



PIDATO PENGUKUHAN

Disampaikan pada Pengukuhan Guru Besar
dalam Ilmu Teknik Kimia
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Desain Simbiosis Industri dalam Suatu Kawasan Industri Menuju Eco-Industrial Park

Fatah Sulaiman



**Desain Simbiosis Industri
dalam Suatu Kawasan Industri
Menuju Eco-Industrial Park
Copyright ©2021**

Penulis:

Fatah Sulaiman

Editor:

Firman Hadiansyah

Desain Sampul & Tata Letak:

Desma Yuliadi Saputra

Cetakan Pertama: Januari 2021

vi + 108 hlm.: 14 x 21 cm

ISBN 978-602-5587-88-7

Diterbitkan

UNTIRTA PRESS

Tercatat sebagai Anggota APPTI dan IKAPI

Jl. Raya Jakarta, Km. 4, Telp. (0254) 280330 Ext 111 Serang

Gedung UPBK Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

email: up@untirta.ac.id | website: <http://press.untirta.ac.id>

Kutipan Pasal 44, Ayat 1 dan 2, Undang-Undang Republik Indonesia tentang HAK CIPTA. Tentang Sanksi Pelanggaran Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang HAK CIPTA, sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang No. 7 Tahun 1987 jo, Undang-Undang No. 12 Tahun 1997, bahwa:

- 1 Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau menyebarkan suatu ciptaan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
- 2 Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah atas terbitnya buku pidato pengukuhan Guru Besar Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, yang saya beri judul Desain simbiosis industri dalam suatu kawasan industri menuju Eco Industrial Park.

Buku ini ditulis dan disiapkan dalam rangka mendokumentasikan beragam informasi terkait desain industri baik industri yang berdiri sendiri, maupun industri-industri yang akan ditempatkan dalam suatu kawasan industri, dengan mempertimbangkan paradigma baru aktifitas industri dalam seluruh aspeknya yaitu menerapkan konsep teknologi dan produksi bersih.

Referensi yang menjadi basis dalam penulisan buku ini adalah beragam teksbook dan jurnal terkait implementasi teknologi produksi bersih di Industri, juga hasil penelitian melalui

observasi dan diskusi langsung terkait kawasan industri di Kota Cilegon.

Bagian cuplikan dari buku ini juga merupakan makalah yang terkait dengan Desain simbiosis Industri Proses Kimia dalam Kawasan Industri, yang disampaikan dalam pengukuhan Guru Besar Bidang Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Semoga buku ini bermanfaat bagi para mahasiswa, maupun industriawan atau pengambil kebijakan terkait perencanaan industri dan kawasan industri, sekaligus juga sebagai referensi yang mendukung secara dinamis perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa datang. Kritik dan saran pembaca, sangat kami butuhkan untuk perbaikan edisi mendatang. Akhirnya semoga buku ini catatan amal baik bagi penulis dan semua yang membantu terlibat dalam pembuatan buku ini, terutama bagi sivitas akademika Untirta.

Banten, Januari 2021

Fatah Sulaiman

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Latar Belakang	2
1.2.1 Kawasan Industri	2
1.2.2 Kawasan Industri di Kota Cilegon	3
1.2.3 Hambatan dan Tantangan Pengembangan Kawasan Industri	9
1.3 Ruang Lingkup	13
BAB II TINJAUAN FILOSOFIS	15
2.1 Simbiosis Industri	15
2.2 Eco-industrial park	43
2.3 Pengembangan EIP di Kawasan Industri Kota Cilegon	63

2.4 <i>Framework of New Digital Eco Industrial Park</i>	71
2.5 Contoh Implementasi Skenario Simbiosis Industri dalam Kawasan	78
BAB III PENUTUP	91
3.1 Simpulan	91
3.2 Rekomendasi	94
3.3 Harapan	96
UCAPAN TERIMA KASIH	97
DAFTAR PUSTAKA	103

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Pembangunan sektor industri masih digunakan sebagai pendekatan untuk mengatasi pengangguran dan kemiskinan. Dunia industri milik pemerintah dan swasta menjadi tulang punggung dalam penyerapan tenaga kerja. Perekonomian negara diharapkan menjadi meningkat karena dengan proyek industri maka ketergantungan terhadap barang-barang import ditargetkan menjadi berkurang. Dunia industri juga diharapkan mampu mendorong bangsa menjadi lebih produktif, inovatif dan kreatif sehingga dalam beberapa tahun bangsa kita bisa menghilangkan sifat konsumtif. Dalam perspektif lingkungan aktivitas industri juga harus selaras dengan aspek-aspek yang terkait dengan pengendalian pencemaran lingkungan termasuk di dalamnya mempertimbangkan efisiensi dan produktivitas dalam proses pro-

duksi, termasuk pertimbangan keberlanjutan baik dalam bidang sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2019), sektor industri masih tetap menjadi kontributor terbesar perekonomian Indonesia. Sumbangan dari sektor ini mencapai 2.947,3 triliun atau 19,82% dari PDB nasional yang sebesar Rp14.837 triliun.

1.2 Latar Belakang

1.2.1 Kawasan Industri

Pembangunan kawasan industri (KI) dipandang sebagai salah satu bagian penting dari strategi pembangunan sebuah negara. Pembangunan kawasan industri yang terencana dengan baik akan mendorong desentralisasi pembangunan sehingga pembangunan di daerah dapat berkembang dengan baik (Singhal dan Kapur, 2002). Pengembangan kawasan industri dapat mendukung dan meningkatkan perekonomian suatu negara. Negara yang berhasil menciptakan serta mengembangkan kawasan industri serta memelihara iklim usaha yang kondusif akan dapat menarik investor untuk berinvestasi di negara tersebut (Budiyanto, dkk, 2015).

Data pada Kementerian Perindustrian menunjukkan bahwa pembangunan kawasan industri di Indonesia pertama dimulai pada tahun 1973 yaitu dengan berdirinya Jakarta Industrial Estate Pulo Gadung (JIEP), kemudian tahun 1974 dibangun Surabaya Industrial Estate Rungkut (SIER), selanjutnya dibangun Kawasan Industri Cilacap (tahun 1974), menyusul Kawasan Industri Medan (tahun 1975), Kawasan Industri Makasar (tahun

1978), Kawasan Industri Cirebon (tahun 1984), dan Kawasan Industri Lampung (tahun 1986) (Kwanda, 2004). Dalam kurun waktu 20 tahun, Kawasan Industri telah tumbuh di 13 Provinsi dengan jumlah 81 Kawasan Industri dengan luas 23.449 hektar, yang sudah operasional dan masih banyak lagi yang sedang mempersiapkan pembangunan Kawasan Industri.

Bertumbuhnya pengembangan kawasan industri di Indonesia didorong dengan adanya Keputusan Presiden No. 53/1989 tentang pembukaan bisnis pembangunan kawasan industri untuk sector swasta. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya anggaran yang dialokasi untuk program.

Saat ini, terdapat 103 kawasan industri yang telah beroperasi dengan cakupan wilayah seluas 55.000 hektare. Sebanyak 58 di antaranya berada di Pulau Jawa, sisanya tersebar di pulau Sumatera (33 kawasan industri), Kalimantan (8), dan Sulawesi (4). Sejak tahun 2014, peningkatan hingga 20 kawasan industri atau sebesar 28,15 persen. Pengembangan industri teknologi tinggi, industri padat karya, dan industri dengan konsumsi air rendah. Pengembangan industri industri berbasis sumber daya alam dan peningkatan efisiensi sistem logistik. Kawasan industri prioritas tahun 2020-2024 difokuskan pada industri berbasis agro, minyak dan gas bumi, logam dan batubara serta industri teknologi tinggi dan aerospace. Terdapat 19 KI prioritas berada di luar pulau Jawa.

1.2.2 Kawasan Industri di Kota Cilegon

Salah satu kawasan industri yang berkembang di Provinsi Banten yaitu kawasan industri di Kota Cilegon. Berdasar-

kan laporan kinerja Pemerintah Kota Cilegon Tahun 2016, industri di Kota Cilegon dapat diklusterisasi menjadi 3 jenis industri, yaitu industri baja, industri petrokimia dan nonbaja, serta industri UMKM yang termasuk di dalamnya industri kecil (*home industry*).

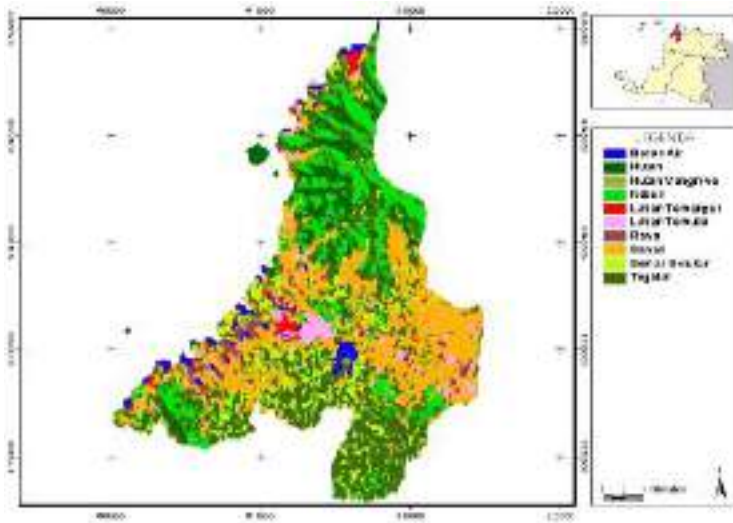
Kluster industri baja didominasi oleh industri - industri yang menggunakan material baja kasar (*crude steel*) untuk diproses menjadi komoditas final. Kluster industri petrokimia dan non baja di Kota Cilegon umumnya sebagian besar adalah industri kimia dan pengolahan. Di samping itu juga eksis kluster industri kecil yang merupakan basis masyarakat kelas menengah ke bawah yang menggunakan teknologi sederhana, diantaranya adalah industri genting/batu bata, industri makanan/minuman, industri kapur dan lain-lain.

