

KAJIAN PENERAPAN EKOLOGI INDUSTRI DI INDONESIA

DENI SWANTOMO, MARIA CHRISTINA,P., KARTINI MEGASARI

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (STTN) BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008

Yogyakarta 55010Telp. 0274 489716

E-mail: deni@sttn-batan.ac.id

Abstrak

KAJIAN PENERAPAN EKOLOGI INDUSTRI DI INDONESIA. Pengembangan ekologi industri merupakan suatu usaha untuk membuat konsep baru dalam mempelajari dampak sistem industri pada lingkungan. Ekologi industri adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengelola aliran energi atau material sehingga diperoleh efisiensi yang tinggi dan menghasilkan sedikit polusi. Tujuan utamanya adalah untuk mengorganisasi sistem industri sehingga diperoleh suatu jenis operasi yang ramah lingkungan dan berkesinambungan. Strategi untuk mengimplementasikan konsep ekologi industri ada empat elemen utama yaitu : mengoptimasi penggunaan sumber daya yang ada, membuat suatu siklus material yang tertutup dan meminimalkan emisi, proses dematerialisasi dan pengurangan dan penghilangan ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan. Pada kajian ini membahas penerapan ekologi industri di Indonesia. Industri di Indonesia berupa kawasan industri yang masih belum memiliki simbiosis satu sama lain sehingga masih menghasilkan polusi ke lingkungan. Dengan menerapkan konsep ekologi industri, kawasan industri dapat mengembangkan sistem pertukaran limbah yang dapat bermanfaat bagi industri tersebut. Indonesia sebagai negara agraris dapat mengembangkan ekologi industri berbasis agroindustri. Keuntungan yang dapat diperoleh yaitu penurunan jumlah konsumsi energi fosil, sumber daya alam, dan mengurangi dampak lingkungan. Biaya produksi juga dapat dikurangi.

Kata kunci : ekologi industri, kawasan industri, agroindustri

Abstract

STUDY ON APPROACH OF INDUSTRIAL ECOLOGY IN INDONESIA. Development of industrial ecology is an attempt to provide a new conceptual framework for understanding the impacts of industrial systems on the environment. Industrial ecology is a system framework for managing energy and materials flow for high efficiency and low pollution. Primary goal of industrial ecology is to organize industrial system for getting unit production processes which environment friendly and sustainable development. The strategy for implementing the concepts of industrial ecology can be described in four elements : optimizing the use of resources, closing material loops and minimizing emissions, dematerializing, reducing and eliminating the dependence on non-renewable sources of energy. This study is feasibility study for approach of industrial ecology in Indonesia. Many industries in Indonesia were clustered but each of them did not have symbiosis so its still produce pollution to the environment. By approach industrial ecology concept, the industrial estate can develop waste exchange within industries. Indonesia as a agraris country can develop industrial ecology based on agroindustry. In this industrial ecology can decrease the consumption of the fossil fuel, resource, and reduce the environmental impact of industrial activity. At the same time, the cost on this industrial ecology will be much less.

Keywords : industrial ecology, industrial estate, agroindustry

PENDAHULUAN

Pada dewasa ini yang menjadi bahan perdebatan adalah bagaimana menyusun suatu pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Semakin meningkatnya populasi manusia mengakibatkan tingkat konsumsi produk dan energi meningkat juga. Permasalahan ini ditambah dengan ketergantungan penggunaan energi dan bahan baku yang tidak dapat diperbarui. Pada awal perkembangan pembangunan, industri dibangun sebagai suatu unit proses yang tersendiri, terpisah dengan industri lain dan lingkungan. Proses industri ini menghasilkan produk, produk samping dan limbah yang dibuang ke lingkungan.

Adanya sejumlah limbah yang dihasilkan dari proses produksi, mengharuskan industri menambah investasi untuk memasang unit tambahan untuk mengolah limbah hasil proses sebelum dibuang ke lingkungan. Pengendalian pencemaran lingkungan dengan cara pengolahan limbah (pendekatan *end of pipe*) menjadi sangat mahal dan tidak dapat menyelesaikan permasalahan ketika jumlah industri semakin banyak, daya dukung alam semakin terbatas, dan sumber daya alam semakin menipis^[1]. Oleh karena itu, orang kemudian mulai meninggalkan pendekatan *end of pipe* yang bersifat kuratif atau remediasi ini dan berganti ke pendekatan bersifat preventif yang lebih mengarah pada penanganan pada sumbernya untuk mencegah atau meminimalkan limbah yang terbentuk (*pollution prevention*). Strategi pencegahan pencemaran dengan memfokuskan pada perbaikan sistem proses ini memberikan kinerja lingkungan yang lebih baik dan lebih ekonomis.

