Tinjauan Pustaka

PERAN ILMU PENGETAHUAN DALAM MEMPERKUAT UPAYA PENGENDALIAN PENCEMARAN LINGKUNGAN YANG EFEKTIF

Roy Heru Trisnamurti
Pusat Penelitian Kimia Terapan - LIPI
Jl. Cisitu, Bandung 40135

IDEALISME PENGENDALIAN PENCEMARAN

Lingkungan hidup sangat penting bagi kehidupan itu sendiri, karena segala yang hidup saat ini akan ikut menentukan kehidupan berikutnya. Planet bumi dan jagat raya, demikian pula gempa, letusan gunung api, longsor dan gejala alam lainnya merupakan bagian dari kehidupan. Oleh sebab itu perlu dijaga keserasian antara kehidupan dengan lingkungannya. Antara makhluk hidup dengan alam sekitarnya, bumi dan jagat secara keseluruhan.

Robert Shapiro, dari CEO Monsanto Corporation Amerika Serikat menyatakan bahwa

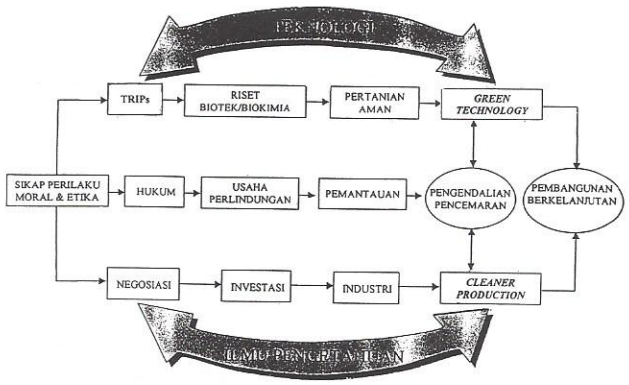
.....dunia tidak diwariskan oleh leluhur kita, melainkan kita meminjamnya dari anak cucu.....

Oleh sebab itu yang hidup saat ini wajib memelihara dan melestarikan isi dunia ini, sehingga anak cucu kita dapat hidup di dunia yang lingkungannya baik, bahkan lebih baik lagi. Planet bumi harus senantiasa menjadi tempat hidup yang layak dan sehat, bersih dan nyaman serta menyenangkan.

Pada prinsipnya pelestarian lingkungan hidup itu adalah bagaimana manusia dapat menggerakkan kemampuan alamiah dalam memenuhi kebutuhan ekonominya tanpa mengganggu fungsi alam itu sendiri. Di sinilah diperlukan upaya pengendalian yang berbasis ilmu pengetahuan agar lingkungan di dunia ini tetap layak untuk tempat hidup siapa dan apa saja.

Bagaimana usaha manusia agar tanaman yang menghijau dan berbunga dapat berbuah mobil, zat kimia, perhiasan, obat-obatan dan semuanya yang diperlukan oleh manusia, sehingga tidak diperlukan lagi pabrik-pabrik. Atau bagaimana membuat industri berperilaku seperti tanaman dalam menghasilkan produksinya, tetapi tetap dapat memelihara kehidupan secara maksimum. Jika ini dapat diwujudkan, maka *sustainable human development* atau pembangunan kemanusiaan berkelanjutan dapat terpelihara, dan dunia menjadi taman bagi kehidupan.

Pola pembahasan dalam tulisan ini ditunjukkan pada **Gambar 1.** Pembangunan berkelanjutan dapat berlangsung bila diantaranya dilakukan melalui pengendalian pencemaran dengan tepatnya peranan ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi dalam kehidupan. Sikap, perilaku serta moral dan etika manusia menjadi dasar dari efektifitas pembangunan itu sendiri.



Gambar 1. Peranan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam mendukung pembangunan berkelanjutan dalam hubungannya dengan pengendalian pencemaran lingkungan.

TRIPs: Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights

ILMU PENGETAHUAN DAN PENCEMARAN LINGKUNGAN

Ilmu pengetahuan bersifat netral dan selalu berkembang seiring dengan perkembangan waktu serta kehidupan. Kenetralan ini merupakan kekuatan yang sangat penting dan dampaknya akan bergantung pada penerapan oleh penggunanya.

Pada masa lalu, ilmu pengetahuan seakan-akan mempunyai ruang tersendiri dalam memajukan pertumbuhan penguasaan terhadap keilmuannya sementara itu, teknologi dan industri berkembang secara sangat pesat setelah berturut-turut terjadi *boom* dan krisis minyak pada dekade 1970. Pada kurun waktu berikutnya sudah sangat sukar menentukan batas antara berbagai disiplin ilmu dan teknologi. Bahkan membedakannya dari seni dan budaya yang sudah menyatu dengan produk teknologi.

Mulai akhir abad xx ini perkembangan kemajuan antara ilmu pengetahuan dengan teknologi sedemikian pesat,

sehingga cenderung menyatu menjadi IPTEK atau *Science & Technology* yang sudah menjadi suatu idiom.

