliran bahan yang digerakan

*) Staf Departemen Teknik Lingkungan FTSP-ITB, Kepala Lab. Kualitas Udara

sendiri (*self purification*). Kemampuan lingkungan untuk memasok sumberdaya dan untuk mengasimilasi zat pencemar serta ketegangan sosial adalah terbatas. Batas kemampuan ini disebut daya dukung dan daya tampung lingkungan.

Perubahan radikal pada interaksi aktifitas antropogenik dengan lingkungan alam terjadi melalui berlangsungnya Revolusi Industri di Abad ke 18. Revolusi industri ditandai oleh pengambilan bahan bakar fosil secara besar-besaran oleh aktivitas sosio-ekonomi mengakibatkan kecenderungan kerusakan ekosistem yang meningkat.

Meluasnya aktifitas industri secara luar biasa selama lebih dari dua abad yang menjelma menjadi proses modernisasi I industrialisasi, kini eksistensinya menuju proses yang tidak terkendali, tidak berkelanjutan dan mulai menghancurkan biogeosfer. Hal ini terjadi setelah tercapainya tingkat kebebasan dan memilih, manusia kadang kadang menginterpertasikannya sangat berbeda-beda. Kebebasan yang diartikan dapat melakukan apa saja, antara lain dalam mengekstraksi sumber daya alam yang berlebihan dengan demikian mulailah tragedi lingkungan terjadi (*common tragedy*). Proses industrialisasi telah memberikan kontribusi pada perjalanan tahun, dekade, abad hingga mencapai kondisi kerusakan lingkungan seperti sekarang. Beberapa contoh nyata *common tragedy* adalah :

- ◆ Perusakan lapisan ozon
- ◆ Terjadinya efek gas rumah kaca, pemanasan global
- ◆ Meningkatnya keasaman tanah dan air permukaan
- ◆ Meningkatnya konsentrasi logam berat pada sedimen, tanah dan lautan
- ◆ Akumulasi bahan kimia terurai
- ◆ Pemusnahan hutan hujan tropis, lahan basah serta keanekaragaman hayati.

1.2. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan oleh kegiatan antropogenik sehingga kualitasnya turun hingga kualitas tertentu yang menyebabkan lingkungan tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Dalam kehidupan dan aktivitas manusia (proses transformasi) tidak luput dari menghasilkan bahan yang tidak

berguna/diperlukan yang sering disebut limbah dan/atau emisi.

Emisi dari proses ini dapat berupa limbah cair, limbah padat dan limbah gas atau udara. Pada dasarnya limbah belum merupakan proses ahir dari suatu produk sampingan yang harus dibuang ke medium penerimaannya. Limbah didefinisikan sebagai bahan sisa yang masih memerlukan perlakuan khusus, Perlakuan tersebut baik untuk maksud penggunaan dan pemanfaatan kembali, atau ditransformasikan menjadi bentuk lain yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan proses itu sendiri maupun untuk kepentingan lain. Limbah yang tidak dapat lagi diolah untuk kepentingan lain yang berguna, baru dinamakan sebagai buangan.

Dengan perkembangan penduduk yang begitu pesat diperkirakan pada ahir abad ke 21 penduduk bumi akan mencapai lebih dari 12 milyar, dengan demikian planit bumi ini harus dapat mendukung jumlah tersebut, disamping itu jumlah emisi dan latau limbah yang akan dihasilkan akan meningkat baik jumlah maupun ragamnya.

2. TEKNOLOGI LINGKUNGAN & PENGELOLAAN LINGKUNGAN

2.1. Standar Lingkungan Dan Persyaratan Teknologi

Pemilihan teknologi pengendalian pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah baik berupa cair, gas dan padat, tergantung pada beberapa faktor antara lain :

- ◆ Jenis dan komposisi unsur pencemar yang terkandung didalam limbah, menurut sifat fisik kimia dan biologi
- ◆ *Assimilative Capacity* kemampuan media penerima dalam menerima beban limbah tanpa terjadi pencemaran
- ◆ Nilai ambang batas dari zat pencemar dan baku mutu media penerima (*effluent and/or emission standard, stream and/or ambient standard*)

Telah terbukti bahwa pengembangan dan penerapan teknologi pengendalian pencemaran lingkungan senantiasa sejalan dengan kriteria mutu lingkungan yang diberlakukan. Pada tahap awal program manajemen lingkungan, teknologi konvensional telah dimanfaatkan untuk melakukan penyempurnaan guna mencapai standar mutu lingkungan. Selain untuk

melakukan rehabilitasi perlengkapan yang ada.