Berdasarkan hasil penelitian penulis menggunakan data sekunder (berasal dari penelitian terdahulu) dan data primer (observasi langsung, wawancara, hasil analisis lab, uji statistik) yang analisis datanya meliputi dua hal; (1) Studi kondisi eksisting kawasan industri menggunakan metode analisis spasial dan analisis gap, (2) Identifikasi potensi dan kualitas limbah di kawasan industri Cilegon menggunakan metode analisis deskriptif. Diperoleh beberapa poin sebagai berikut:

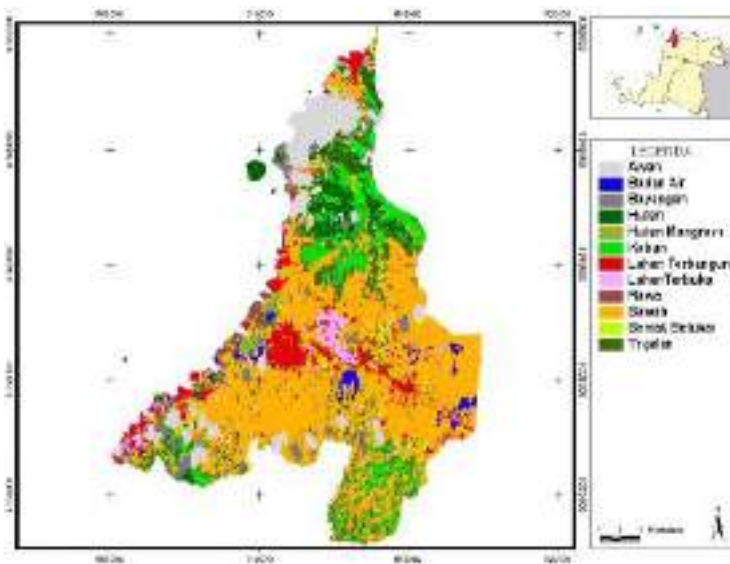
1) Kondisi eksisting kawasan industri Cilegon

a. Perubahan Tutupan Lahan

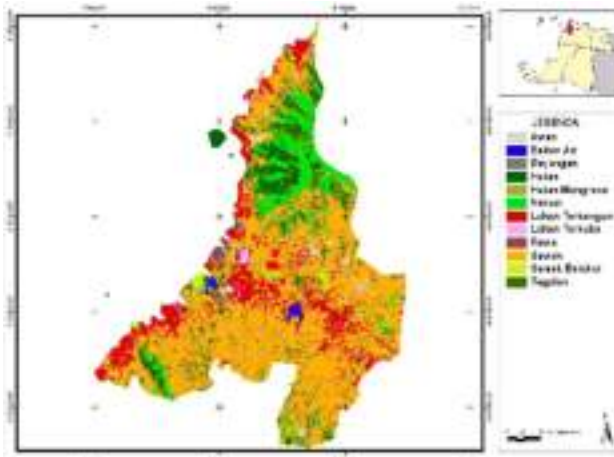
Hasil citra landsat tutupan lahan di kawasan industri Cilegon pada tahun 1982, 1992, 2003, dan 2006 diperoleh data sebagai berikut:



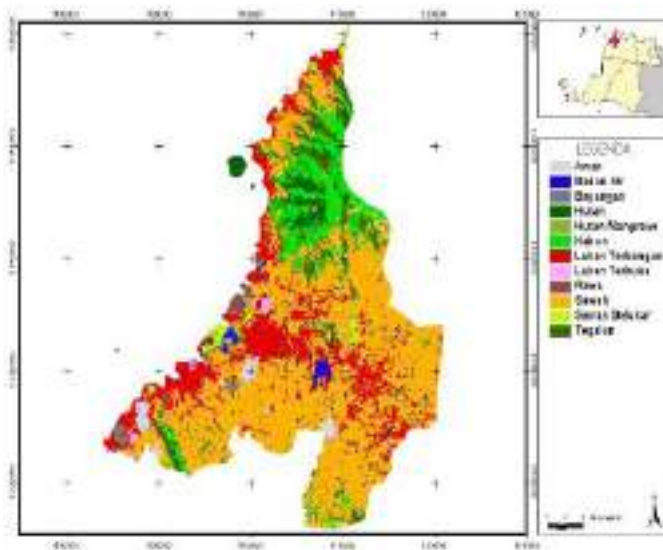
Sumber: Citra landsat 1992



Sumber: Citra landsat 1992



Sumber: Citra landsat 2003



Sumber: Citra landsat 2006

Gambar 1. Citra landsat perubahan peruntukan lahan 1982 - 2006

Hasil tersebut menunjukkan perubahan peruntukan lahan secara signifikan sekalipun secara umum masih didominasi oleh vegetasi. Kelas penutupan lahan yang mengalami penurunan pada kurun waktu 1983-2006 adalah hutan, kebun, tegalan dan rawa. Sedangkan kelas penutupan lahan yang mengalami kenaikan adalah lahan terbangun.

Perubahan bentuk ruang terbuka hijau yang terjadi di Kota Cilegon disebabkan karena meningkatnya kebutuhan lahan untuk penggunaan kawasan dan zona industri, serta lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduknya.

b. Potensi Gap

Potensi gap yang terjadi dilihat dari parameter kriteria-kriteria penetapan suatu kawasan industri menjadi kawasan industri berbasis ekologi yang meliputi landasan operasional, proses produksi dan dampak yang ditimbulkan.

Tabel 1. Potensi gap di kawasan industri kota Cilegon

Landasan Operasional Penyelenggaran Kawasan		
Indikator EIP	Kondisi Exisiting	Gap
Konservasi lingkungan	Terdapat parameter fisik dan kimia lingkungan di atas baku mutu	Menimbulkan pencemaran lingkungan
Pemilihan lokasi untuk pengembangan KI	KI sesuai dengan RTRW adan ada rencana pengembangan KI di luar kawasan	Kawasan belum dimanfaatkan optimal pengembangan kawasan baru akan meningkatkan konservasi lahan produktif tidak sesuai peruntukkan

Landasan Operasional Penyelenggaran Kawasan		
Indikator EIP	Kondisi Exisiting	Gap
Kerja sama industri	Pemanfaatan produk didasarkan pada kebutuhan. Pengelolaan limbah dilakukan sendiri	Belum ada kerja sama antar industri dalam pemanfaatan produk dan pengelolaan limbah secara terpadu
Partisipasi aktif masyarakat lokal di KI	Perencanaan banyak dilakukan secara <i>top down</i>	Aspirasi masyarakat kurang tertampung & cenderung menimbulkan aksi-aksi sosial.

Faktor Proses Produksi dalam EIP		
Indikator EIP	Kondisi Exisiting	Gap
Efisiensi penggunaan sumber daya	Industri masih bergantung pada sumber energi fosil, bahan baku impor dan menghasilkan limbah industri yang belum termanfaatkan	Keterbatasan kemampuan inovasi proses dan teknologi untuk diversifikasi energi dan bahan baku.
<i>Sustainable Competitive Advantage</i>	Terdapat industri yang belum menerapkan standarisasi perlindungan lingkungan	Akses persaingan ekonomi global terbatas karena kinerja manajemen lingkungan rendah

Faktor Dampak Aktivitas Kawasan		
Indikator EIP	Kondisi Exisiting	Gap
Peningkatan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan	Peningkatan kesejahteraan masyarakat sekitar kawasan belum dirasakan secara merata	Adanya kesenjangan kesejahteraan masyarakat sekitar industri dengan komunitas industri
Hubungan sosial masyarakat yang harmonis	Perekrutan tenaga kerja dari masyarakat lokal belum sesuai aspirasi masyarakat. Pembinaan melalui CSR belum berjalan optimal.	Munculnya kecemburuan sosial dengan tenaga kerja dari luar kawasan. Dana CSR masih kecil dan tidak tepat sasaran.

2) Studi potensi dan kualitas limbah di kawasan industri di Kota Cilegon

Didasarkan pada hasil analisis beberapa parameter fisik dan kimia lingkungan di sekitar kawasan yang dibandingkan dengan baku mutu lingkungan. Hasil anali-

sis menunjukkan beberapa parameter berada di atas baku mutu lingkungan.

1.2.3 Hambatan dan Tantangan Pengembangan Kawasan Industri

Kondisi existing dan gap Kawasan industri di Kota Cilegon telah menunjukkan terdapat beberapa hambatan dan tantangan dalam pengembangan Kawasan industri, disamping banyak keuntungan yang dapat diambil dari pembangunan kawasan industri. Hal ini juga ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Kimberly pada tahun 2011, beberapa hambatan yang dialami dalam pengembangan kawasan industri, antara lain:

- a. Adanya kecenderungan peningkatan harga lahan yang tinggi apabila terdapat pembangunan pada suatu Kawasan;
- b. Pembangunan kawasan industri yang kurang didukung oleh kebijakan pembangunan infrastruktur pendukung, seperti: jaringan jalan, pelabuhan, listrik, air bersih, serta fasilitas pengolahan limbah;
- c. Beberapa industri baru masih diizinkan untuk didirikan di luar kawasan industri;
- d. Transportasi darat, laut dan udara untuk kelancaran arus barang, baik bahan mentah maupun bahan jadi, masih belum efisien sehingga seringkali menimbulkan biaya yang tidak efisien sehingga mengurangi minat investor;
- e. Belum adanya insentif khusus yang diberikan oleh pemerintah bagi pengembang kawasan industri maupun industri yang telah berlokasi di kawasan industri;

- f. Belum terimplementasinya regulasi yang mengatur kewenangan pusat dan daerah dalam pengembangan kawasan industri;
- g. Keterkaitan antara kawasan industri sering terganggu oleh peraturan daerah masing-masing;
- h. Pembatasan pemanfaatan alokasi lahan untuk kawasan industri belum sepenuhnya ditetapkan oleh masing-masing daerah.

Selain itu, aktivitas pada kawasan industri seringkali menemui hambatan pada proses produksi di kawasan industri yang belum sepenuhnya menerapkan konsep pengelolaan produksi bersih. Banyak pekerjaan pembangunan industri maupun kegiatan lingkungan produksi serta proses kimia yang ada didalamnya tidak mampu menjaga kaidah hidup. Daerah sekitar pabrik industri banyak yang mengalami pencemaran tanah, air dan udara. Gangguan kesehatan banyak terjadi pada masyarakat di sekitar pabrik. Muncul fenomena-fenomena penyakit kulit, ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Atas) dan masalah pencernaan pada masyarakat di sekitar daerah industri.