Industri berbasis bioteknologi dan industri berbasis kimia termasuk dalam industri teknologi proses, sebagai usaha produksi dengan cara penciptaan kondisi pengolahan untuk menghasilkan suatu produk teknologi tinggi berskala besar. Misalnya, dengan adanya enzim bakteri, pengaturan tekanan pada suhu tertentu, atau penambahan katalis, maka baru berlangsung suatu reaksi kimia yang ekonomis. Dalam hal ini, ilmu pengetahuan kimia sangat dekat dengan teknologi kimia, begitu pula antara ilmu biologi dan bioteknologi bila sudah diterapkan pada menjadi kegiatan usaha ekonomi industri. Demikian pula dengan lingkungan di mana industri tersebut berlokasi akan menerima dampak dari kemajuan iptek yang berkembang dalam industri tersebut..

Pada dekade tahun 1980-an perkembangan industri kimia dipelopori oleh kemajuan industri petrokimia. Diperkirakan pada awal milenium ketiga, menjelang tahun 2010, akan terjadi perubahan kecenderungan ke arah industri kimia yang berbasiskan ilmu hayati. Hal ini sejalan dengan makin berkembang pesatnya ilmu bioteknologi, biomolekular dan biomedisinal. Selain itu ada kecenderungan bahwa industri atau perusahaan akan semakin menjadi terspesialisasi, baik dalam skala kecil maupun skala besar untuk meningkatkan kemampuan kompetitifnya di pasar dunia. Pada masa mendatang industri kimia tidak saja hanya akan bertumpu pada ilmu kimia, ilmu biologi dan bioteknologi, tetapi akan mengarah ke nanokimia pada bidang nanoteknologi. Perkembangannya sangat ditentukan oleh hasil-hasil riset yang dijalankan berdasarkan hubungan erat antara institusi/lembaga litbang dengan kalangan industri. Perkembangan ini sebenarnya menguntungkan Indonesia, karena dapat memanfaatkan potensi agro-industri berbasis riset bahan terbarukan.

Penelitian tentang tanaman hasil rekayasa genetika saat ini banyak dikembangkan di berbagai negara. Tidak di tingkat global saja terjadi pertentangan dalam penerapan teknologi rekayasa genetika tetapi juga terjadi di dalam negeri. Departemen Pertanian yang berharap banyak dengan penerapan produk hasil rekayasa genetika tersebut, bahkan seperti yang dituduhkan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) telah memasukkan beberapa jenis produk rekayasa genetika secara diam-diam dan dikembangkan di Indonesia. Departemen Pertanian sangat menaruh harapan dengan tanaman hasil rekayasa genetika tersebut, namun tidak begitu saja diterima oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup. Hal ini disebabkan bahwa teknologi rekayasa genetika diduga kuat akan memberikan hasil yang pengaruhnya lebih hebat dibandingkan dengan pemakaian bahan kimia pembunuh hama yang juga tidak ramah lingkungan.

Terlebih ada upaya global untuk memaksakan kehendak negara maju melalui perjanjian *Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights (TRIPs)*. Perjanjian yang dihasilkan melalui putaran di Uruguay tahun 1994, ini merupakan hasil desakan sangat kuat dari negara maju yang ingin melindungi hasil ciptaan teknologinya, termasuk rekayasa genetika agar dapat dipasarkan secara mendunia. Perdebatan yang sengit dalam TRIPs itu memicu demonstrasi besar-besaran pada Konferensi WTO di Seattle – Amerika Serikat awal Desember 1999 lalu. Bahkan demonstrasi ia menggagalkan sidang anggota WTO yang terikat dengan perjanjian TRIPs, sehingga akhirnya tidak menghasilkan kesepakatan-kesepakatan.

Ada kecenderungan bahwa mulai akhir abad ke-20 ini, perkembangan ilmu pengetahuan tidak terlepas dari kebijaksanaan tentang arah iptek yang ditetapkan oleh suatu negara dalam menunjang ekonominya, menyebabkan tingkat daya saing ekonomi dan industri suatu negara akan sangat tergantung pada dukungan kegiatan riset ipteknya. Artinya perkembangan ilmu pengetahuan akan berlangsung pada suatu tempat dan keadaan, dimana hubungan antara pendidikan, riset dan industri sesuai dengan kebijaksanaan percepatan pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang dari negara tersebut.

Dalam hal yang demikian ini dibutuhkan berbagai kreasi dan inovasi riset yang terstruktur secara nasional, sehingga perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di Indonesia mempelopori kemajuan teknologi dan industri, searah dengan program ekonomi global.