Hal ini mendorong para peneliti untuk mengembangkan suatu sistem produksi yang dapat menghemat penggunaan bahan baku dan energi dari alam. Sistem industri yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah lingkungan adalah ekologi industri. Pada ekologi industri tidak hanya membahas tentang masalah polusi dan lingkungan tetapi juga mempertimbangkan kesinambungan industri serta aspek ekonomi tetap diutamakan. Ekologi industri merupakan suatu sistem industri yang terpadu diantara industri-industri yang ada di dalamnya dan saling bersimbiosis secara

mutualisme. Dalam sistem ini mengacu pada sistem ekologi di alam. Konsep ekologi industri telah banyak dikembangkan di negara-negara maju seperti ekologi industri Kalundborg Denmark, Brownville Amerika Serikat dan Calgary Kanada. Di negara maju ekologi industri telah digunakan sebagai salah satu instrumen untuk merancang pembangunan ekonomi yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Konsep ekologi industri dapat diterapkan juga di negara-negara berkembang untuk semakin meningkatkan tingkat pembangunannya. Di negara berkembang yang menjadi persoalan utama adalah sumber daya alam yang melimpah namun masih belum dapat mengoptimalkan penggunaannya. Hal lain yang menghambat adalah kurangnya dukungan pemerintah secara nyata terhadap pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Kawasan industri masih berupa suatu kawasan yang belum terpadu secara sistematis dan hanya berupa kumpulan industri yang berdiri sendiri.

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang sebenarnya telah mengaplikasikan ekologi industri. Konsep ekologi industri yang dikembangkan di Indonesia masih sangat sederhana dan belum sampai tahap sistem ekologi industri yang menyeluruh^[2]. Konsep ekologi industri di Indonesia masih sangat berprospek untuk dikembangkan lebih lanjut sehingga pada akhirnya diperoleh suatu pembangunan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Dengan kajian ini diharapkan dapat menjadi masukan dalam penyusunan pembangunan kawasan ekologi industri di Indonesia.

DESKRIPSI EKOLOGI INDUSTRI

Ekologi Industri dan Berbagai Sistem Pendukungnya

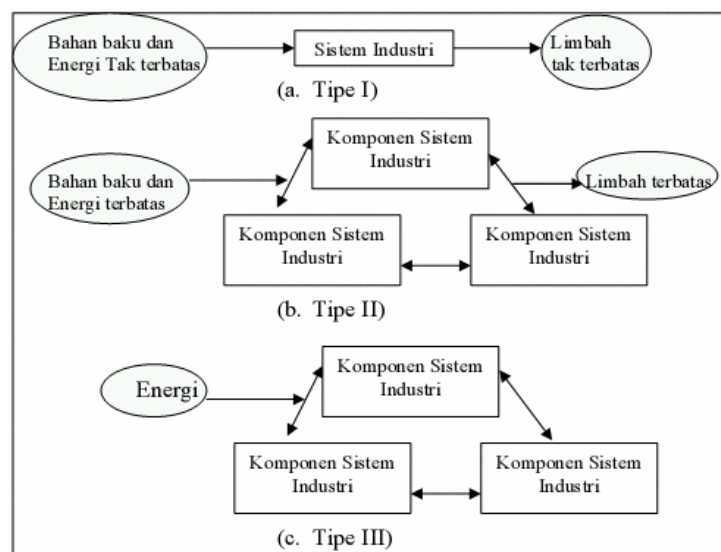
Definisi ekologi industri sampai saat ini masih beragam, diantaranya menurut^[3] yaitu suatu sistem yang digunakan untuk mengelola aliran energi atau material sehingga diperoleh efisiensi yang tinggi dan menghasilkan sedikit polusi. Definisi yang lain yaitu ekologi industri merupakan suatu pendekatan manajemen lingkungan dimana suatu sistem industri tidak dilihat secara terpisah dengan sistem

sekelilingnya tetapi merupakan bagian utuh yang saling mendukung dalam rangka mengoptimalkan siklus material ketika suatu bahan baku diproses menjadi produk. Dasar utama ekologi industri yaitu metabolisme industri yang merupakan keseluruhan aliran material dan energi yang ada dalam sistem industri. Tujuan utama ekologi industri adalah untuk mengorganisasi sistem industri (termasuk semua aspek kegiatan manusia di dalamnya) sehingga diperoleh suatu jenis operasi yang ramah lingkungan dan berkesinambungan (*sustainable development*).