Oleh karenanya perwujudan *green industry* melalui sebuah kawasan industri yang ramah lingkungan menjadi tantangan sekaligus menghadirkan hambatan untuk perwujudannya. Terdapat 4 kelompok hambatan yang secara eksplisit telah tampak di Indonesia diantaranya (1) perkembangan kesadaran dan *awareness* sektor swasta terhadap pentingnya mewujudkan industri hijau. Kurangnya implementasi perwujudan industri hijau karena adanya keharusan mengalokasikan modal untuk peles-

tarian lingkungan; (2) keterbatasan teknologi, kurangnya inisiatif dan prakarsa untuk mengembangkan konsep kegiatan produksi yang ramah lingkungan; (3) Mayoritas perusahaan di Indonesia berskala usaha kecil dan menengah, yang bersifat modal terbatas dan *profit-oriented*; (4) Lebarnya rentang dan keragaman kondisi geografis dengan tipe negara kepulauan membuat kesulitan tersendiri dalam pengelolaan teknologi yang tepat.

Dalam proses produksi, seringkali digunakan bahan-bahan kimia. Pada perspektif input, bahan-bahan kimia ini sering sekali mengakibatkan keracunan bagi orang yang tidak sengaja mengenainya. Bahan-bahan kimia tersebut antara lain HCl, H₂S, H₂SO₄, HNO₃. Bahan ini umumnya digunakan dalam melarutkan cat, vernis, lemak, oli dan karet. Bahan-bahan tersebut ada yang bersifat basa dan asam. Umumnya bahan-bahan inilah yang seringkali mengakibatkan gangguan pernapasan dan iritasi pada kulit karena sifat asam.

Paradigma baru di era modern dalam menjalankan aktivitas industri saat ini adalah dengan mengimplementasikan konsep teknologi produksi bersih (*clean technology/clean production*) dalam seluruh rangkaian aspek proses industri, mulai dari penyiapan input, proses maupun *output*, bahkan pasca penggunaan produk yang dihasilkan. Hal ini untuk menjaga keberlanjutan dan keberlangsungan industri, baik industri yang berada di non kawasan maupun yang berada di kawasan industri. Aspek keberlanjutan industri yang harus menjadi pertimbangan meliputi minimal 3 aspek yaitu, ekonomi, sosial dan lingkungan.

Dari ketiga jenis industri yang menonjol di Cilegon dapat kita lihat bahwa ketiganya memberikan potensi terjadinya pengaruh buruk terhadap lingkungan. Bahan-bahan kimia yang direaksikan dalam proses ketiga jenis industri tersebut menghasilkan NPO (*Non-Product Output*) yang berpotensi polutif.

Dalam industri petrokimia, karena input dasar dari industri tersebut adalah unsur hidrokarbon (C dan H), maka NPO atau keluaran bukan produknya adalah CO₂, CO dan H₂ yang tentu saja berpotensi menjadi polutan. Lebih jauh kalau bereaksi di udara akan menyebabkan potensi hujan asam. Sementara itu pada industri Baja yang telah dibahas di atas, bahan bakunya adalah oksida besi yang dirubah menjadi Fe. Maka dari itu Oksigen pada oksida besi akan berusaha direduksi menggunakan gas reduktor: Artinya, akan ada keluaran selain Fe yang akan terbentuk yakni CO₂ dan H₂O.



Keluaran bukan produk berupa CO₂ dalam jumlah besar berpotensi menjadi polutan gas buang. Dalam konteks simbiosis industri, potensi ini dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku untuk pembuatan produk lain misalnya asam karbonat.

Keluaran bukan produk H₂O dalam konteks simbiosis industri bisa dimanfaatkan kembali dan diolah untuk menjadi air bersih setelah dilakukan *treatment* bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, air bahan baku steam, air rumah tangga dll, sesuai spesifikasi. Industri kimia harus

dirancang agar tidak berdampak buruk bagi lingkungan untuk generasi mendatang agar menjadi kekuatan pendorong bagi pengembangan eco-industri.

1.3 Ruang Lingkup

Dalam naskah pidato pengukuhan Guru Besar ini akan diuraikan gagasan desain simbiosis industri melalui pengembangan *eco-industrial park* yang didasarkan pada studi kasus pengembangan kawasan industri berbasis ekologi di kota Cilegon berbasis proses kimia yang ramah lingkungan dengan harapan dapat menjadi referensi kebijakan dalam menyiapkan suatu kawasan industri.

BAB II

TINJAUAN FILOSOFIS

2.1 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. Berikut ini karakteristik simbiosis industri yang efektif meliputi:

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.

Inisiasi *grand-design* simbiosis industri

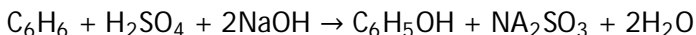
Dalam rangka merancang sebuah simbiosis industri berbasis proses kimia pada suatu kawasan industri dari awal, perlu disiapkan sebuah *grand design* yang komprehensif sebagai berikut:

- a) Mengetahui proses dasar kimiawi industri yang akan dibangun

Aspek fundamental sebelum melakukan perancangan sebuah simbiosis industri berbasis proses kimia yaitu pengetahuan menyeluruh tentang proses dasar kimiawi industri yang akan dibangun. Dari pengetahuan ini akan muncul pemahaman juga tentang pencegahan limbah seminimum mungkin. Lebih baik mencegah limbah daripada mengolah atau membersihkan limbah setelah limbah dibuat. Pencegahan terhadap limbah dapat dilakukan melalui pilihan reaksi, desain proses, dan daur ulang. Proses kimia dalam Industri bertujuan untuk menggunakan reaksi kimia dan proses yang memanfaatkan metode dan sumber daya yang tersedia seefektif mungkin serta menghasilkan bahan limbah dalam jumlah sekecil mungkin.

Salah satu cara untuk mengukur efisiensi suatu proses adalah dengan menghitung hasil, yang membandingkan kuantitas produk yang diharapkan dengan jumlah aktual yang diperoleh (walaupun beberapa produk po-

tensial mungkin 'hilang' sebagai akibat dari reaksi). Contohnya adalah pembuatan fenol. Awalnya, fenol dibuat dari benzena menggunakan asam sulfat dan natrium hidroksida dalam proses multi-tahap, yang, secara keseluruhan, dapat dinyatakan sebagai:



Persamaan kimia menunjukkan bahwa 1 mol benzena (78 g) harus menghasilkan 1 mol fenol (94 g). Dalam praktiknya, jumlah fenol yang dihasilkan ditemukan hanya sekitar 77 g. Artinya hanya menghasilkan 82% dari nilai yang diharapkan, yang dapat dianggap cukup baik.

[Hasil (%) = produksi massal/massa diharapkan x 100%]

Namun, dalam reaksi tersebut ditemukan fakta bahwa reaksi juga menghasilkan *Non-Product Output* (NPO) berupa 1 mol (126 g) natrium sulfat untuk setiap mol fenol yang diproduksi. NPO mungkin dapat diterima jika ada cukup permintaan untuk natrium sulfat, tetapi jika tidak, ini menimbulkan masalah serius dalam pengelolaan limbah dan menambah biaya produksi secara signifikan. Hal ini berarti, jika natrium sulfat tidak dijadikan *input* bahan untuk pabrik lainnya yang membutuhkan sehingga dapat dikatakan bahwa reaksi ini bukan reaksi yang paling sesuai untuk pembuatan fenol di kawasan industri tersebut. Umumnya, natrium sulfat digunakan dalam proses kimia pembuatan deterjen dan pembuatan pulp kertas (proses kraft).

b) Lakukan analisis terhadap keluaran bukan produk (KBP atau *Non Product Output*: NPO)

Metode sintesis harus dirancang untuk memaksimalkan simbiosis penggabungan bahan-bahan yang diguna-

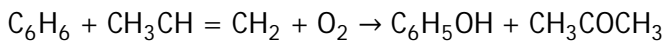
kan dalam proses kimiawi pada kawasan industri. Sebagai alternatif kontrol untuk mengukur sebuah hasil reaksi kimia, digunakan sebuah konsep ekonomi atom.

Konsep ini menghitung proporsi atom reaktan dalam output produk yang bermanfaat, dan juga dapat menentukan jumlah atom dari bahan awal yang berakhir sebagai produk yang diinginkan. Disamping itu juga bisa menentukan jumlah atom yang akan menjadi *non-product output*. Konsep ekonomi atom didefinisikan sebagai

$$\text{Atom Economy \%} = \frac{\text{Relative molecular mass of desired product}}{\text{Relative molecular mass of all reactans}} \times 100$$

Semakin dekat nilainya ke 100, semakin sedikit NPO-nya. Perhitungan ini memberikan nilai ekonomi atom untuk pembuatan fenol hanya sekitar 37% apabila menggunakan proses konvensional (dengan asumsi natrium sulfat adalah NPO). Nilai 37% merupakan indikator yang jelas bahwa produk utama yang ingin dihasilkan malah lebih sedikit diproduksi daripada NPO-nya. Artinya, perlu dilakukan pengembangan proses alternatif yang menghasilkan lebih sedikit NPO.

Sementara bila kita cek pembuatan fenol dari benzena dan propena, dalam proses berurutan sebagai berikut:



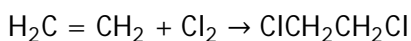
Keluaran sampingan dari proses ini adalah propanon yang merupakan bahan kimia yang berharga untuk proses kimia lainnya, sehingga nilai ekonomi atom untuk proses ini dapat dianggap 100%.

Namun ada juga beberapa reaksi kimia yang memiliki nilai atom ekonomi 100% tapi memiliki hasil produk yang

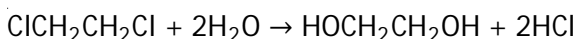
buruk sehingga perlu dipertimbangkan baik ukuran efisiensi, hasil dan ekonomi atom. Nilai ekonomi atom bisa ditentukan dalam tahap perencanaan, dengan menggunakan perhitungan. Sementara kualitas hasil produk dari reaksi kimia hanya dapat ditemukan secara eksperimental.

Dalam kimia organik, beberapa jenis reaksi memiliki nilai ekonomi atom yang lebih baik. Reaksi penambahan (*addition*), kondensasi (*condensation*) dan penataan ulang (*rearrangement*) umumnya akan nilai memiliki ekonomi atom yang lebih tinggi daripada eliminasi (*elimination*) atau substitusi (*substitution*).