Perkembangan ilmu pengetahuan tersebut dapat didasarkan pada dua hal, yaitu pengembangan teknologi dan pengembangan sumber daya alam. Sudah sejak lama industri maju mengendalikan perkembangan ilmu pengetahuan di dunia sampai sekarang ini. Di lain pihak, negara berkembang sangat tertinggal, walaupun sekali-kali negara seperti India dan Pakistan terbukti dapat ikut berperan. Kemajuan teknologi yang terus dipacu, makin memperbesar kesempatan negara industri maju untuk terus memimpin pengembangan berbagai ilmu pengetahuan, yang menjadi andalan kemajuan ekonomi hampir semua negara di dunia dalam program industrialisasinya. Kesempatan yang masih terbuka bagi negara berkembang dalam mengejar ketinggalannya adalah melalui sumber daya alam masing-masing sebagai modal utama. Selanjutnya, untuk saling menutupi kekurangan diantara mereka diperlukan kerjasama yang erat antara negara dan antar disiplin, sehingga semuanya berpeluang untuk bersaing dalam pengembangan ilmu pengetahuan, sesuai dengan kebutuhan yang diprogramkan secara adil.

Khususnya di Indonesia diperlukan adanya kemampuan analisis teknologi industri, karena ternyata pengembangan industri berbasis riset sekarang ini kurang memuaskan. Pengembangan riset iptek memerlukan investasi peralatan mutakhir yang sangat mahal, sehingga tidak dapat menjawab berbagai masalah dengan tuntas dan sering harus menggunakan fasilitas di luar negeri (Trisnamurti, 1998).

PENGENDALIAN MELALUI REGULASI

Kepedulian masyarakat masa kini terhadap masalah pencemaran lingkungan sudah sangat besar. Hal ini tercermin dari banyaknya pengaduan masyarakat kepada

pihak berwenang, didukung pula oleh pemberitaan secara luas melalui media massa. Namun pengaduan ini kurang ditanggapi secara serius, terutama dalam kaitannya dengan upaya penegakan hukum melalui pengadilan, sehingga kemajuan pengendaliannya pun tidak nyata dapat dikenakan kepada pihak yang menyebabkan pencemaran lingkungan.

Oleh banyak pihak Menteri Negara Lingkungan Hidup dinilai belum melakukan gerakan untuk menyelamatkan lingkungan hidup. Namun cukup hal ini dibantah oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup dengan pemberian penghargaan terhadap pihak-pihak yang berjasa dalam upaya konservasi maupun pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan pada acara peringatan hari Keanekaragaman Hayati Sedunia. Meski demikian keputusan yang dianggap terlalu cepat ini tidak sepenuhnya bisa diterima oleh masyarakat, dan masih ada sikap skeptis.

Banyak indikasi yang menunjukkan belum adanya kemampuan teknis dan pengetahuan otoritas pengendali untuk memantau kualitas lingkungan secara kontinyu membuktikan bahwa pencemaran lingkungan merupakan salah satu masalah berat dalam penegakan hukum di Indonesia. Hal tersebut juga menambah deretan kenyataan tentang lemahnya penindakan hukum, khususnya hukum lingkungan.

Berbagai usaha telah dilakukan oleh Menteri Negara Lingkungan Hidup dalam mengendalikan pencemaran lingkungan. Diantaranya adalah koordinasi dengan instansi terkait dalam penyidikan dan penindakan. Disamping itu telah dilakukan kerjasama dengan Kamar Dagang Indonesia dalam merumuskan penghargaan kepada mereka yang berjasa terhadap lingkungan, *green banking,* bursa lingkungan, propektus perusahaan dilengkapi dengan aspek lingkungan serta publikasi Amdal secara terbuka.

Tingginya pelanggaran pencemaran lingkungan merupakan indikasi perlunya segera dilakukan penanganan dan penindakan hukum yang tegas terhadap pelaku pencemaran lingkungan. Solusi kebijakan dalam bentuk pemberian toleransi yang terlalu leluasa, ternyata melemahkan dan mengabaikan tindakan hukum. Berbagai kasus pencemaran terhadap badan air dinilai sangat merugikan banyak pihak. Sungai sebagai harta bersama terkait pada tiga kepentingan yaitu kepentingan lingkungan hidup; kepentingan masyarakat untuk irigasi, pertanian, perikanan, pertambangan, peternakan; serta kepentingan tidak langsung seperti konsumen air minum dan pariwisata. Oleh sebab itu perlu pemikiran serius dan langkah konkrit agar hukum lingkungan dapat ditegakkan dengan dukungan ilmu pengetahuan yang memadai dan tepat

Banyaknya kasus pencemaran di Indonesia disebabkan juga oleh lembaga perizinan yang belum berfungsi baik. Dalam beberapa hal perizinan itu diselenggarakan di bawah pengawasan pihak-pihak yang awam dalam ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan lingkungan. Selain itu masih belum terjalin keterpaduan antar instansi dan badan-badan yang kompeten dan berwenang dalam penegakan undang-undang lingkungan hidup.