Akan tetapi, perkembangan industri dalam skala global dan kemunculan berbagai jenis produk baru telah menyebabkan munculnya limbah baru yang lebih kompleks dan berbahaya. Oleh sebab itu teknologi pengendalian pencemaran yang lebih kompleks menjadi berperan penting. Pengalaman di Amerika Serikat dan sejumlah negara industri lainnya menunjukkan terjadi evolusi teknologi lingkungan menuju konsep nir emisi. Perkembangan teknologi pengawasan lingkungan pada dasarnya dituntun oleh tujuan yang hendak dicapai dengan manajemen mutu lingkungan yang semakin tinggi dan kompleksitas karakteristik dari limbah yang ada. Perkembangan teknologi lingkungan itu terutama dipengaruhi oleh tujuan manajemen mutu lingkungan kompleks dan peningkatan kekompleksan karakteristik limbah.

2.2. Konsep Reaktif dan Proaktif

Pada periode ini konsep pembangunan dan pengelolaan lingkungan bersifat reaktif, untuk memperbaiki (*remedial action*) dan mengurangi (*mitigasi*) kerugian-kerugian dan dampak lingkungan yang timbul. Teknologi pengendalian ini dikenal pula sebagai teknologi ujung pipa (*end-of-pipe technology*).

Dalam lanjutan era ini diperkenalkan pula proses Analisis Mengenai Dampak Lingkungan yang merupakan suatu alat dalam sistem pengelolaan lingkungan untuk mencegah secara dini terjadinya kerusakan lingkungan. Pertimbangan mengenai aspek lingkungan dari suatu usulan kegiatan harus dilakukan sejak dini dalam tahap perencanaan, terintegrasi bersama-sama studi kelayakan ekonomi dan teknologi. Pencegahan terhadap kerusakan lingkungan yang akan terjadi dilakukan secara proaktif.

Konsep proaktif berkembang lebih lanjut dengan penerapan teknologi-teknologi proses yang direka untuk meminimalkan atau sama sekali menghilangkan limbah-/imbah yang mencemarkan dan berbahaya terhadap /lingkungan. Teknologi bersih muncul sebagai salah satu perkembangan teknologi yang utama sekarang ini. Intervensi dan perubahan proses produksi yang ada kalanya mendasar, dilakukan untuk memproduksi secara bersih dan akrab lingkungan.

Pembangunan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan merupakan pula suatu proses pembangunan yang proaktif dalam mencegah, mengurangi dan meniadakan dampak lingkungan yang negatif. Dalam penerapan teknologi bersih, pengkajian proses dan bahan baku dilakukan sedemikian rupa sehingga hasil sampingan dan limbah yang ditimbulkan tidak lagi berbahaya bahkan dapat memberikan manfaat langsung atau sampingan yang berarti bagi pemrakarsa. (*Cradle to cradle*)

Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, dipandang strategis bila pola reaktif dalam pengelolaan lingkungan diubah menjadi pola proaktif yang dalam pelaksanaannya mempunyai urutan prioritas sebagai berikut :

- ◆ Prinsip pencegahan pencemaran (*pollution prevention*)
- ◆ Pengendalian pencemaran (*pollution control*), atau *Toxic use reduction (TUR)*
- ◆ dan *Design for Environment (DfE)*
- ◆ Remediasi (*remediation*)