Misalnya penambahan klorin ke etena, untuk membentuk 1,2-dikloroetana (reaksi penting dalam pembuatan poli (kloroetena) atau PVC) memiliki atom ekonomi 100%:

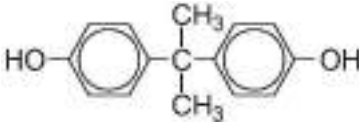


Namun jika produk dihidrolisis, nilai ekonomi atom turun:

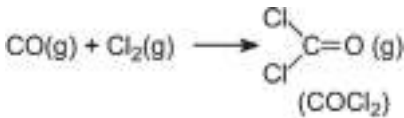


Yang pertama adalah reaksi penambahan; yang terakhir adalah reaksi substitusi.

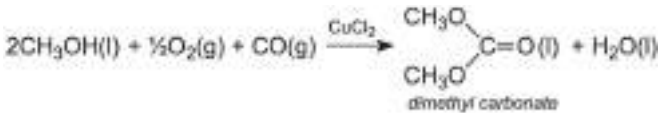
Namun, saat merancang simbiosis proses kimiawi dalam kawasan industri, diupayakan semaksimal mungkin untuk tidak menggunakan atau menghasilkan zat yang memiliki toksisitas terhadap manusia atau lingkungan. Misalnya, keluarga polikarbonat mengandung polimer sangat penting. Dalam proses pembuatannya sifat optik tinggi digabung dengan kekuatan fisik. Polikarbonat umumnya dibuat dari bisphenol A, yang strukturnya adalah:



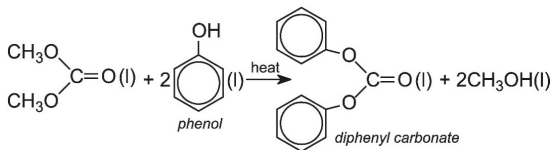
Polikarbonat diproduksi oleh reaksi kondensasi antara bisphenol A dan karbonil klorida atau bisa juga dengan difenil karbonat. Sayangnya, karbonil klorida adalah gas yang sangat beracun, dibuat dari gas berbahaya lainnya, karbon monoksida dan klorin:



Di sisi lain, difenil karbonat diproduksi dari dimetil karbonat, yang mudah diproduksi dari metanol, karbon monoksida dan oksigen dalam fase cair, dengan adanya tembaga (II) klorida, CuCl_2 :



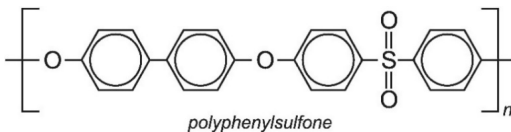
Dimetil karbonat, ketika dipanaskan dengan fenol dalam fase cair, membentuk difenil karbonat:



Pelajaran yang bisa diambil dari kasus di atas adalah, bahwa proses untuk produksi polikarbonat yang meng-

gunakan difenil karbonat lebih tidak berbahaya daripada yang menggunakan karbonil klorida.

Produk kimia harus dirancang untuk memenuhi fungsi simbiosis yang diinginkan sambil meminimalkan toksisitasnya. **Eco Industrial Park** diharapkan memproduksi bahan kimia yang berguna semaksimal mungkin dengan prinsip simbiosis sekaligus juga aman bagi kita untuk digunakan dan aman bagi lingkungan. Keamanan artinya tidak mudah terbakar dan tidak beracun. Sebagai contoh, misalnya polimer, telah dikembangkan jenis polimer yang jauh tidak lebih mudah terbakar daripada polimer umumnya tetapi juga mempertahankan sifat-sifat seperti ketangguhan dan fleksibilitas. Polimer tersebut harus mampu menyerap dampak parah dari tekanan tanpa retak dan pecah. Salah satu polimer tersebut adalah polifenilsulfon yang memiliki struktur:



Bahan kimia yang diproduksi juga harus aman bagi lingkungan. Beberapa produk kimia secara khusus dimaksudkan untuk disebar di tanah, digunakan dalam air, disemprotkan di udara atau dicerna oleh orang-orang; yang lain, seperti deterjen cuci, mungkin berakhir di aliran air atau menjadi limbah rumah tangga untuk ditimbun. Dalam kedua kasus terakhir ini, bahan tersebut harus terdegradasi ke produk yang tidak berbahaya.

Deterjen biasanya dibuat dari garam natrium asam alkilbenzena sulfonat, dan gugus alkil bercabang. Bahan ini umumnya tidak terdegradasi secara alami dan menyebabkan busa yang membuat limbah sulit untuk dikelola. Dewasa ini, senyawa-senyawa ini telah diganti dengan garam-garam natrium dari asam-asam alkylbenzene sulfonic linier, yang lebih mudah terdegradasi. Akan tetapi produksi detergen jenis ini tidak sederhana dan butuh banyak penelitian untuk pengembangannya.

Alternatif lain adalah dengan cara penggantian senyawa yang ditambahkan ke deterjen untuk menghilangkan magnesium dan ion kalsium dari air keras, yang dikenal sebagai *Builder* (pembangun). Natrium fosfat digunakan dalam terobosan ini, sayangnya hal ini ternyata malah menyebabkan masalah besar yang mengarah pada eutrofikasi aliran air. Sekarang banyak digunakan bahan kimia berupa zeolit (aluminosilikat) yang lebih jinak dan tidak berpotensi polutif. Adapun yang lebih menggembirakan lagi adalah bahwa Provinsi Banten memiliki potensi sumber daya alam zeolit, (Sulaiman, 2017), (Ismettulloh, 2019). Zeolit bayah adalah salah satu komoditas mineral non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator. Mineral-mineral yang termasuk dalam grup zeolit pada umumnya dijumpai dalam batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik yang telah mengalami proses alterasi, proses diagenesis, dan proses hidrotermal (Kusdarto, 2008). Menurut Kusdarto (2008) dalam Ismetulloh dkk (2019), jumlah sumber daya zeolit di

Pasirgombang kecamatan Bayah, kabupaten Lebak, provinsi Banten mencapai 123.000.000 ton dengan jenis mineral berupa mordenit (32,70%) dan klinoptololit (30,89%).

Di samping itu, zat tambahan (mis. pelarut atau solvent) bila memungkinkan tidak digunakan. Apabila terpaksa harus menggunakan maka gunakan zat aditif yang dipakai sebisa mungkin tidak berbahaya. Reaksi yang terjadi dalam fase gas lebih disukai karena akan menghindari penggunaan pelarut untuk menyatukan reaktan. Contohnya adalah dalam proses kimiawi pembuatan amonia, pembuatan metanol dan pembuatan etena.

Beberapa reaksi menggunakan air sebagai pelarut, misalnya dalam pembuatan senyawa anorganik seperti hidrogen peroksida, asam fosfat, natrium karbonat, dan senyawa organik seperti etana-1,2-diol dan etanol. Air bukanlah pelarut yang berbahaya tetapi merupakan sumber daya berharga dan penting sehingga harus dipastikan bahwa penggunaan air sebagai pelarut tidak sia-sia.

Sementara itu, dalam kasus lain seperti proses pembuatan asam etanoat, produk itu sendiri digunakan sebagai pelarut. Namun, pada reaksi lain ada juga yang menggunakan pelarut organik yang siap menguap ke atmosfer kecuali jika digunakan dengan hati-hati untuk menampungnya. Jika memungkinkan harus dibuat desain agar pelarut alternatif yang digunakan tidak berbahaya, salah satu contohnya adalah pengembangan cat yang terbawa air, yang menggantikan cat yang menggunakan senyawa organik yang mudah menguap seperti hidrokarbon yang berbahaya bagi atmosfer.

Karbon dioksida superkritis (cair) banyak digunakan sebagai pelarut dalam ekstraksi kafein dari biji kopi dan dalam peralatan *drycleaning* terbaru menggantikan pelarut terklorinasi seperti perchloroethene - C_2Cl_4 .

c) Efisiensi energi

Persyaratan energi dari proses kimia harus diakui untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dan ekonomi. Jika memungkinkan, metode sintesis harus dilakukan pada suhu dan tekanan sekitar.

Semua proses kimia membutuhkan energi untuk mengubah bahan mentah menjadi produk yang bermanfaat. Dalam industri kimia, energi digunakan untuk memanaskan reaktan dan dalam proses seperti distilasi, pengeringan produk, elektrolisis, dan pengolahan limbah. Saat ini, energi yang digunakan masih bergantung terutama pada bahan bakar fosil, tetapi meskipun demikian penggunaannya dapat dikurangi dengan beberapa cara:

- **Perawatan**

Isolasi yang baik dan peralatan yang terpelihara dengan baik (perawatan harus sempurna) akan mengurangi kehilangan panas.

- **Pemilihan Kondisi dan Reaksi**

Reaksi dan katalis yang beroperasi pada suhu yang lebih rendah dapat dipilih agar lebih aman. Sebagian besar reaksi berdasarkan biosintesis bekerja pada suhu yang relatif rendah; namun ini mungkin perlu diseimbangkan dengan energi ekstra yang sering dibutuhkan untuk pemisahan produk.

- **Kombinasi Tenaga listrik dan Panas**

Kawasan industri seringkali mempunyai pembangkit listrik sendiri untuk mencukupi kebutuhan listrik mereka. Langkah seperti ini lebih efisien karena menghilangkan kehilangan transmisi, dan kelebihan panas yang dilepaskan selama proses pembangkitan dapat digunakan di lokasi untuk berbagai tujuan dari reaktan *pre-heating* hingga menjaga kantor tetap hangat.

Limbah dari pabrik seringkali masih memiliki kandungan energi, hal ini memungkinkan untuk mengubahnya menjadi bahan bakar yang bermanfaat. Pelarut limbah dari pembuatan cat, pernis, perekat, tinta, cairan pembersih dan sebagainya dapat dibuat menjadi bahan bakar cair untuk digunakan oleh industri pembuatan semen. Bahan bakar padat juga terbuat dari karpet yang diparut, limbah pengemasan, furnitur, plastik, dan kertas, yang biasanya dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) lebih baik dimanfaatkan lagi untuk solid fuel.

Ban bekas dari kendaraan umumnya sudah tidak lagi dapat dikirim ke tempat pembuangan sampah karena harus diolah lagi menjadi bentuk lain. Bisa juga diparut dan digunakan sebagai bahan bakar oleh industri semen. Satu pabrik dapat mengkonsumsi sebanyak 250.000 ban bekas per tahun.