Untuk memecahkan problema kerusakan lingkungan, perlu ada sebuah otoritas pengendalian lingkungan hidup yang memiliki gabungan kekuatan ilmu pengetahuan dan hukum. Memang telah ada upaya keras dalam mengembangkan kombinasi piranti manajemen lingkungan yang bersifat insentif dan sanksi, tetapi yang terakhir ini perlu dilakukan lebih revolusioner. Bahkan akibat dari tingginya percepatan timbulnya persoalan lingkungan akibat pembangunan, sudah perlu dan sudah saatnya dibentuk lembaga peradilan khusus untuk menyelesaikan sengketa dalam kasus-kasus pencemaran lingkungan. Ini sangat relevan untuk mencegah marjinalisasi pertimbangan lingkungan dalam mengadili kasus-kasus lingkungan untuk membuat efek jera, sehingga lingkungan dapat terselamatkan secepatnya dan seluas-luasnya dari perusakan oleh masyarakat. Pengendalian pencemaran lingkungan adalah penegakan hukum yang melekat dengan ilmu pengetahuan, moral dan etika.

Presiden Amerika Serikat Bill Clinton pernah menyatakan bahwa

.....leadership in developing and commercializing new technologies is critical to rejoining industrial leadership, creating high-wage jobs and ensuring our long term prosperity....

.....the technologization of society is not a new phenomenon in the human development.....

Selanjutnya disebutkan juga bahwa ia melihat ada tiga teknologi yang cenderung menjadi pusat kekuatan bangsa-bangsa pada abad 21 yaitu *teknologi energi, bioteknologi dan information technology* (Anonim, 1995).

Pengendalian pencemaran lingkungan berkembang juga seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan pada ketiga teknologi di atas. Kepemimpinan mempunyai peranan kunci dalam menegakkan perlindungan lingkungan yang merupakan faktor penting dalam peningkatan kesejahteraan bangsa. Efektifitas pengendalian itu sendiri akan tergantung juga pada teknologisasi masyarakat. Masyarakat yang demikian sudah memiliki kesadaran lingkungan yang tinggi dan maju. Hukum dan regulasi menjadi makin efisien ditegakkan.

PENGENDALIAN PADA TAHAP INVESTASI

Berkembang pesatnya industri dan litbang dalam bidang bioteknologi, mikrolektronika, nuklir, plasma, energi, lingkungan dan kedokteran berpengaruh kuat pada arah dan tingkat kecanggihan serta kemajuan ilmu pengetahuan. Tumbuh pesatnya industri di berbagai negara ternyata memberikan dampak langsung pada pertumbuhan ekonomi dan memberikan sumbangan langsung pada penerapan ilmu pengetahuan itu sendiri.

Demikian pula pada waktu lalu investasi di Indonesia yang tinggi menyebabkan pertumbuhan industri yang kuat. Namun hal ini tidak diimbangi dengan keandalan aparat

pengendalian dan perizinan untuk mengevaluasi teknologi yang akan digunakan, sehingga meloloskan dan mengakibatkan adanya industri menggunakan teknologi yang tidak ramah ligkungan dan tertinggal. Dampak yang terjadi adalah banyaknya penggunaan bahan baku, energi dan air untuk kegiatan produksinya serta munculnya emisi hasil ikutan dan limbah yang tidak akrab dengan lingkungan.

Perlu adanya upaya penyadaran kepada industri, bahwa iptek dan riset adanya upaya selalu penting untuk mengembangkan dan mempertahankan usaha bisnis dan ekonomi industrinya. Dalam krisis ekonomi yang dialami sejak pertengahan 1997, telah ditunjukkan bahwa banyak sekali industri yang ambruk akibat ketergantungan yang tinggi kepada pihak asing pemasok teknologinya, disamping masalah keuangan. Hal ini akan dapat dikurangi, bila industri memajukan teknologinya sendiri secara nasional, tidak cukup hanya membeli paten atau lisensi. Industri atau usaha yang bersandarkan pada pengembangan kemampuan sendiri dan menggunakan sebagian besar bahan dalam negeri ternyata terbukti tetap bertahan. Kemandirian dan kerjasama iptek nasional akan menciptakan ketangguhan ekonomi industri.

Ekonomi global membentuk pasar bebas dunia dengan program-program privatisasinya, sehingga diperlukan kemandirian dan kerjasama dalam negeri di berbagai bidang. Selain itu secara sosial ada kecenderungan peningkatan kebutuhan terhadap produk-produk dan teknologi produksi yang ramah lingkungan, sehingga dikenal istilah *Clean Technology* dalam industri. Semuanya ini membutuhkan pertumbuhan ekonomi industri berbasiskan riset iptek dengan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) yang berstandar tinggi dan internasional dan berwawasan lingkungan global. Yang lebih penting lagi adalah perlunya usahawan dan industriawan yang mempunyai komitmen investasi terhadap pengembangan bisnisnya yang mempunyai visi ilmu pengetahuan dan lingkungan lestari untuk pembangunan, kemanusiaan berkelanjutan atau *sustainable human development.*

Sudah diuraikan di atas bahwa perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi didominasi oleh negara maju. Lebih khusus lagi teknologi industri dan teknologi tinggi yang sarat dengan ilmu pengetahuan maju dimonopoli oleh perusahaan besar dan multinasional. Itu berarti mereka menjadi pengendali pasar dunia dan pemasok teknologi yang mempunyai posisi kuat. Sementara itu, investasi industri di negara berkembang tergantung pada pasokan teknologi dari pihak tersebut yang jumlahnya di dunia ini relatif sedikit.