Kelemahan dari penerapan strategi teknologi bersih atau produksi bersih saat ini, sebagai titik awalnya (*starting point*) dilakukan pada aktivitas industri yang telah beroperasi dalam memperbaiki kualitas lingkungan (*forecasting approach*) sementara untuk mencapai keberlanjutan perlu kosep serta visi baru dalam mengisi atau memenuhi kebutuhan dasar manusia (*backcasting approach*) (*Vergragt and van Grootveld 1994*). Juga sering dijumpai bahwa penerapan produksi bersih dimulai berdasarkan pada biaya yang efektif dalam meningkatkan kualitas lingkungan, yang hasilnya dapat menjadi penilaian yang meleset yaitu biaya efektif yang sekecil mungkin tetapi mengharapkan perbaikan kualitas lingkungan serta berwawasan ekologi yang besar. Kelemahan serta kritik ini merupakan masukan dalam pengembangan ekologi industri , yang merupakan kosep dasar dan yang menggabungkan aspek pendekatan *forecasting* dengan pendekatan *back-casting*.

2.3. Keberlanjutan EkoTeknologi Nir Emisi

Eko-teknologi merupakan prespektif pendekatan yang menjelaskan interdependensi sistem teknologi lingkungan dengan sistem biogeofisik Pendekatan ini di fokuskan pada peran ilmu pengetahuan dan teknologi dalam mengurangi kerusakan

lingkungan secara integratif sejak ekstraksi bahan mentah, produksi barang dan jasa, pemanfaatan barang dan jasa, serta pengelolaan limbah yang tersisa. Fungsi pengintegrasian tersebut merupakan kontribusi utama eko-teknologi bagi upaya pengelolaan lingkungan. Bersifat sistematik, berorientasi ke masa depan, serta efisiensi siklus melalui pemanfaatan sumberdaya alam, energi, fluida dan limbah yang di buang menjadi dasar model keterpaduan dari sistem biogenik ke sistem industri. dan sebaliknya.

Eko-teknologi adalah "ekologi" dimana aktifitas antropogenik berlangsung, dan teknologi lingkungan dalam artian yang luas menurut berbagai skala; serta diposisikan dalam konteks lingkungan biogeofisik secara komprehensif.

Tuntutan akan kepedulian kerjasama, warga masyarakat dan pengambilan keputusan menegaskan bahwa eko-teknologi industri bukan sekedar suatu pendekatan berpikir atau alat analisis, namun harus ditumbuhkan sebagai etika bagi masyarakat luas, dan pelaku dalam pengambilan keputusan bagi kelangsungan kehidupan di masa depan.

Pendekatan Interaksi Industri dengan Lingkungan dapat dilihat dalam tabel berikut :

Pendekatan aktifitas	Dimensi waktu
Remediasi	Lampau
Pengolahan, penyimpanan, pembuangan	Sekarang
Eko-teknologi industri	Yang akan datang

3. PENERAPAN EKO-TEKNOLOGI

3.1. Transformasi Sistem Industri

Eko-teknologi industri berkembang sebagai tanggapan yang holistik dalam memandu transformasi sistem industri menuju interaksi yang berkelanjutan dengan sistem lingkungan alam. Keluasan dari eko-teknologi industri menempatkannya sebagai kerangka kontekstual bagi penggunaan dan pemanfaatan berbagai metoda dan instrumen pengelolaan lingkungan secara lebih efektif.

Kesadaran akan pentingnya ekologi industri pada hakekatnya terletak pada kesadaran perlunya transformasi kerangka kontekstual dalam memahami penerapan penegelolaan industri dari model linier menuju suatu sistem yang daur tertutup menyerupai suatu ekosistem (daur sumber energi terus

menerus dalam menunjang siklus produk berikutnya).

Transformasi tersebut berimplikasi mendasar dalam memandang sistem industri, (Lowe, 1996):

- ◆ Operasi industri harus menjamin sistem tingkungan alam.
- ◆ Prinsip & dinamika ekosistem merupakan acuan.
- ◆ Efisiensi bahan dan energi dalam pemanfaatan, pemrosesan dan pendaur ulangan akan merupakan keunggulan.
- ◆ Nilai ekonomi akan dinilai dari daur kehidupan (*life cycle assessment*)

Dalam memahami eko-teknologi industri, dilema yang dihadapi adalah keterbatasan pengetahuan untuk melintasi dimensi ruang dan waktu. Kontribusi utama ekotogi industri adatah fungsi keterpaduan pengelolaan lingkungan, namun kompleksitasnya justru terletak pada pengintegrasian antara sistem industri dengan sistem lingkungan alam menurut skala ruang dan waktu.