Konsep ekologi industri terkait secara dekat dengan proses produksi bersih (*cleaner production*) dan merupakan komplementer satu dengan lainnya. Kedua konsep melibatkan pencegahan pencemaran dalam rangka melindungi lingkungan dan meningkatkan efisiensi ekonomi. Produksi bersih lebih memfokuskan pada aspek pengurangan limbah, sementara ekologi industri lebih menekankan pada pendauran suatu limbah yang terbentuknya tidak bisa dihindari (*unavoidably produced waste*) dengan mensinergikan antara unit satu dengan lainnya atau antara satu industri dengan industri lainnya. Selain terjadi pemanfaatan suatu material yang dihasilkan oleh suatu unit oleh unit lain, juga dimungkinkan terjadinya integrasi energi dari suatu unit oleh unit lain di dalam suatu kawasan.

Sistem industri terdapat tiga tipe. Tipe I adalah sistem proses linier. Pada tipe ini energi dan material masuk pada sistem kemudian menghasilkan produk, produk samping, dan limbah^[4]. Limbah yang dihasilkan tidak dilakukan proses olah ulang sehingga membutuhkan pasokan bahan baku dan energi yang banyak. Sistem industri yang paling banyak digunakan saat ini adalah tipe II. Pada tipe ini sebagian limbah telah diolah ulang dalam sistem dan sebagian lagi dibuang ke lingkungan. Sistem tipe III merupakan sistem produksi kesetimbangan dinamik yang energi dan limbahnya diolah ulang secara baik dan digunakan sebagai bahan baku oleh komponen sistem lain. Pada sistem ini merupakan sistem industri yang tertutup total dan hanya energi matahari yang datang dari luar sistem. Hal ini merupakan sistem ideal yang menjadi tujuan ekologi industri. Sistem industri ditunjukkan pada Gambar 1.

Strategi untuk mengimplementasikan konsep ekologi industri ada empat elemen utama yaitu : (1) mengoptimasi penggunaan sumber daya yang ada; (2) membuat suatu siklus material yang tertutup dan meminimalkan emisi; (3) proses dematerialisasi; dan (4) pengurangan dan penghilangan ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan^[5].



Gambar 1. Tipe Sistem Industri^[4]

Optimasi penggunaan sumber daya (resource)

Optimasi penggunaan material dan energi dalam kegiatan industri dimulai dengan menganalisis proses produksi untuk menghilangkan produk yang terbuang percuma. Langkah ini bisa dilakukan oleh suatu industri secara sendiri yang disebut dengan pencegahan polusi atau proses produksi bersih. Hal ini berkembang menjadi suatu pemikiran bagaimana menganalogikan sistem industri seperti sistem yang terjadi di alam. Dengan sistem ekologi industri ini dapat menghasilkan konsep rantai makanan industri, yaitu pemanfaatan produk samping dan limbah menjadi bahan baku bagi komponen sistem industri lain. Konsep ini menghasilkan suatu konsep kawasan ekologi industri terpadu. Dalam kawasan ini, industri-industri bekerja sama untuk mengoptimasi penggunaan sumber daya yang ada sehingga limbah industri yang dihasilkan bisa diminimalisasi.

Siklus material yang tertutup dan minimalisasi emisi

Dalam ekosistem alam semua aliran material bersifat siklus yang tertutup. Sebagai contoh bakteri dan jamur dapat mendekomposisi limbah tumbuhan menjadi senyawa kimia sederhana dan digunakan kembali oleh tanaman tersebut. Dalam ekologi industri, siklus material ini masih jauh dari optimal namun telah dapat memberikan hasil yang lebih baik. Hal ini karena dalam ekologi industri masih membutuhkan energi dari luar yang sebagian besar dari energi fosil. Pembakaran bahan bakar fosil merupakan sumber utama limbah yang dihasilkan industri. Ekologi industri secara nyata dapat meningkatkan efisiensi energi dan emisi. Siklus material yang tertutup dapat memberikan keuntungan. Sebagai contoh dalam proses rekoveri alumunium membutuhkan energi yang jauh lebih kecil dibandingkan energi untuk mengekstraksi dan memurnikan alumunium dari bauksit. Dampak lingkungan yang dihasilkan bisa mencapai sepersepuluh dari proses produksi alumunium dari bauksit.