Ada beberapa opsi yang diterapkan atau ditawarkan kepada para penanam modal, terutama di negara yang lemah posisi tawarnya, yang ditinjau dari sudut alih iptek sebagai berikut::

- teknologi industri maju yang mahal dengan syarat kerahasiaan iptek;
- teknologi industri yang tertinggal atau *sunset industry;*
- teknologi industri terpenggal;
- teknologi industri yang belum atau tidak *well prover;*

Dari opsi tersebut di atas jelas bahwa fase negosiasi menjadi kritis karena perjanjian yang disepakati akan berakibat jauh sekali. Banyak kasus pencemaran di Indonesia terjadi akibat penanam modal terperosok mengoperasikan dan mengelola salah satu dari ketiga pilihan terakhir, karena semata-mata faktor ekonomik. Penanam modal tidak terbekali ilmu pengetahuan memadai atau tidak bermitra dengan pihak yang memiliki ilmu pengetahuan seimbang dalam menjaga posisi tawarnya terhadap pemilik teknologi. Bila penanam modal memiliki ilmu pengetahuan yang cukup, tetapi kemudian ternyata mereka menyingkirkan etika moralnya. Kemungkinan lain pemasok teknologi menanamkan modalnya di negara yang dinilai lemah dalam penegakan hukum, khususnya di bidang lingkungan. Jadi ilmu pengetahuan dapat menjadi faktor posisi tawar yang sangat kuat dalam menerapkan teknologi industri di suatu areal.

PERANAN ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI

Pesatnya pertumbuhan industri dan semakin beratnya beban lingkungan sekarang ini adalah akibat dari tiga hal, yaitu :

- Peningkatan populasi manusia serta ketidakseimbangan penyebarannya.
- Kebutuhan konsumsi manusia yang meningkat dan semakin beragam.
- Teknologi yang berfungsi sebagai generator industrialisasi yang haus bahan, lahan dan energi.

Pertumbuhan populasi manusia akan berpengaruh langsung pada tingkat konsumsinya, sehingga menyebabkan peningkatan eksploitasi terhadap sumber-sumber daya yang terbarukan maupun tak terbarukan. Jadi perlu dilakukan *reiventing technology* secara radikal untuk mengurangi dampaknya terhadap bola dunia, karena daya dukungnya semakin rendah

Untuk mengatasi masalah tersebut di atas ada tiga sasaran yang harus dicapai, sebagaimana dicanangkan oleh *European Chemical Industry Council* bersama *Chemical Manufacture's Association-CMA*, yaitu:

- Menciptakan lingkungan yang makin aman dan sehat melalui perlindungan dan pengurangan resiko terhadap lingkungan.
- Melibatkan lebih banyak anggota dan lapisan masyarakat terutama di sekitar lokasi industri serta mengupayakan peningkatan kesadaran industri, untuk bersa - ma-sama memelihara daerah sekeliling.
- Komitmen bersama atas tanggung jawab pada pelestarian lingkungan, termasuk pelaporan atas terjadinya emisi zat beracun dan kemajuan penanggulangannya, sehingga kegiatan industri dapat dipantau dengan transparan.

Pada **Tabel-1** ditunjukkan bagaimana cara evaluasi usaha industri untuk menerapkan pembangunan berkelanjutan, dengan jalan menjawab pertanyaan diagnostik sebagai alat evaluasi proses industri pada masyarakat bisnis industri, serta peningkatan dan penumbuhan bisnis secara benar dan sehat.

Tabel-1: Pengembangan Berkelanjutan: Evaluasi Diagnostik.

	INTERNAL/KE DALAM	EKSTERNAL/KE LUAR
MASA DEPAN	**Teknologi Bersih** • Apakah kinerja lingkungan produk dibatasi berdasarkan kompetensi yang ada. • Adakah gunanya menerapkan improvement dengan suatu teknologi baru.	**Visi berkelanjutan** • Apakah visi industri mengarah pada pemecahan masalah sosial dan lingkungan. • Apakah visi industri menuntun kepada pengembangan teknologi pasar produk dan proses yang baru.
SAAT INI	**Perlindungan Lingkungan** • Kemanakah aliran limbah dan emisi yang signifikan dari operasi yang sedang dilaksanakan. • Dapat dilakukan pengurangan biaya dan resiko dengan eliminasi limbah pada sumbernya atau menggunakannya sebagai input yang berguna.	**Product Stewardship** • Apakah implikasi pada perancangan dan pengembangan produk, bila kita bertanggungjawab terhadap daur hidup produk tersebut. • Dapatkah diperoleh nilai tambah atau secara simultan pengurangan dampak dari produk.