Kompteksitas tersebut melahirkan berbagai aliran dalam menjelaskan ekologi industri, diantaranya adalah (Lowe, 1996):

- ◆ Belajar dari ekosistem, menggunakan prinsip dinamika ekologi.
- ◆ Metabolisme industri, mengkaji dan menganalisis atiran bahan dan energi.
- ◆ Model dinamika masukan -keluaran (*input-output*).
- ◆ Perancangan untuk lingkungan (*Design for Environement DfE*)
- ◆ Keterkaitan antara sistem industri dengan sistem lingkungan alam yang memungkinkan atiran umpan balik.
- ◆ Memperpanjang umur produk dan jasa.

3.3. Penerapan Ekologi Industri

Ekologi Industri menerapkan pandangan holistik dalam pelaksanaan studi, penilaian, dan peningkatan serta pemanfaatan sumberdaya alam (material, energi, dan kapasitas asimilasi dari lingkungan) pada masyarakat industri.

Prespektif kearah implementasi ekologi industri, secara sederhana prinsip-prinsip dasarnya, dapat diuraikan sebagai berikut :

- a. Ekologi industri merupakan kosep proaktoif bukan reaktif. Diprakarsai dan diperkenalkan oleh industri sendiri karena merupakan kepentingannya sendiri serta

kepentingan terhadap sistem disekitarnya di mana mereka melakukan interaksi dan bukan karena faktor eksternal yang mempengaruhinya.

- b. Ekologi industri termasuk dalam perencanaan proses internal bukan sesuatu perencanaan tambahan dalam prosesnya. Suatu sistem dapat dikatakan berlanjut apabila dalam evolusinya proses adaptasi eksternal dapat dilanjutkan secara gradual oleh proses adaptasi internal.
- c. Ekologi industri bersifat lentur (*flexible*) tidak kaku (*rigid*), ekologi industri dapat mengakomodasikan berbagai perubahan dan perkembangan baru di bidang ilmu pengetahuan, ekonomi dan budaya.
- d. Ekologi industri memiliki cakupan yang luas dan merupakan pendekatan lintas sektoral, lintas ruang dan lintas budaya.

Kompleksitas dalam pengimplementasian ekologi industri didekati melalui pengelompokan kepentingan pada berbagai skala, baik untuk sistem industri maupun sistem lingkungan alam. Sistem industri dibangun oleh masyarakat industri, yang secara hirarkis merupakan pengelompokan sejumlah sektor industri, di dalamnya dibentuk oleh sejumlah unit usaha yang memproduksi barang dan jasa. Sistem lingkungan alam juga dibangun oleh kepentingan lingkungan global, regional dan lokal. Walaupun pengelompokan tersebut tidak memberikan batasan ruang secara pasti, namun dapat membantu memposisikan pendekatan-pendekatan yang berbeda dalam pengimplementasian ekologi industri. Pada umumnya, implementasi ekologi industri dilakukan melalui berbagai pendekatan yaitu :

- a. Pendekatan Rekayasa, pendekatan menuju aplikasi teknologi memusatkan pada perhatian pada bahan dan produk sebagai komponen sistem industri. Jelinski (1992) menyebutkan sebagai pendekatan spesifik bahan (*material specific*) dan spesifik produk (*product specific*).
- b. Pendekatan Ekonomi, pendekatan ini mengaplikasikan instrumen insentif dan disinsentif untuk mendorong sistem industri bergerak menuju siklus tertutup.
- c. Pendekatan Ruang, salah satu perbedaan yang hakiki antara sistem industri dengan sistem ekologi adalah keterkaitan komponennya. Pada sistem industri keterkaitannya tidak selalu teratasi oleh ruang dan jarak. Dalam mendaur bahan

menjadi bahan baru bagi keberlanjutan sistem industri yang bersangkutan menghadapi kendala ruang, sehingga pendekatan ini di aplikasikan untuk memperpendek daur bahan.