Proses dematerialisasi

Tujuan utama ekologi industri tidak hanya untuk menghasilkan suatu siklus aliran material yang tertutup tetapi juga

meminimalkan jumlah aliran bahan dan energi yang digunakan untuk proses produksi. Pada saat ini ada dua proses dematerialisasi yang diperdebatkan yaitu proses dematerialisasi relatif dan dematerialisasi absolut. Proses dematerialisasi relatif menjelaskan bahwa suatu proses produksi dan jasa diusahakan dapat menghasilkan produk dan jasa yang sebesar-besarnya dari penggunaan bahan baku yang ada. Proses dematerialisasi absolute menganggap bahwa dalam proses produksi harus meminimalkan penggunaan bahan baku.

Pengurangan dan penghilangan ketergantungan pada sumber energi tidak terbarukan

Energi merupakan faktor yang sangat penting dalam restrukturisasi sistem industri. Banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi energi dengan beberapa inovasi seperti *co-generation*. Hingga saat ini bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam merupakan sumber energi utama untuk industri. Penggunaan bahan bakar fosil dapat menyebabkan kerusakan lingkungan seperti efek gas rumah kaca, pemanasan global, dan hujan asam. Dalam rangka untuk mensinergikan dengan tujuan utama ekologi industri maka diperlukan langkah perbaikan. Pada tahap awal diperlukan usaha untuk membuat bahan bakar fosil yang ramah lingkungan seperti dengan proses dekarbonisasi dan pembersihan gas buang. Solusi di atas merupakan langkah perbaikan sementara, sehingga diperlukan usaha diversifikasi energi terutama energi yang dapat terbarukan seperti biodiesel, biogas, bioetanol, dan pemanfaatan energi matahari.

Simbiosis Industri

Simbiosis industri merupakan suatu bentuk kerja sama diantara industri-industri yang berbeda. Bentuk kerja sama ini dapat meningkatkan keuntungan masing-masing industri dan pada akhirnya berdampak positif pada lingkungan. Dalam proses simbiosis ini limbah suatu industri diolah menjadi bahan baku industri lain. Proses simbiosis ini akan sangat efektif jika komponen-komponen industri tersebut tertata dalam suatu kawasan industri terpadu (*eco-industrial parks*).

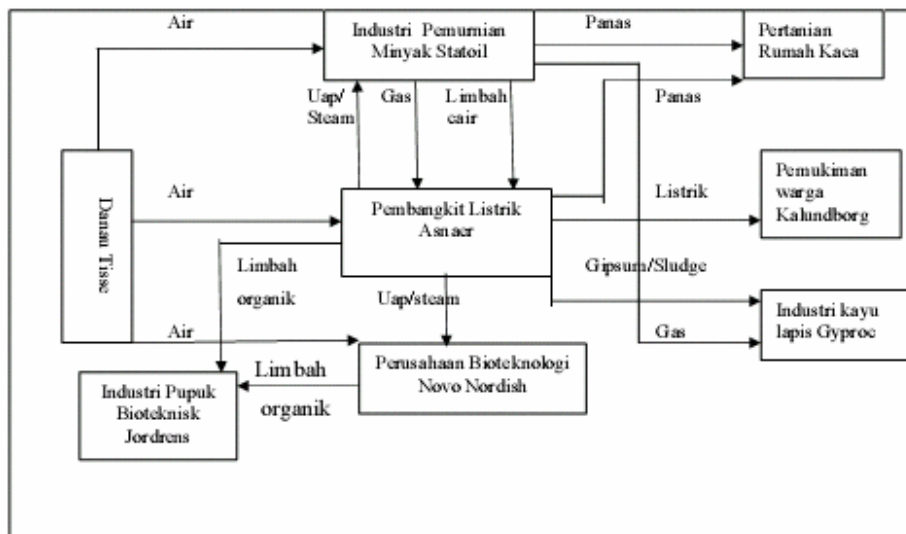
Beberapa karakteristik simbiosis industri yang efektif adalah sebagai berikut :

1. Industri anggota simbiosis ditempatkan dalam satu kawasan dan memiliki bidang produksi yang berbeda-beda.
2. Jarak antar industri dibuat dekat sehingga meningkatkan efisiensi transportasi bahan.
3. Masing-masing industri membuat suatu kesepakatan bersama dengan berprinsip ekonomi yaitu saling menguntungkan.
4. Masing-masing industri harus dapat berkomunikasi dengan baik.
5. Tiap industri bertanggung-jawab pada keselamatan lingkungan dalam kawasan tersebut.