Industri perlu meninjau dan mengevaluasi proses pengolahannya dengan berbagai tujuan sebagai berikut :

- Mengurangi masukan material untuk mengurangi kemungkinan keluaran limbah.
- Mengurangi jumlah dan jenis limbah atau meneruskannya pada proses produk agar menjadi lain.
- Mengurangi kebutuhan energi segar untuk menurunkan emisi.
- Penggunaan teknologi yang memberi jalan pada pembangunan kemanusiaan berkelanjutan.

Pemerintah daerah Niigata di Jepang melakukan proses likuifaksi limbah plastik dari sampah kota menjadi minyak berat sebagai bahan bakar untuk berbagai fasilitas kota. Industri yang dibangun berkapasitas 6000 mt/tahun dari pengumpulan sampah plastik 10-20 mt/hari untuk menghasilkan 2400-3600 mt/tahun *heavy oil*. Sampah plastik merupakan sepertiga dari seluruh sampah kota tersebut. Investasi yang ditanamkan sebesar 15 juta dollar AS, dan pemerintah Jepang melanjutkan dengan menanamkan modal untuk biaya riset sebesar satu juta dollar AS agar diperoleh 600.000 mt/tahun plastik campuran. Jadi di sini jelas terlihat bahwa pemerintah Jepang sangat bertanggung jawab pada kelestarian lingkungan dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan secara benar dan berwawasan pembangunan kemanusiaan berkelanjutan.

Salah satu terobosan baru dalam teknologi proses kimia yang berwawasan lingkungan adalah teknologi reaktor mini, sehingga akan mempermudah pengoperasian, mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan, penghematan energi serta bahan baku/pembantu yang ditambahkan.

Dalam perancangan industri kimia dilakukan pembesaran skala dari laboratorium menjadi skala industri berkapasitas ton/tahun. Pada masa sekarang industri kimia mengembangkan reaktor dengan ukuran micrometer sampai sentimeter. Reaktor kimia semacam ini digunakan untuk memproduksi zat kimia yang sagat beracun, explosif, reaksi eksotermik tinggi serta dalam bioteknologi dan elektrokimia. Teknologi ini diilhami oleh berkembangnya industri mikroelektronika.

Masih banyak lagi perkembangan teknologi yang berorientasi pada kepentingan pelestarian lingkungan. ternyata pengembangan IPTEK industri di dunia adalah cenderung ramah lingkungan dan hal ini seharusnya menjadi motivasi pertumbuhan industri kimia di Indonesia. Pihak Pemerintah tidak ragu menjalankan kebijakan dan *law enforcement* bila perlu melakukan investasi teknologi.

Selain itu pengembangan lahan untuk pengembangan agroindustri juga menyumbang terhadap cetak biru perencanaan tata ruang suatu daerah sebagai bagian dari lingkungan. Teknologi pemanenan hutan industri atau industri perkebunan juga merupakan ilmu pengetahuan yang penting terhadap perubahan iklim lokal sampai global. Disamping itu juga berpengaruh langsung terhadap kualitas tanah setelah tumbuhan tidak ada lagi di atasnya. Jadi dalam hal ini pengendalian sudah dimulai sejak perencanaan eksploitasi lahan di suatu lokasi, sempit maupun luas. Untuk itu diperlukan pengetahuan yang cermat, dalam dan menyeluruh tentang karakteristik daerah tersebut. Tidak hanya flora, fauna atau biosfernya, tetapi juga sosial budaya masyarakatnya. Sehingga pada saat implementasi sudah diantisipasi seluruh kemungkinan yang bakal dihadapi. Ilmu pengetahuan menjadi keniscayaan pada pengendalian pencemaran lingkungan dalam segala bentuknya.

KASUS PENGENDALIAN KUALITAS AIR SUNGAI

Indonesia mempunyai konsep dalam upaya meningkatkan kualitas air sungai yang sebagian besar sudah terlanjur tercemar baik akibat kerusakan alam sekitarnya, akibat aktifitas masyarakat atau akibat pembuangan limbah industri. Konsep tersebut adalah: *one river - one plan - one management,* yang telah diterapkan pada sungai *Kali Brantas di Jawa Timur yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta* (disingkat *PJT*). Kegiatan yang disusun berdasarkan konsep tersebut adalah *Sistem Manajemen Pemantauan Dan Pengendalian Pencemaran Sungai Kali Brantas.* Hal ini berbeda dengan pengelolaan sungai Citarum di Jawa Barat yang dikelola oleh 3 (tiga) otorita yaitu Saguling, Cirata dan Jatiluhur. Sedangkan sungai-sungai lainnya tidak memiliki suatu badan pengelola.