Akan tetapi produksi dari bahan jenis ini harus memenuhi kriteria ketat sebelum digunakan untuk mencegah adanya pembakaran yang berbahaya. Di samping itu harus ada pemantauan konstan untuk memastikan emisi dari kawasan industri masih tetap dalam ambang batas yang

ditetapkan oleh hukum. Proses kimia konvensional harus dirombak dan dibuat lebih hemat energi. Katalis juga harus dikembangkan agar dapat dijalankan pada suhu dan tekanan yang lebih rendah karena suhu dan tekanan tinggi akan sangat memakan energi. Disamping itu juga perlu dikembangkan saringan molekuler sehingga proses seperti pemurnian etanol dapat dilakukan pada suhu kamar dan tidak perlu melalui distilasi.

Ada beberapa contoh industri yang bisa bekerja sama untuk memanfaatkan energi dengan lebih baik. Misalnya, produksi amonia menghasilkan limbah panas dan karbon dioksida, keduanya berasal dari bahan bakar fosil. Limbah panas ini bisa disalurkan ke rumah kaca perkebunan komersial yang besar.

Di pembangkit listrik tenaga panas bumi, uap super yang dipanaskan dihasilkan jauh di bawah tanah ketika air bersentuhan dengan batu atau magma yang dipanaskan dari mantel bumi diekstraksi melalui serangkaian lubang bor dan uapnya disalurkan ke turbin untuk menghasilkan listrik.

Sejumlah kecil karbon dioksida dan gas lain seperti hidrogen sulfida dipancarkan dari daerah panas bumi. Gas dari pembangkit listrik disalurkan ke instalasi yang berdekatan di mana karbon dioksida dipisahkan dari gas yang tidak dapat dikondensasi dan digunakan sebagai input untuk proses, di mana hidrogen dan karbon dioksida dilewatkan di atas katalis padat di bawah tekanan tinggi untuk menghasilkan metanol terbarukan. Hidrogen dibuat dengan elektrolisis air menggunakan listrik dari sumber listrik tenaga air dan panas bumi. Metanol

hijau ini dapat dicampur langsung dengan bensin standar atau dapat digunakan dalam esterifikasi minyak nabati atau lemak hewani untuk menghasilkan biodiesel (Fatty Acid Methyl Ester).

Pada intinya, jika ada industri yang berpotensi untuk saling bersinergi, maka harus disiapkan pembangunan proses dasar industri yang terkait dengan memiliki pengetahuan tentang proses kimia di dalamnya dan kemampuan analisis keluaran bukan produk untuk memastikan ketepatan penanganan terhadap residu yang berpotensi polusi. Begitu juga dengan tata kelola (*governance*) antara kedua industri yang bersimbiosis juga harus difikirkan dan dibi-carakan sejak awal.

d) Penggunaan bahan baku terbarukan

Perkembangan teknologi kini mulai diarahkan untuk mengurangi ketergantungan industri terhadap minyak. Oleh karena itu, penggunaan bioteknologi, biofuel dan biorefineries menjadi *urgent*.

Teori dan konsep tentang sumber daya terbarukan kini mulai mengemukakan berbagai bahan yang diperoleh dari sumber terbarukan. Misalnya produksi surfaktan yang dibuat agar mudah terurai oleh hayati, dan dalam beberapa kasus dibuat dari sumber yang berasal dari tanaman yang dapat ditanam ulang seperti karbohidrat (sukrosa, gula) atau minyak nabati.

- polioliol, dari kedelai, yang digunakan untuk membuat poliuretan.
- etena dari bioetanol, dan yang digunakan untuk membuat poli (etena) berbasis bio.

- propena diproduksi dari berbagai bahan yang biodegradable.
- 1,4-dimethylbenzene (para-xylene), dari etena berbasis bio, dapat digunakan untuk membuat poliester.
- berbagai bahan kimia dapat dikeluarkan dari reaksi kemokatalitik (bioforming), misalnya, hidroksimetilfurfural (HMF):



Hasilnya bisa dioksidasi menjadi asam dikarboksilat,



Asam ini dapat digunakan sebagai pengganti asam benzena-1,4-dikarboksilat (asam tereftalat) dan dipolimerisasi dengan diol untuk membuat poliester dengan sifat yang mirip dengan polietilena tereftalat (PET).

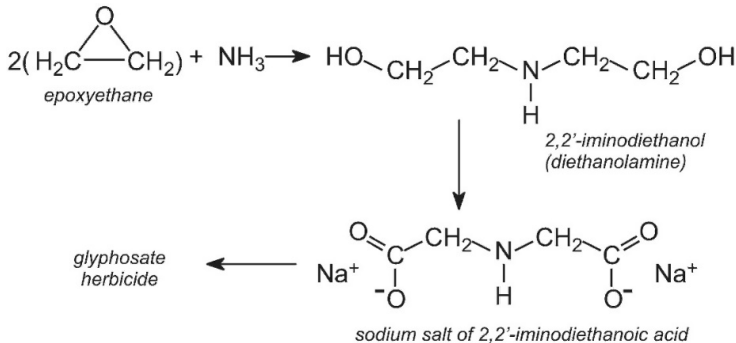
e) **Bahan yang mudah terdegradasi**

Produk kimia dalam *Eco-Industrial Park* harus dirancang sehingga pada akhirnya dapat terurai menjadi produk yang tidak berbahaya dan tidak bertahan lama di lingkungan (dapat dimakan oleh bakteri). Di antara bahan-bahan yang paling terkenal yang diproduksi secara sengaja untuk umur yang terbatas adalah plastik yang dapat terdegradasi. Generasi baru surfaktan, alkylbenzene sulfonate juga telah dirancang untuk bisa terurai lebih cepat.

Perlu juga dipikirkan agar dipakai bahan Kimia yang lebih aman untuk pencegahan kecelakaan. Dampak bahan kimia terhadap kesehatan manusia dan lingkungan juga harus dipertimbangkan, Hal ini bisa merupakan hasil dari emisi rutin atau tidak sengaja dihasilkan selama produksi. Bisa juga dihasilkan dari penggunaan dan pembuangan suatu produk.

Beberapa proses kimia memerlukan penanganan terhadap bahan berbahaya tetapi jika memungkinkan proses ini dibuat lebih aman. Salah satu caranya adalah dengan mengubah reagen yang digunakan. Misalnya, satu proses yang digunakan dalam pembuatan herbisida yang biasanya menggunakan glifosat (dijual sebagai Roundup) bisa diganti menggunakan garam natrium asam 2,2'-iminodiethanoic sebagai salah satu zat antara. Proses ini dibuat dalam serangkaian reaksi dari amonia, metana (formaldehida) dan hidrogen sianida. Meskipun hidrogen sianida adalah pereaksi yang sangat berguna, hidrogen ini sangat beracun.

Pendekatan baru juga tengah dilakukan untuk membuat garam natrium yang bahan awalnya adalah amonia dan epoksietana, yang pada reaksi, membentuk 2,2'-iminodietanol, sering disebut diethanolamine. Selanjutnya dikonversi menjadi garam natrium dari 2,2'-iminodiethanoic acid.



Jadi, jika terjadi kecelakaan industri, konsekuensinya tidak akan seserius yang biasa terjadi sebelumnya, dan pembersihannya pun akan lebih sederhana.

Tempat pembuatan juga umumnya menghasilkan limbah dalam bentuk bahan yang tidak diinginkan dari proses produksi. Biasanya termasuk pelarut untuk reaksi, ekstraksi, pemurnian dan pengolahan limbah. Pelarut sering dapat didaur ulang atau, jika tidak memungkinkan, dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar.

Banyak produk dibuang ketika mereka mencapai masa habis pakai (*expired*). Idealnya, semua limbah tersebut bisa didaur ulang dan tidak dibuang ke TPA (Tempat Pembuangan Sampah Akhir). Kalaupun ada produk yang terpaksa tidak bisa didaur-ulang dan harus pergi ke TPA, maka harus dirancang sehingga produk ini terdegradasi dengan cepat dan aman.

f) Kurangi derivatif dan gunakan katalis

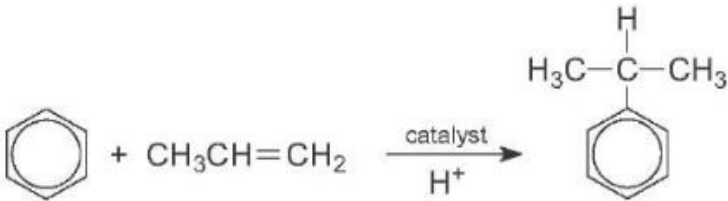
Derivatif yang tidak perlu harus diminimalkan atau dihindari jika mungkin, karena langkah-langkah tersebut memerlukan reagen tambahan dan dapat menghasilkan

limbah. Reagen katalitik akan lebih baik daripada reagen stoikiometrik. Penggunaan Katalis telah memainkan peran besar dalam pengembangan proses yang lebih berkelanjutan untuk pembuatan bahan kimia. Ada banyak keuntungan dalam mengembangkan dan menggunakan katalis untuk reaksi industri, beberapa hal yang menonjol adalah:

- katalis mempengaruhi kondisi yang dibutuhkan, seringkali mengurangi permintaan energi dengan menurunkan suhu dan tekanan yang digunakan
- katalis memungkinkan reaksi alternatif untuk digunakan yang memiliki ekonomi atom lebih baik dan dengan demikian mengurangi limbah
- katalis mengontrol jalur reaksi lebih tepat, mengurangi produk samping yang tidak diinginkan dan membuatnya lebih mudah untuk memisahkan dan memurnikan produk yang diperlukan.

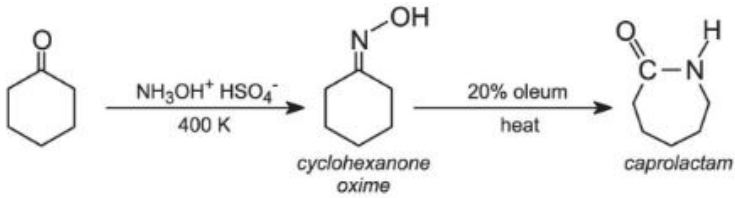
Katalis lebih bermanfaat dibandingkan dengan reagen stoikiometrik yang diperlukan selama reaksi berlangsung (yang tidak dapat dipulihkan kembali). Misalnya, aluminium klorida digunakan selama bertahun-tahun dalam produksi alkilbenzena sulfonat, surfaktan aktif dalam banyak deterjen. Aluminium klorida diperlukan untuk mempengaruhi reaksi antara benzena dan alkena rantai panjang. Aluminium klorida tidak dapat didaur ulang dan menjadi limbah seperti aluminium hidroksida dan oksida. Kini sudah banyak kajian tentang penggunaan katalis zeolit padat dengan gugus asam dapat digunakan kembali berkali-kali tanpa produk limbah.