Contoh simbiosis kawasan industri yang telah sukses dan terkenal adalah simbiosis industri di Kalundborg, Denmark^[6]. Simbiosis industri Kalundborg yang ditunjukkan pada Gambar 2 terdiri dari enam industri yaitu Pusat Pembangkit Listrik Asnaer, Industri pemurnian minyak Statoil, Perusahaan bioteknologi Novo Nordisk, Industri pupuk Bioteknik Jordrens, Nordisk, Industri kayu lapis Gyproc, Perusahaan remediasi tanah Bioteknik Jordrens, dan pemukiman warga kota Kalundborg.

Hasil yang telah diperoleh dari simbiosis industri Kalundborg yaitu :

1. Pengurangan konsumsi energi dan sumber daya air.
2. Peningkatan kualitas lingkungan karena emisi CO₂ dan SO₂ dapat dikurangi.
3. Limbah produksi seperti abu layang, sulfur, lumpur, dan gipsium dapat diolah menjadi bahan baku produksi yang mempunyai nilai lebih.
4. Kota Kalundborg sebagai kota industri yang paling bersih.
5. Efisiensi penggunaan energi bahan bakar dapat mencapai 90 %.



Gambar 2. Kawasan Ekologi Industri di Kalundborg, Denmark[6]

METODOLOGI KAJIAN

Metodologi kajian dilakukan dengan cara:

1. Mengumpulkan data dan informasi dari buku serta jurnal yang terkait dengan ekologi industri.
2. Menganalisis sistem kawasan industri di Indonesia.
3. Menganalisis perbaikan sistem kawasan industri di Indonesia berdasarkan prinsip

ekologi industri. Analisis di lakukan berdasarkan hasil studi ekologi industri yang telah dilakukan di Indonesia.

4. Membuat kesimpulan dan saran perbaikan sistem kawasan ekologi industri di Indonesia.

PEMBAHASAN

Indonesia sebagai salah satu negara berkembang sedang memacu pertumbuhan industri. Salah satu kebijakan yang ditempuh

adalah dengan membangun kawasan-kawasan industri terpadu. Pada awal perkembangan kawasan industri di Indonesia masih berupa kumpulan industri yang ditata dengan terpadu namun masih terpisah satu sama lain. Karakteristik kawasan industri di negara berkembang termasuk di Indonesia adalah^[7]:

Ketersediaan sumber daya alam yang masih melimpah dan disubsidi pemerintah.

1. Bahan baku lebih murah dibandingkan dengan proses daur ulang bahan.
2. Pembuangan limbah atau polusi masih kurang diawasi secara ketat.
3. Kurangnya perhatian masyarakat konsumen pada dampak negatif proses produksi terhadap lingkungan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah industri dan keterbatasan sumber daya alam yang ada maka konsep kawasan industri perlu diubah. Di Indonesia pernah dilakukan studi tentang penerapan ekologi industri yang dilakukan Universitas Kaiserslautern Jerman dengan BPPT dan Universitas Diponegoro pada tahun 2000^[2]. Kajian awal difokuskan pada kawasan industri Zona Industri Manis di Tangerang dan Lingkungan Industri Kecil Bugangan Baru di Semarang. Hasil studi awal menjelaskan terdapat beberapa industri yang tertarik untuk menerapkannya. Dalam kawasan tersebut mulai dirancang proses industri logam alumunium dengan bahan baku dari limbah alumunium. Hasilnya lebih menguntungkan dibandingkan bila menggunakan bahan baku dari mineral alam. Masalah ketersediaan air untuk proses industri masih terjadi sehingga perlu dipikirkan untuk dibuat industri baru dalam kawasan yang dapat mengolah ulang air proses dari tiap-tiap industri. Hasil akhir kajian ini berupa studi awal potensi kawasan industri di Indonesia untuk dikembangkan menjadi kawasan ekologi industri.