Bila model tersebut di atas terbukti dalam waktu 5 tahun mendatang mampu menunjukkan kinerja yang memuaskan dalam meningkatkan kualitas air sungai, maka dapat diajukan sebagai contoh pengelolaan bagi sungai lainnya. Kegiatan LIPI ini secara populer dinamakan *Brantas Riverwatch,* sebagai padanan *Seawatch* yang dilakukan oleh BPPT. Pemerintah Daerah Tingkat I dan Tingkat II yang dilalui oleh sungai tersebut berfungsi sebagai *stakeholder* dan sekaligus pengguna. Masyarakat

merupakan subjek dari kegiatan, karena kegiatan ini pada hakekatnya untuk pembangunan masyarakat berkelanjutan.

- **Kondisi umum DAS Kali Brantas waktu awal kegiatan**
  * *Kondisi Alam*

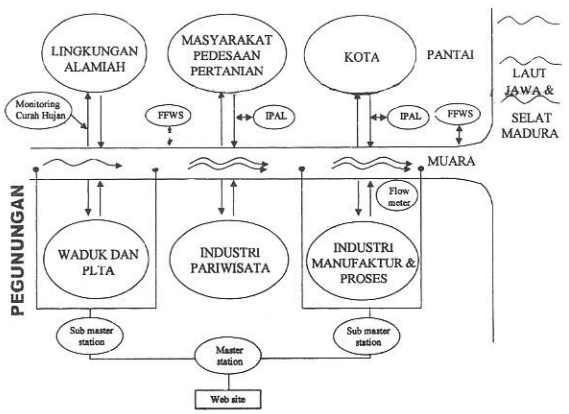
    Kali Brantas merupakan sungai terpanjang di Jawa dan merupakan sumber daya air yang paling potensial. Profil Kali Brantas dan DAS-nya adalah sebagai berikut :

    - panjang sungai 350 km
    - luas DAS 12.000 km^2
    - curah hujan rata-rata 2.000 mm/th
    - run off coeficient 0,4 – 0,6
    - cadangan air per tahun 11.800 juta m^3
    - anak sungai utama 4 buah

  * *Kondisi Ekonomi Sepanjang Sungai*
    - jumlah penduduk 13,5 juta (55% populasi Jawa Timur)
    - laju pertambahan rata-rata tahun 90-94 1%
    - proyeksi tahun 2008 16,6 juta
    - produksi domestik regional bruto (2001) USD 17,3 juta
  * *Kebutuhan Air*
    - irigasi 83.000 Ha mengambil 25–30% dari kapasitas tahunan sungai (2.300 juta m^3)
    - air bersih untuk PDAM 104,2 juta m^3/tahun
    - tambak di daerah Muara seluas 11.500 Ha
    - air baku untuk industri 131 juta m^3/tahun
    - pengenceran Kali Surabaya 225 juta m^3/tahun
  * *Upaya Pengendalian Pencemaran yang Direncanakan 1999-2004*

    Pemantauan kualitas air dilakukan secara manual di 51 lokasi badan air dan 41 lokasi industri. Namun data kualitas air sebagai hasil dari kegiatan pemantauan secara manual dengan frekuensi pemantauan yang relatif jarang tidak dapat diperoleh tepat waktu, khususnya untuk keperluan penegakan hukum. Berbeda halnya bila pemantauan dilakukan secara real time dan disaksikan secara on line.

    Skema kegiatan dari Sistem Manajemen Pemantauan Dan Pengendalian Pencemaran Sungai Kali Brantas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema kegiatan Brantas Riverwatch

- **Justifikasi kebutuhan sistem pemantauan kualitas air sungai di DAS Brantas**
  - Kemampuan pengelola DAS Brantas, Perum Jasa Tirta yang cukup memadai.
  - Kepedulian masyarakat dan Pemda Jatim terhadap masalah pencemaran lingkungan yang cukup besar. Hal ini tercermin dari banyaknya pengaduan masyarakat.
  - Belum tersedianya kemampuan teknis untuk memantau kualitas air sepanjang Kali Brantas secara kontinyu.

- **Fasilitas yang Akan Diinvestasikan di Badan Sungai yang Dihubungkan dengan Sistem *Website:***
  * Pemantauan kualitas *on line*
    - 18 stasiun pemantauan kualitas air
    - 5 stasiun pemantauan kualitas air + tinggi muka air
  * Pemantauan kuantitas air *on line* yang dihubungkan dengan sistem *website:*
    - 14 stasiun (7 stasiun curah hujan dan 7 tinggi muka air)
  * Master station dan sub master station sebagai pengendali berintelegensia
  * Laboratorium kualitas air termasuk di dalamnya mobil laboratorium dan mobil sampling untuk pengukuran rinci dan data ilmiah
  * Model pengolahan limbah rumah tangga, penyamakan kulit dan rumah pemotongan hewan sebagai usaha penyadaran masyarakat dan model penerapan iptek pemantauan pencemaran dan pengendalian lingkungan sungai
  * Flow metering pemantauan dan pengendalian beban pencemaran terhadap sungai.