Demikian pula, benzena dan propena diubah menjadi cumene dalam pembuatan fenol. Reaksi ini membutuhkan katalis asam, seperti aluminium klorida. Zeolit padat dengan gugus asam, seperti ZMS-5 yang kini menjadi katalis populer:



Zeolit lebih ramah lingkungan karena efluennya jauh lebih bersih dan dapat digunakan suhu dan tekanan yang lebih rendah. Provinsi Banten memiliki potensi sumber daya alam zeolit yang luar biasa (Sulaiman, 2017), (Ismettulloh, 2019) misalnya zeolit bayah sebagai salah satu komoditas mineral non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator.

Contoh serupa lainnya adalah pembuatan salah satu polimer terpenting yang digunakan untuk pembuatan kain, yakni poliamida 6 (kadang-kadang dikenal sebagai nilon 6). Dalam proses ini sikloheksanon diubah menjadi kaprolaktam melalui oksim (dihasilkan oleh reaksi keton dengan hidrosilamin hidrogensulfat). Oksim di-isomerkan oleh asam sulfat menjadi kaprolaktam, selanjutnya asam sulfat yang dilepaskan dikonversi menjadi amonium sulfat.



Namun, sekali lagi dengan katalis zeolit dan situs asam, sekarang digunakan untuk mempengaruhi pengaturan ulang reaksi. Zeolit dapat diregenerasi dan menghemat penggunaan dan sisa asam sulfat.

Contoh lain adalah penghilangan klorin dari limbah cair, yang biasanya hadir sebagai ion klorat (I) (hipoklorit). Ion-ion hadir karena klorinasi tetap merupakan bentuk desinfeksi air limbah yang paling umum. Namun, terobosan ini dapat menyebabkan klorinasi bahan organik residu dalam limbah, yang mengarah ke senyawa organik ter-klorinasi, yang mungkin bersifat karsinogenik (menyebabkan kanker) atau berbahaya bagi spesies air.

Salah satu cara untuk melakukan ini adalah dengan mengurangi ion hipoklorit menjadi ion klorida dengan menambahkan larutan ion nikel, besi atau kobalt ke aliran limbah dalam tangki yang diaduk. Cara lainnya adalah dengan mereaksikan limbah dengan sulfur dioksida atau garam yang akan bereaksi dengan air. Sulfur dioksida mengurangi ion hipoklorit menjadi klorida. Namun, proses itu tidak mudah untuk ditangani dan apa pun luaran NPO nya bisa sangat berbahaya.

Berikutnya dikenal sebuah proses baru bernama HYDECAT (*The Hypochlorite Decomposition Catalysis*) menggunakan nikel yang terbagi sangat halus yang tersebar

dipadatan inert. Pelet-pelet ini berada di atas permukaan yang dilewati *effluent*. Ada area permukaan lebar dari logam yang terpapar pada *effluent* dan nikel mengarah pada reduksi ion hipoklorit menjadi ion klorida dan gas oksigen. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Selama reaksi, ion hipoklorit diadsorpsi ke permukaan katalis dimana ia diuraikan untuk memberikan ion klorida dengan atom oksigen, yang tersisa di permukaan katalis, bergabung dengan atom oksigen yang berdekatan untuk membentuk molekul oksigen. Atom oksigen yang teradsorpsi juga dapat mengoksidasi senyawa organik teroksidasi berbahaya. Sementara Katalisnya sendiri dapat dengan mudah dibuat ulang.

Proses Hydecate pada awalnya dirancang untuk menghilangkan produk sampingan hipoklorit dari aliran limbah yang dihasilkan selama proses klorinasi di mana natrium hidroksida scrubber digunakan untuk menghilangkan kelebihan klorin, misalnya dalam produksi klorida (vinil klorida), titanium dioksida (dengan rute klorida) dan kloro-fluorokarbon.

g) Control tower and smart-green unit

Dalam rangka menuju eco-industrial park, diperlukan pertimbangan dampak lingkungan dari suatu produk sejak dibuat sampai tidak lagi diperlukan serta memerlukan rencana daur ulang yang lebih rinci dan degradasi bahan yang dibuang. Untuk itu diperlukan sebuah control tower yang berbasis IT untuk melakukan tata

kelola (*governance*) Kawasan industri. Di samping memberikan fungsi *governance*, *control-tower* juga melakukan analisis *real-time* untuk pencegahan polusi. Metodologi analitis perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol dalam *real-time*, pada proses, sebelum pembentukan bahan berbahaya.

h) Siklus yang berkelanjutan

Model ini berlaku secara berkesinambungan dan begitu selanjutnya siklus yang harus menjadi pertimbangan dalam rangka membangun model simbiosis industri kimia dalam suatu kawasan.

Dalam hal ini juga diperlukan partisipasi inklusif dari semua *stakeholder* dalam rangka mendukung produksi bersih pada suatu kawasan. Kesadaran akan simbiosis ini harus dimiliki oleh seluruh elemen penta-helix (*stakeholder*) terkait, seperti pelaku industri, pengelola kawasan, pemerintah, akademisi sekitar kawasan dan masyarakat di lingkungan kawasan. Dalam rangka memacu tumbuhnya kesadaran ini maka perlu diadakan berbagai pendekatan-pendekatan, misalnya ETM (**E**co-**I**ndustri **T**ransition **M**anagement).

***Reengineering Strategy* pada Kawasan Industri Eksisting**

Reengineering adalah istilah yang digunakan untuk proses perubahan radikal dalam organisasi. Perubahan proses yang radikal bisa dibangun di atas teknologi informasi dan komunikasi dan ini sejalan dengan *trend* konsep *industri 4.0*. Proses *reengineering* yang menyeluruh dapat diuraikan berdasarkan prosedur yang harus dijalankan

di antaranya:

1. Sosialisasi proses-proses di atas ke Industri eksisting (*Dissemination*);
2. Mencari dan setup luaran dari proses yang tepat dari pabrik-pabrik yang ada dalam kawasan industri yang sama agar bisa digunakan untuk bahan masukan di pabrik lainnya - (*Symbiosis Mapping*);
3. Pengaturan regulasi dan tata kelola (*Governance*);
4. Penyesuaian teknologi dan penyelesaian akhir (*Settlement*);
5. Pembentukan komunitas ekologi (*Community setup*);
6. Pendampingan dari Pemerintah (*Assistance*);
7. Monitoring, evaluasi, dan akreditasi (*Quality Assurance*);
8. Sistem apresiasi, tax incentive (atau *tax deductive*) dan penalty (*Reward and Punishment*);
9. Pembinaan karakter (*Eco-Industrial Park*).

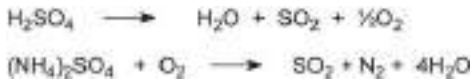
Sedangkan, dalam rangka memperbaiki situasi eksisting yang biasanya sangat kurang kondusif untuk lingkungan, sebuah pendekatan reengineering sangat diperlukan. Akan tetapi sebelum melakukan langkah-langkah *reengineering* perlu diketahui terlebih dahulu basis keluaran dari proses-proses dari bahan kimia yang bisa dipakai kembali serta dijadikan dasar masukan untuk industri berikutnya. Sebagai contoh untuk rekayasa penanganan berbagai output hasil proses industri kimia, sebagai berikut:

a) Asam sulfat

Beberapa asam sulfat dihasilkan dari asam 'bekas' dan senyawa terkait seperti amonium sulfat yang merupakan produk sampingan (*side product*) dalam pembuatan metil

2-metilpropenoat. Asam dan senyawa biasanya dalam larutan encer yang diuapkan di bawah vakum untuk menghasilkan larutan pekat.

Bahan ini dimasukkan ke dalam tungku dengan oksigen pada sekitar 1200 K untuk menghasilkan sulfur dioksida:



Sulfur dioksida dapat dikeringkan melalui jalur melalui asam sulfat pekat. Kemudian dioksidasi menjadi sulfur trioksida dan karenanya asam sulfat menggunakan Proses Kontak.

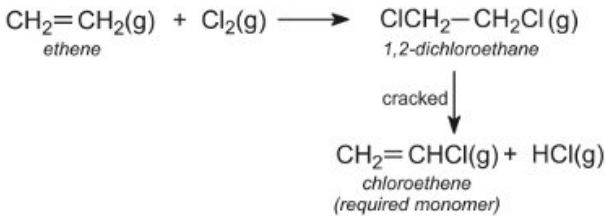
b) Asam hidroklorik

Industri baja adalah pengguna utama asam klorida untuk proses pengawetan untuk menghilangkan kotoran. Industri menggunakan proses yang dikenal sebagai pirohidrolisis untuk memulihkan asam yang dihabiskan, yang sekarang mengandung campuran besi klorida. Limbah yang digunakan pertama kali dipekatkan dalam evaporator, dengan HCl terlarut dikeluarkan dan dikumpulkan. Cairan terkonsentrasi kemudian dimasukkan ke dalam pemanggang pada ca 800-1000 K yang mengubah besi klorida menjadi HCl dan besi (III) oksida, HCl lagi dikumpulkan. Contoh yang paling sering adalah:

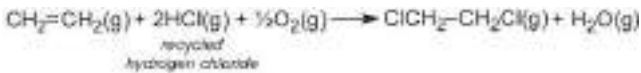


HCl dari kedua aliran diserap dalam air untuk menghasilkan asam hidroklorat 18% untuk digunakan kembali.

Banyak proses mendaur ulang reaktan dan produk untuk menghemat bahan dan membuat proses seefisien mungkin. Contohnya adalah dalam pembuatan chloroethene (vinil klorida), monomer untuk pembuatan PVC. Chloroethene dibuat dari etena melalui 1,2-dikloroetana, yang kemudian dapat di-crack dengan cara:



Hidrogen klorida dapat dipakai lagi dan direaksikan dengan oksigen dan lebih banyak etena. Reaksi keseluruhan dapat ditampilkan sebagai berikut:



c) Plastik

Mengumpulkan plastik, untuk kemudian dapat dibentuk kembali, misalnya termoplastik, seperti poli (etena) dan poli (propena), akan tampak sebagai solusi yang menarik. Namun, mengumpulkan dan memilah barang-barang plastik ke dalam polimer tertentu adalah proses yang mahal dan sulit. Ini sering dilakukan secara manual oleh staf terlatih yang menyortir plastik menjadi jenis dan / atau warna polimer. Saat ini sudah ada teknologi yang mampu untuk memilah plastik secara otomatis, menggunakan berbagai teknik spektroskopi.