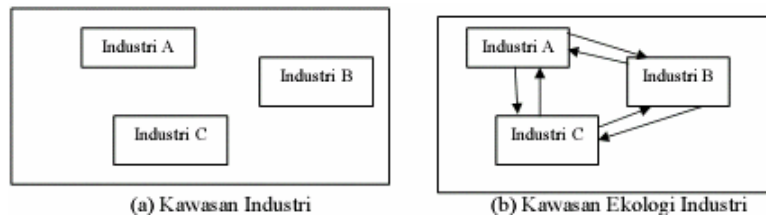
Di Indonesia perkembangan industri telah diantisipasi oleh pemerintah dan DPR selaku pembuat kebijakan dengan membuat berbagai peraturan tentang penataan kawasan industri terpadu dan perlindungan lingkungan. Salah satu yang menjadi hambatan adalah implementasi di lapangan dan pengawasannya. Dukungan dari pemerintah sebenarnya dapat menjadi peluang untuk menerapkan ekologi industri di Indonesia^[2].

Kawasan industri di Indonesia pada umumnya berupa kumpulan industri yang belum memiliki hubungan satu dengan yang lain. Sebagai contoh adalah Lingkungan Industri Kecil (LIK) Bugangan Baru yang terletak di Semarang terdiri dari 486 industri skala menengah dan kecil. Jenis industri yang ada diantaranya industri makanan, minuman, cat, kertas, alkohol, percetakan, keramik, logam, furnitur, plastik, bahan kimia, elektronik, dan kosmetik. Pada kawasan industri ini belum terdapat sistem ekologi industri. Dalam kawasan industri tersebut tidak terdapat sistem pertukaran limbah yang dapat saling dimanfaatkan sebagai bahan baku. LIK Bugangan Baru telah terdapat sistem pengumpulan limbah terpadu dan dikirim ke instalasi pengolahan limbah terpadu walaupun skalanya masih kecil. Limbah yang dihasilkan dilakukan pengolahan kemudian dibuang ke lingkungan. Sistem pengolahan limbah masih bersifat solusi akhir atau pendekatan *end of pipe*. Dengan metode ini limbah masih dianggap menjadi beban biaya tambahan yang harus ditanggung dan masih berpotensi merusak lingkungan. Pemerintah masih berkesan melindungi industri-industri yang kurang memperhatikan keselamatan lingkungan dengan alasan mengutamakan tingkat pertumbuhan ekonomi nasional.

Tahapan pendirian suatu industri dimulai dengan penemuan proses pada tahap riset, kemudian dilanjutkan dengan tahap pengembangan dan perancangan proses, peralatan, evaluasi ekonomi, konstruksi, serta operasi. Dalam perancangan industri harus *feasible* secara teknis, ekonomis, memperhatikan aspek keselamatan yang maksimal dan mempunyai dampak lingkungan yang minimal. Dengan memasukkan pertimbangan aspek lingkungan pada tahap perancangan, akan dapat dihasilkan suatu industri yang tidak hanya lebih ekonomis tetapi juga berwawasan lingkungan. Hal ini dapat dilakukan dengan memilih bahan baku dan proses yang menghasilkan sedikit limbah atau menghasilkan limbah tetapi dapat dimanfaatkan kembali secara berkelanjutan. Konsep industri berwawasan lingkungan sangat penting untuk diterapkan mengingat daya dukung alam semakin menurun dibandingkan pertumbuhan industri yang begitu cepat.

Ekologi industri sebenarnya menawarkan solusi untuk menciptakan pembangunan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Dalam konsep ekologi industri kawasan industri ditata sedemikian rupa

sehingga industri-industri mempunyai hubungan simbiosis mutualisme. Industri-industri di dalam kawasan saling terhubung untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses produksinya.