Ketiga pendekatan tersebut di implementasikan secara komplementer pada berbagai skala, dengan dilengkapi oleh kelembagaan dan regulasi penunjangnya. Pengelolaan lingkungan yang dilaksanakan selama ini cenderung dilembagakan dalam kerangka yang linier. Prakarsa yang dilakukan dalam rangka ekologi industri mendorong terbentuknya kelembagaan dan regulasi pengelolaan lingkungan menurut model siklus tertutup.

4. STRATEGI DALAM TRANSFER TEKNOLOGI LINGKUNGAN

4.1. Pertimbangan Perubahan Pola Berfikir

Dalam pengembangan konsep eko-teknologi industri dalam pengelolaan lingkungan perlu diperhatikan beberapa faktor yang dapat mempengaruhinya antara lain adalah :

- ◆ Kultur/kebiasaan
- ◆ Keikutsertaan stakeholder kunci
- ◆ Kemampuan teknologi, SDM dan
- ◆ Pranata kelembagaan

Bagian yang sangat kritis dalam penerapan konsep ekologi industri dalam teknologi pengelolaan lingkungan adalah merubah atau mempengaruhi kebiasaan pola konsumsi atau pola berfikir masyarakat.

Dipihak produsen konsep CATNP (*Cost Avoiding Technology Not Involving Prosecution*) ataupun BATNEAC (*Best Available Technology Not Entailing Any Cost*) masih banyak dianut. Sedangkan dipihak konsumen nilai harga produk menjadi faktor utama. Terlebih lagi di negara yang sedang berkembang dimana daya beli masyarakat masih rendah.

Untuk ini perlu dikembangkan program atau strategi penyuluhan dan pendidikan yang melibatkan peran serta masyarakat. Melakukan kampanye melalui mass-media mengenai keuntungan dalam menerapkan konsep eko-teknologi industri untuk menunjang keberlanjutan di masa yang akan datang.

4.2. Kelembagaan dan Regulasi

Lembaga penelitian ataupun perguruan tinggi ikut mengembangkan penelitiannya pada bidang-bidang yang menyangkut *pollution prevention*, teknologi pengendalian lingkungan, baik penelitian mendasar yang berkaitan dengan proses maupun material bahan baku yang akrab lingkungan.

Pengembangan kapasitas kelembagaan yang ada sehingga dapat lebih mudah dalam mengakses, mengadopsi atau mengelola dan menggunakan teknologi yang berwawasan lingkungan antara lain dengan pengembangan sumber daya manusia, penguatan kemampuan institusional untuk meneliti dan pengembangan serta implementasi program, penilaian (*assessment*) yang terintegrasi terhadap kebutuhan teknologi.

ISO 9000 dan ISO 14000 dapat merupakan pemacu dalam transfer teknologi lingkungan untuk penerapan konsep eko-teknologi industri

Perlunya melibatkan kerjasama dengan badan-badan resmi PBB, (UNEP, UNINDO etc) ataupun badan penelitian di luar negeri, khususnya kerjasama regional yang diperkirakan mempunyai permasalahan dan kondisi yang sejenis. Kerjasama dengan luar negeri harus bersasaran peningkatan kemampuan sumber daya manusia dalam negeri melalui alih teknologi yang menguntungkan.

4.3. Informasi Lingkungan

Pengembangan informasi lingkungan hidup, untuk meningkatkan efisiensi, produktifitas dan efektifitas pembangunan serta manajemen nasional melalui penyelenggaraan sistem informasi yang handal (*net-working*)

Penyebarluasan informasi eko-teknologi industri harus digalakkan di segala lapisan masyarakat guna membentuk kesadaran tentang pentingnya *eco-efisiensi*, sehingga pembangunan dapat berkelanjutan.