Pertama, spektrometri inframerah digunakan untuk membedakan antara plastik bening dan tembus cahaya. Selanjutnya sensor warna penglihatan, yang diprogram untuk mengabaikan label, mengidentifikasi berbagai plastik berwarna. Spektrometri sinar-X kemudian digunakan untuk mendeteksi atom Cl dalam poli (kloroetena) (PVC). Akhirnya spektrometer inframerah dekat digunakan untuk mendeteksi jenis resin, yang paling penting untuk pemisahan poli (etena) densitas tinggi (HDPE) dan poliester seperti PET. Kecepatan pengurutan umumnya adalah 3 item per detik.

Plastik juga dapat dipisahkan berdasarkan kepadatan melalui pengapungan. Salah satu metode yang dikembangkan baru-baru ini adalah menyebarkan plastik dan melewatkannya melalui serangkaian pipa dalam suspensi dalam air. Laju aliran plastik tergantung pada kerapatan, memungkinkan aliran dilepas pada titik yang berbeda di sepanjang pipa.

Daur ulang poliester, misalnya PET (dalam botol), sekarang banyak digunakan. Botol yang diperoleh kembali dicuci, ditumbuk menjadi serpih, dilebur dan diekstrusi sebagai serat. Serat kemudian digunakan untuk membuat produk seperti karpet.

Poli (etena) densitas tinggi (HDPE-High Density Polyethylene), biasanya digunakan untuk jus dan botol susu, juga digiling menjadi serpih, dilebur dan ditekan menjadi lembaran untuk dibuat, misalnya, dibuat tempat sampah atau dicetak menjadi kontainer.

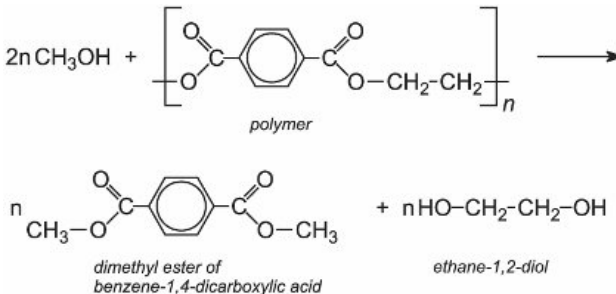
Daur ulang kantong plastik seperti ini akan menghemat sekitar dua pertiga energi yang digunakan untuk mem-

produksi tas baru. PVC juga bisa didaur ulang dan diekstrusi untuk pipa atau digunakan untuk bingkai jendela.

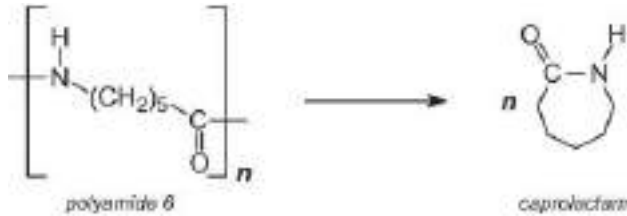
d) Polymers

Beberapa polimer dapat didepolimerisasi untuk mereformasi monomer, yang kemudian dapat dimurnikan dengan distilasi dan dipolimerisasi lagi untuk menghasilkan polimer. Namun sayangnya proses ini masih memiliki kelemahan bahwa limbah polimer harus disortir sebelum dipanaskan.

Misalnya, limbah PET dilarutkan dalam ester dimetil dari asam benzena-1,4-dikarboksilat (asam dimetil tereftalat) dan kemudian dipanaskan dengan metanol di bawah tekanan pada 600 K. Proses ini menghasilkan dua monomer dari PET, etana-1,2- diol dan ester dimetil yang selanjutnya dimurnikan dengan distilasi.



Poliamida 6 (nilon 6), yang digunakan dalam karpet, diubah kembali menjadi monomernya, kaprolaktam. Dukungan dihapus dari karpet dan karpet kemudian diparut dan dihancurkan. Pada pemanasan, poliamida 6 mendepolimerisasi:



Setelah pemurnian, dengan penyulingan, monomer dipolimerisasi lagi untuk menghasilkan poliamida 6. Dalam proses lain, tidak perlu menghilangkan lapisan (yang merupakan biaya tambahan). Sebaliknya, serat poliamida 6 dipanaskan dalam aliran uap super panas dan didepolimerisasi.

Poliamida 6,6 yang terbuat dari dua monomer mudah untuk digunakan kembali. Namun demikian, DuPont memiliki proses di mana karpet, dengan alasnya dilepas, terbuat dari poliamida 6 dan poliamida 6,6 dihancurkan sebelum dipanaskan dengan kuat di atmosfer gas amonia. Di antara produk-produk tersebut adalah caprolactam (dari poliamida 6) dan 1,6-diaminoheksana, yang sering dikenal sebagai hexamethylenediamine, (dari poliamida 6,6). Ini dimurnikan dengan distilasi dan digunakan kembali untuk membuat poliamida.

Poliamida dari karpet daur ulang digunakan untuk membuat karpet baru dan untuk membuat bantal dan lantai yang tangguh. Meskipun banyak program daur ulang dibatasi untuk mengumpulkan karpet yang digunakan secara komersial (misalnya di hotel dan kantor besar), ini juga akan berubah dan karpet domestik akan digunakan lebih luas.

Polimer, seperti senyawa organik massa molekul tinggi lainnya seperti alkana dalam minyak, dapat dipecahkan pada suhu tinggi untuk membentuk molekul yang lebih kecil. Sebagai contoh, jika menggunakan proses *steam cracking*, polimer seperti poli (etena) dan poli (propena) menghasilkan alkena dan alkana dari massa molekul kecil yang dapat digunakan dengan cara yang sama seperti yang dibentuk dalam pemecahan naphtha.

Campuran polimer dapat diubah menjadi senyawa yang berguna baik dengan pirolisis atau oksidasi. Proses ini memiliki keuntungan bahwa plastik tidak harus disortir dengan ketat sebelum dirawat. Campuran polimer dipanaskan dalam aliran hidrogen pada sekitar 500 K. Jika polimer mengandung klor (misalnya, PVC), hidrogen klorida terbentuk dan dicuci. Gas-gas yang tersisa kemudian dipanaskan pada suhu 700 K dan dipecah untuk membentuk campuran hidrokarbon biasa (alkana, alkena, aromatik) yang dapat dimasukkan ke dalam aliran hidrokarbon yang terbentuk dari pemecahan uap fraksi minyak.

Sebagai alternatif, gas-gas yang terbentuk dari pemanasan campuran polimer dan dialirkan dalam perpindahan hidrogen klorida, dicampur dengan udara dan melewati tungku pada suhu 1500 K untuk membentuk campuran karbon monoksida dan hidrogen, gas sintesis. Hasilnya kemudian dimasukkan ke dalam gas sintesis yang dihasilkan oleh metode biasa. Proses yang terakhir dijelaskan ini, saat ini lebih sering digunakan.

Polimer dapat dibakar untuk menghasilkan energi. Masalahnya adalah bahwa pembakaran dapat menghasilkan asap berbahaya yang harus ditangkap dengan metode

lainnya. Karbon hasil pembakaran juga tidak bisa didaur ulang meskipun energinya masih dapat digunakan.

e) **Logam**

Keluaran logam umumnya masih bisa digunakan lagi (sering disebut sebagai produksi sekunder). Proses ini menjadi semakin penting dengan lebih banyak aluminium dan timah yang diproduksi dari sumber daur ulang daripada dari bijih logam. Baja dan tembaga umumnya juga diproduksi melalui daur ulang dan dibuat dari beberapa bahan yang merupakan limbah dari produksi sebelumnya.

Sifat-sifat logam setelah daur ulang benar-benar tidak terganggu. Kualitasnya sama dengan logam yang diproduksi dari bijih. Bahan untuk didaur ulang berasal dari tiga sumber. Salah satunya adalah bahan limbah yang dihasilkan oleh pembuatan awal dan pengolahan logam. Bahan lainnya adalah limbah dari pembuatan logam menjadi produk. Kedua sumber ini disebut sebagai *scrap* baru. Yang ketiga, yang paling umum dianggap oleh masyarakat sebagai daur ulang, adalah produk berbasis logam yang dibuang itu sendiri (*scrap* bekas). Jadi dalam pembuatan mobil, masing-masing dari tiga sumber logam yang dapat didaur ulang menjadi tersedia dari pabrik baja itu sendiri, dari pabrik yang membuat mobil dan terakhir ketika mobil itu sendiri akhirnya didaur ulang.

2.2 Eco-industrial park

Proses simbiosis industri akan sangat efektif jika komponen-komponen industri tersebut tertata dalam suatu kawasan industri terpadu (*eco-industrial park*). Menurut

Low (2001), *eco-industrial park (EIP)* merupakan suatu komunitas bisnis yang bekerja sama satu sama lain dan serta melibatkan masyarakat di sekitarnya untuk lebih mengefisienkan pemanfaatan sumber daya secara bersama-sama, meningkatkan kualitas ekonomi & lingkungan, serta meningkatkan SDM bagi kepentingan bisnis dan juga masyarakat sekitarnya.

Mendesain sebuah EIP tidak terlepas dari usaha-usaha bagaimana mengintegrasikan EIP dengan masyarakat sekitarnya dan bagaimana menciptakan suatu masyarakat yang berkelanjutan (*sustainable community*). Adapun potensi keuntungan dan model pengembangan EIP yang ada di dalamnya terjadi kerja sama dalam pemanfaatan sumber daya dalam suatu kawasan industri seperti energi, air, limbah, sistem informasi dan SDM serta sumber daya fasilitas, menurut Seong Oh dkk (2003) dapat digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Model Pengembangan *Eco-industrial park* (Seong Oh et. al, 2003)

Berikut ini merupakan referensi penerapan simbiosis industri dalam suatu Kawasan industri.

a) Kalundborg (Denmark)

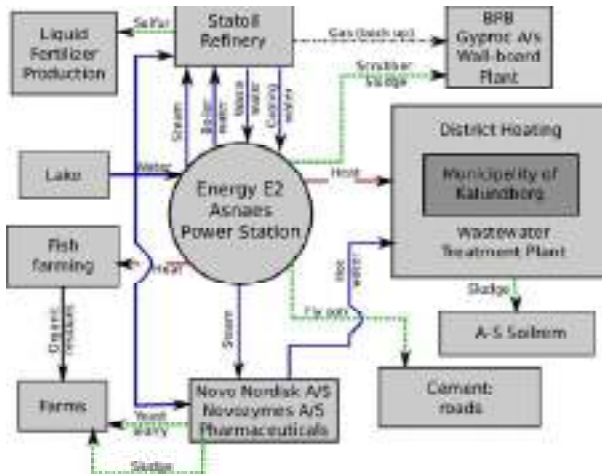
Kawasan Kalundborg Denmark merupakan pionir pertama dalam menerapkan prinsip-prinsip ekosistem industri. Pertukaran (*exchange*) 'limbah' antar industri independen dalam suatu sektor telah berlangsung berabad-abad untuk alasan sederhana yaitu untuk tujuan bisnis yang lebih baik. Di sini ekosistem industri sudah dibentuk dengan mengintegrasikan simbiosis mutualisme antar industri yang ditempatkan dalam satu kawasan, yaitu antara pabrik minyak, pabrik gipsum, farmasi, peternakan ikan, stasiun pembangkit tenaga batubara dan komunitas di Kota Kalundborg.