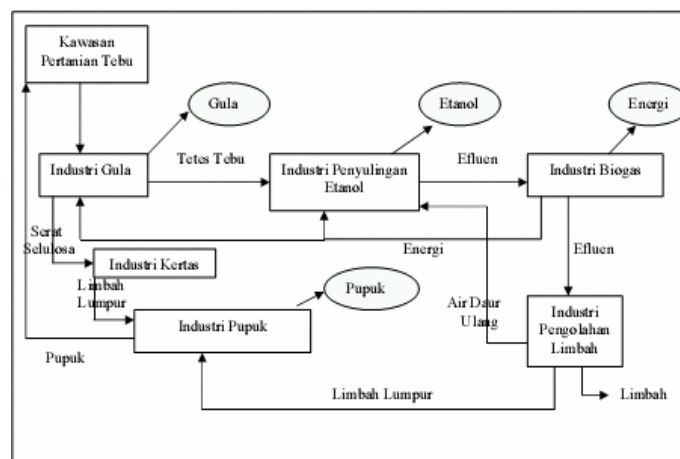
Gambar 3. Tipe Kawasan Industri

Konsep ekologi industri ini adalah konsep pemanfaatan bahan baku dan energi yang optimal dengan tidak merusak lingkungan. Integrasi antar industri diperlukan untuk pencegahan dampak kerusakan lingkungan sekaligus dapat meningkatkan keuntungan bagi industri.

Dalam perancangan suatu kawasan ekologi industri terdiri dari beberapa tahap analisis proses yaitu analisis aliran material dan energi, analisis ketersediaan sumber daya alam regional, analisis ulang masalah aktual yang dihadapi dan penetapan skala prioritas. Dalam analisis aliran material dan energi digunakan untuk mengidentifikasi bahan baku dan energi pada setiap tahapan proses produksi. Analisis ini juga meliputi analisis integrasi massa dan energi proses. Tujuan analisis ini adalah penghematan penggunaan sumber daya alam, menganalisis penggunaan bahan baku yang lebih ramah lingkungan dan pengurangan dampak lingkungan. Analisis ketersediaan sumber daya alam regional digunakan untuk

menganalisis ketersediaan bahan baku, dampak negatif penggunaannya terhadap sumber daya yang lain. Setelah mengetahui hasil analisis di atas maka dapat dilakukan identifikasi ulang masalah-masalah aktual yang dihadapi. Penyelesaian masalah-masalah yang ada harus bisa dikomunikasikan dengan industri lain yang terkait dalam kawasan tersebut. Pada akhirnya akan dapat disusun simbiosis industri yang saling menguntungkan diantara industri tersebut.

Indonesia sebagai negara agraris yang besar sangat berpeluang untuk dikembangkan kawasan ekologi industri berbasis industri pengolahan hasil pertanian (*agroindustri*). Penduduk Indonesia yang mayoritas sebagai petani harus tetap menjadi fokus untuk terus dikembangkan kesejahteraannya. Penataan kawasan ekologi industri dapat dimulai dari pendirian kawasan industri terpadu di dekat kawasan pertanian masyarakat. Sebagai contoh kawasan ekologi industri berbasis industri pengolahan tebu ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kawasan Ekologi Agroindustri

Gambar kawasan ekologi industri di atas menjelaskan proses penataan kawasan dimulai dari kawasan pertanian tebu rakyat. Hasil tebu diproses di industri gula menghasilkan produk gula dan produk samping tetes tebu serta selulosa. Tetes tebu digunakan sebagai bahan baku industri penyulingan etanol sedangkan serat selulosa dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kertas. Pada industri kertas dihasilkan produk kertas dan limbah lumpur yang telah diolah dapat menjadi bahan baku industri pupuk organik. Industri penyulingan etanol dapat menghasilkan produk etanol dan efluen yang dapat dijadikan bahan baku industri biogas. Industri biogas dapat menghasilkan energi yang dapat memasok kawasan tersebut. Limbah-limbah yang dihasilkan telah sangat berkurang kuantitas dan sifat toksisitasnya. Limbah tersebut diolah secara terpadu sehingga dihasilkan limbah yang ramah lingkungan. Air limbah yang telah diolah dapat juga dikembalikan sebagai air proses di industri.

Saat terbaik untuk memasukkan pertimbangan penerapan ekologi industri adalah pada tahapan awal perancangan proses, yaitu pada saat riset dan pengembangan proses. Hal ini disebabkan kebijakan yang dibuat pada saat awal pengembangan proses seringkali akan menentukan aktifitas pengembangan pada tahapan selanjutnya, seperti dalam hal pemilihan jenis peralatan, material, dan kondisi proses. Secara singkat dapat dikatakan bahwa dengan mengarahkan isu lingkungan pada awal siklus pengembangan, masalah teknis dan non-teknis (konsekuensi ekonomis dan peraturan perundangan) yang akan muncul di depan dapat diantisipasi. Hal ini dapat mereduksi resiko teknis dan ekonomis yang berkaitan dengan isu lingkungan.