Program-program pendidikan akan memanfaatkan informasi untuk memberikan semangat kepada pelaku pembangunan untuk menerapkan konsep eko-teknologi secara sukarela. Dengan memanfaatkan sarana, prasarana serta kemampuan yang ada, akan dapat dikomunikasikan program tersebut kepada masyarakat. Jalan yang terbaik adalah memberikan informasi yang

komprehensif tentang aspek dana dan teknologi, serta kemungkinan-kemungkinan kegiatan yang bersifat pengembangan kreatifitas yang dapat dimanfaatkan oleh yang bersangkutan.

Program bantuan teknis yang didasarkan kepada *one-on-one basis*, atau kelompok kecil akan dapat membantu dalam pengembangan program pengidentifikasian dan pengevaluasian kemungkinan yang spesifik dari masing-masing kegiatan dalam upaya pemanfaatan konsep eko-teknologi.

Peran pengusaha dan industriawan dalam masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan merupakan kunci utama bagi suksesnya program pengelolaan lingkungan secara baik. Melalui strategi atau konsep eko-teknologi industri yang merupakan teknologi pengelolaan lingkungan yang proaktif dan peningkatan efisiensi proses produksi serta pelaksanaan teknologi bersih serta prosedur *product life cycle*, yang bersasaran minimisasi limbah dan produksi bersih, maka kebijaksanaan pengusaha dan industri. termasuk pengusaha tradisional, akan memegang peranan utama dalam mengurangi dampak negatif

Kredibilitas fungsi LSM terletak pada perannya yang bertanggung jawab, bebas dan konstruktif dalam masyarakat. Untuk menjamin agar kontribusinya dapat terwujud, dibutuhkan komunikasi dan kerja sama yang baik dengan organisasi lainnya dan pemerintah. Dalam membantu melakukan transfer teknologi lingkungan, organisasi ini dapat berperan dalam bentuk kampanye kepedulian maupun penyuluhan-penyuluhan serta saran aplikasi praktis.

5. PENUTUP

Perdagangan bebas dan sistem pengelolaan lingkungan memacunya terjadi evolusi dalam upaya mengurangi limbah (*waste minimization*) dari konsep ujung pipa (*end-of-pipe*) menjadi proses efisiensi pada seluruh rantai proses produksi (*cradle-to-grave*) dilakukan melalui analisis daur hidup (*life-cycle-analysis*) yang kemudian berkembang menjadi *cradle-to-cradle* or *reincarnation*

Globalisasi dan perdagangan bebas serta sistem pengelolaan lingkungan memacunya terjadi evolusi dalam upaya mengurangi limbah (*waste minimization*) dari konsep ujung pipa (*end-of-pipe*) menjadi proses efisiensi pada seluruh rantai proses produksi (*cradle-to-grave*) dilakukan melalui

analisis daur hidup (*life-cycle-analysis*) yang kemudian berkembang menjadi *cradle-to-cradle or reincarnation*

Konsep proaktif dapat dicapai bila *eco-efisiensi* dapat tercapai. Yaitu usaha meminimumkan penggunaan bahan baku yang berbahaya dalam proses termasuk sumber daya alam dan energi sehingga dapat meminimumkan limbah dan dampak negatif yang timbul. Disamping itu dapat memanfaatkan limbah yang dihasilkan menjadi produk lain (*waste to product*)

Sistem Pengelolaan Lingkungan harus mempunyai visi global dan pencegahan pencemaran (*pollution prevention*), pengendalian serta pengelolaan kualitas lingkungan menuju pada nir emisi.

Teknologi konversi serta bioteknologi akan sangat berperan dalam pengembangan konsep proaktif sehingga dapat tercapai keseimbangan ekosistem dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Allenby, Braden R. and T.E Greadel, *Industrial Ecology*, Prentice Hall, New Jersey 1995.
2. Berthouex Mac P. et al, *Strategy of Pollution Control*, John Wiley and Son New York 1995.
3. Soemarwoto O, *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, Penerbit Jembatan 1990.
4. Tsuneneyuki Ueki, Zero Emmision Industries: *The Role of of Consulting Engineering Firms International Confrence on Zero Emmision*, Jakarta 1997.