- **Peranan IPTEK**
  - Sebagian teknologi pemantauan air sungai sudah dikuasai LIPI dengan pengalamannya oleh beberapa puslitbang dalam melakukan instalasi pemantauan di beberapa sungai, teknologi pengolahan air limbah (industri dan rumah tangga) serta pengembangan teknologi lingkungan DPS terutama dalam bidang geoteknologi, air tanah, biologi air sungai serta sosial budaya ekonomi masyarakat.
  - *Flood Forecasting Warning System (FFWS)* saat ini telah terpasang di DAS Brantas hasil rancangan LIPI dan JRC dan berfungsi dengan baik, sehingga dengan pengalaman ini dapat dikembangkan ke arah pengendalian kualitas air sungai bekerja sama dengan Austria.
  - Sistem pemantauan dirancang LIPI berdasarkan kebutuhan nyata, efisien, murah dan ditunjang oleh pengalaman dan kemampuan nasional yang telah terakumulasi juga dilengkapi dengan ketersediaan teknologi luar negeri dan dalam negeri yang cocok, agar mudah dipelihara dan dioperasikan sesuai dengan kemampuan pendanaan sampai tahun 2020.

- Usaha LIPI ini dalam bidang iptek ini diharapkan dapat dijadikan model pengembangan dan penguasaan IPTEK lingkungan sungai dan profesioalisme pelaksanaan yang berdaya guna bagi pembangunan nasional dan dapat dikelola oleh PJT secara rasional.
- Berbagai hasil litbang dalam bidang teknologi sensor, sistem telekomunikasi, instrumentasi, teknologi pengolahan lembah, geohidrologi dan lain-lain yang berkaitan dengan lingkungan air sungai dapat diharapkan muncul dari pengelolaan DAS Brantas ini.
- Masalah Brantas adalah masalah multi sektoral menyangkut seluruh aspek sosial, ekonomi dan teknologi di mana LIPI diharapkan dapat berperan sebagai institusi IPTEK nasional dan PJT menjadi model pengelola yang menggunakan iptek yang juga ditumbuhkan di dalam negeri.

PENUTUP

Pembangunan berkelanjutan sudah merupakan kebijakan politik banyak negara, khususnya bagi pembangunan kemanusiaan berkelanjutan. Hal ini menyebabkan seluruh kegiatan ekonomi dan sosial suatu negara mengacu kepada kebijakan ini. Iptek, moral dan etika menjadi penopang utama dalam penerapan kebijakan ini, baik perangkat keras terlebih lagi perangkat lunaknya.

Pengendalian pencemaran lingkungan hanya akan efektif pada keadaan di mana ilmu pengetahuan dan teknologi diterapkan berdampingan dengan komitmen terhadap tegaknya moral dan etika. Pembangunan ekonomi, khususnya bidang industri dalam arti luas merupakan urat nadi pembangunan berkelanjutan itu sendiri. Dan industri merupakan wahana iptek dalam memenuhi kebutuhan hidup. Pengendalian pencemaran lingkungan sebagai akibat dan konsekuensinya harus dapat diselesaikan pula oleh iptek. Efektifitasnya hanya akan tinggi bila moral dan etika bersemayam di jiwa manusianya dan hukum ditegakkan dengan kepastian yang jelas.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, The Environmental Business Girds for Harder Time. *Chem.Eng.*, September, pp 45, (1997)
2. Anonim, Limits to Competition, *The Group of Lisbon, The MIT Press Massachussets,* (1995)
3. Chopey, N.P., Ondrey, G. And Parkinson, G. Micro-reactore Find New Niches, *Chem.Eng.*, March, pp 30, (1997)
4. Gilges, K. Sustainable Development, Beyond the Greenwash, *Chem.Eng.*, April, pp 681-1, (1997)
5. Kamiya, T. Japan Moves on Plastic Waste, Through Liqueaction. *Chem.Eng.*, February, pp 42, (1997)
6. Mohanty, B., Visvanathan C. And Senanayake, G. Energy Efficient and Environmentally Sound Industrial Technologies in Asia. UNEP Industry and Environment, pp 70, January - June, (1998)
7. Reding, N.L. Producing a Herbicide with Zero Waste. *Chem.Eng,* (1997)
8. Trisnamurti, R. H. Sumber Daya Manusia yang Diperlukan untuk Menunjang Perkembangan Ilmu Kimia. Prosiding Curah Pendapat Ilmu Kimia dan Kaitannya dengan Ilmu Pengetahuan Dasar di Masa depan, Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, (1998)
9. Spurling, T., ..., Presentasi pada Peluncuran Produk Kimia Terapan, 23 Maret 1999
10. Zinkus, G.A., Byers, W.D., And Doerr, W.W. Identify Appropriate Water Reclamation Technologies, C.E.P., May, pp 19, (1998)