Kawasan ekologi industri dapat diimplementasikan dengan baik jika masing-masing industri dalam kawasan tersebut dapat saling terbuka dan terhubung dengan baik. Dalam hal ini diperlukan kesepakatan bersama tentang pengelolaan kawasan industri bersama dengan tetap berpegang pada prinsip ekonomi dan keselamatan lingkungan. Penerapan kawasan ekologi industri di Indonesia saat ini masih pada tahap pengembangan dan masih sangat sedikit kawasan industri yang menerapkannya. Hal ini disebabkan adanya ketakutan industri untuk membagi informasi tentang bahan baku, proses produksi, dan

limbah apa yang dihasilkan. Industri masih menganggap informasi tersebut dapat disalahgunakan oleh industri lain untuk meniru produknya. Peran pemerintah dan masyarakat sebagai konsumen sangat diperlukan untuk mendorong industri menerapkan ekologi industri. Pemerintah dapat berperan dalam pembuatan kebijakan peraturan dan pemberian insentif bagi industri yang menerapkan ekologi industri. Masyarakat sebagai konsumen dapat menekan industri dengan memilih produk yang dihasilkan dari proses yang ramah lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian di atas dapat diambil kesimpulan :

1. Ekologi industri merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengelola aliran energi atau material sehingga diperoleh efisiensi yang tinggi dan menghasilkan sedikit polusi.
2. Penataan kawasan ekologi industri sangat diperlukan dalam rangka pembangunan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.
3. Indonesia telah menerapkan konsep kawasan ekologi industri meskipun masih sederhana dan perlu dikembangkan lebih lanjut.
4. Konsep kawasan ekologi industri di Indonesia sebaiknya disesuaikan dengan kondisi geografis dan yang paling sesuai untuk dikembangkan segera adalah kawasan ekologi industri pertanian atau *agro-industri*

DAFTAR PUSTAKA

1. XUEMEI, B., 2007, "Industrial Ecology and the Global Impacts of Cities" *Journal of Industrial Ecology*, Volume 11, Number 2, Yale University, Amerika Serikat.
2. VON HAUFF, M. dan WILDERER, M.Z., 2000, "Eco Industrial Networking: A practicable approach for sustainable development in developing countries", Helsinki Symposium on Industrial Ecology and Material Flows, Helsinki.
3. GARNER, A., 1995, *Industrial Ecology: An Introduction, Pollution Prevention and Industrial Ecology*, University of Michigan, Amerika Serikat.

4. MARIAN, R.C, 2007, "Uncovering Industrial Symbiosis", *Journal of Industrial Ecology*, Volume 11, Number 1, Yale University, Amerika Serikat.
5. ERKMAN, S. dan RAMESH, R., 2000, "Cleaner Production at the System Level: Industrial Ecology as a Tool for Development Planning (Case Studies in India)", UNEP 6th International High-Level Seminar on Cleaner Production, Montreal Canada.
6. ALLEN, D.T dan SHONNARD, D.R., 2002, *Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
7. Yi YANG, 2006, "Feasibility Study for The Design of An Industrial Park with Low Energy Consumption", Master Thesis, Lulea University of Technology.

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Apakah siklus ekologi industri yang berbasis pertanian dalam skala menengah dan lebih kecil sudah dikaji dan ditinjau dari segi pengembalian modal? (perkebunan tebu di Indonesia biasanya berada pada skala kecil hingga menengah)? (Djaruddin Hasibuan)
2. Efisiensi 90 % untuk menyatakan tentang apa? (Sunardi)
3. Pembuangan limbah kurang pengawasan sehingga perusahaan membuang limbah di atas baku mutu yang diperbolehkan, bagaimana cara mengatasinya? (Sunardi)

Jawaban

1. Siklus ekologi industri berbasis agroindustri memang sebaiknya diterapkan untuk industri menengah ke atas, sedangkan tinjauan tentang perancangan agroindustri masih berupa tinjauan parsial.
2. Efisiensi 90 % adalah efisiensi penggunaan energi dari pembangkit listrik.
3. Diperlukan pengawasan dari pemerintah yang tegas. Dengan menerapkan ekologi industri, maka limbah yang dihasilkan dari industri bisa lebih aman sehingga menjadi alternatif pemecahannya.