Uap dan beragam bahan mentah seperti sulfur, debu terbang dan lumpur di Kalundborg saling ditukar (*exchanged*) dalam suatu ekosistem industri yang harmoni. Partisipasi perusahaan memberikan keuntungan ekonomi dari pengurangan biaya untuk pembuangan limbah, meningkatkan efisiensi dan penggunaan sumber daya dan meningkatkan kualitas lingkungan. Sebagai contoh, gas yang dihasilkan dari pabrik minyak, yang biasanya dibuang dengan cara dibakar, dalam sistem Kalundborg dialirkan ke stasiun pembangkit tenaga listrik yang memberikan penghematan 30,000 ton batu bara per tahun.

Saat ini simbiosis proses kimia di kawasan ini melibatkan sekitar 20 partisipan dengan pertukaran air, energi dan beragam sisa / residu material yang menjadi bahan baku atau sumber bagi proses lainnya. Pada awalnya sistem Kalundborg terdiri dari lima institusi inti:

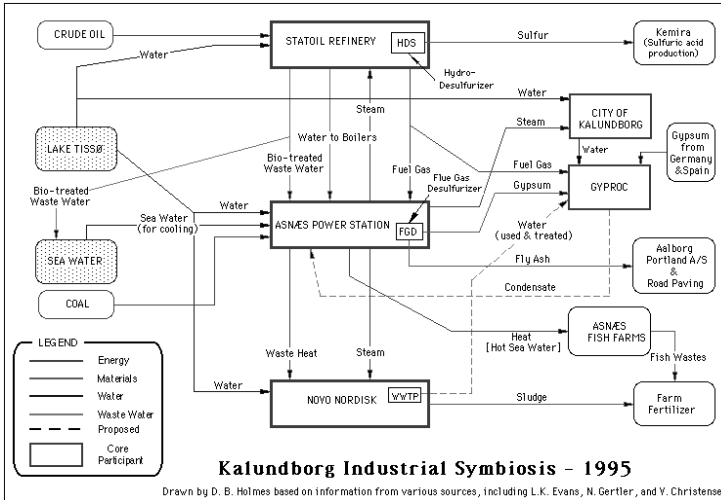
- 1) *Asnæs Power Station*, pembangkit listrik terbesar Denmark, berkapasitas batu bara, kapasitas 1.500 megawatt;

- 2) *Statoil Refinery*, terbesar di Denmark, dengan kapasitas 3,2 juta ton/tahun (meningkat menjadi 4,8 juta ton/tahun);
- 3) *Gyproc*, sebuah pabrik eternit, menghasilkan 14 juta meter persegi papan gipsum setiap tahun (kira-kira cukup untuk membangun semua rumah di 6 kota seukuran Kalundborg);
- 4) Novo Nordisk, sebuah perusahaan bioteknologi internasional, dengan penjualan tahunan lebih dari \$ 2 miliar. Pabrik di Kalundborg adalah yang terbesar, dan memproduksi obat-obatan (termasuk 40% dari pasokan insulin dunia) dan enzim industri; dan
- 5) Pemerintah Kota Kalundborg memasok pemanasan distrik ke 20.000 penduduk, serta air ke rumah-rumah dan industri.



Gambar 3. Input-Output Proses Produksi Asnaes Power Station di Kawasan Simbiosis Industri Kalundborg

Selama dua dekade terakhir, para mitra ini secara spontan mengembangkan serangkaian pertukaran bilateral yang juga akhirnya melibatkan sejumlah perusahaan lain. Dalam studi kasus di Kalundborg, tidak ada perencanaan awal dari keseluruhan jaringan. Proses simbiosis berkembang akibat adanya kumpulan penawaran dari satu jenis industri ke jenis industri lainnya yang masuk akal secara ekonomi untuk menjadi pasangan simbiosis. Simbiosis dimulai ketika Gyproc menemukan perusahaannya bisa mengambil keuntungan dari bahan bakar gas yang tersedia dari Statoil. Berawal dari kasus bisnis inilah kemudian, model ini ditiru oleh perusahaan-perusahaan di sekitarnya. Sehingga akhirnya pada tahun 2000, Denmark yang merupakan pionir dalam mempromosikan pembangunan yang berkelanjutan, mengeluarkan regulasi bagi suatu industri agar setiap limbah/ampas produksi dapat diolah menjadi suatu produk yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan lainnya.



Gambar 4. Kawasan Industri di Kalunborg Denmark

Energy Flows

Pembangkit listrik Asnæs berbahan bakar batubara beroperasi pada efisiensi termal sekitar 40 persen. Seperti semua pembangkit listrik berbahan bakar fosil lainnya, sebagian besar energi yang dihasilkan naik ke atas. Pada saat yang sama, pengguna energi besar lainnya, kilang Statoil membakar sebagian besar produk samping gasnya.

Kesepakatan yang terjadi pada kawasan Industri Kalunborg.

1. Kilang bersedia menyediakan gas berlebih untuk Gyproc, api Statoil dan mengakui bahwa gas yang terbakar ini merupakan sumber bahan bakar potensial yang murah;

2. Asnæs mulai memasok ke kota dengan uap untuk sistem pemanas distrik baru pada tahun 1981 dan kemudian menambahkan Novo Nordisk dan Statoil sebagai pelanggan untuk uap. Pemanasan distrik, didorong oleh pemerintah kota dan Denmark, menggantikan sekitar 3.500 tungku minyak (sumber polusi udara non-point yang signifikan);
3. Pembangkit listrik menggunakan air garam, dari Fjord, untuk beberapa kebutuhan pendinginannya. Dengan demikian, itu mengurangi penarikan air tawar dari Danau Tissø. Produk sampingan yang dihasilkan adalah air garam panas, sebagian kecil dipasok ke 57 kolam tambak ikan;
4. Pada tahun 1992, pembangkit listrik mulai menggantikan bahan bakar, dengan menggunakan surplus gas kilang menggantikan beberapa batubara. Ini hanya menjadi mungkin setelah Statoil membangun unit pemulihan belerang untuk mematuhi peraturan tentang emisi belerang; gas itu kemudian cukup bersih untuk digunakan di pembangkit listrik.

Material Flows

Pada tahun 1976 pabrik Novo-Nordisk memulai pola aliran material, menyamai aliran energi yang berkembang di Kalundborg.

1. Lumpur dari proses Novo Nordisk dan dari pabrik pengolahan air tambak digunakan sebagai pupuk di tambak terdekat. Ini adalah sebagian besar dari seluruh jaringan pertukaran Kalundborg, dengan total lebih dari 1 juta ton per tahun;

2. Sebuah perusahaan semen menggunakan fly ash desulfurisasi dari pembangkit listrik. Asnæs bereaksi SO_2 dalam gas tumpukannya dengan kalsium karbonat, sehingga membuat kalsium sulfat (gypsum), yang dijualnya kepada Gyproc, memasok 2/3 dari kebutuhan yang terakhir;
3. Operasi desulfurisasi kilang menghasilkan sulfur cair murni, yang diangkut dengan truk ke Kemira, produsen asam sulfat;
4. Surplus ragi dari produksi insulin di Novo Nordisk pergi ke petani sebagai makanan babi.

Jaringan daur ulang dan penggunaan kembali ini telah menghasilkan pendapatan baru dan penghematan biaya bagi perusahaan yang terlibat dan mengurangi polusi udara, air, dan tanah di wilayah tersebut. Dalam istilah ekologis, Kalundborg menunjukkan karakteristik jaring makanan sederhana: organisme saling mengkonsumsi bahan limbah dan energi, sehingga saling bergantung satu sama lain. Pola penggunaan kembali dan daur ulang antar-perusahaan ini telah mengurangi polusi udara, air, dan tanah, air yang dilestarikan dan sumber daya lainnya, dan menghasilkan aliran pendapatan baru dari produk sampingan yang dipertukarkan. Hingga tahun 1993, investasi \$ 60 juta dalam infrastruktur (untuk mengangkut energi dan material) telah menghasilkan \$ 120 juta dalam pendapatan dan penghematan biaya.

Jørgen Christensen, Wakil Presiden dari Novo Nordisk di Kalundborg, mengidentifikasi beberapa kondisi yang menarik untuk dikembangkan dalam jaring pertukaran (*web of exchanges*) dalam suatu kawasan industri:

Jenis industri dalam kawasan harus berbeda, tetapi harus sesuai satu sama lain.

- Pengelolaan harus bersifat komersil dan secara ekonomi menguntungkan.
- Pengembangan harus dilakukan dengan sukarela dalam kerangka kerjasama dan dengan melibatkan suatu lembaga independen yang menangani kebijakan/regulasi.
- Jarak lokasi yang berdekatan secara fisik antar pelaku industri diperlukan untuk pertimbangan biaya transportasi pengangkutan material dan aliran energi.
- Di Kalundborg, para manajer pabrik harus saling mengenal.

Hasil yang telah diperoleh dari simbiosis industri Kalundborg yaitu:

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

Secara keseluruhan, EIP di Kalundborg telah menghasilkan keuntungan ekonomi, penghematan penggunaan sumber daya alam yang berarti penghematan lingkungan,

pengurangan emisi serta penggunaan ulang produk limbah.

Tabel 2. Penghematan dan keuntungan ekonomi kawasan Industri di Kalunborg Denmark

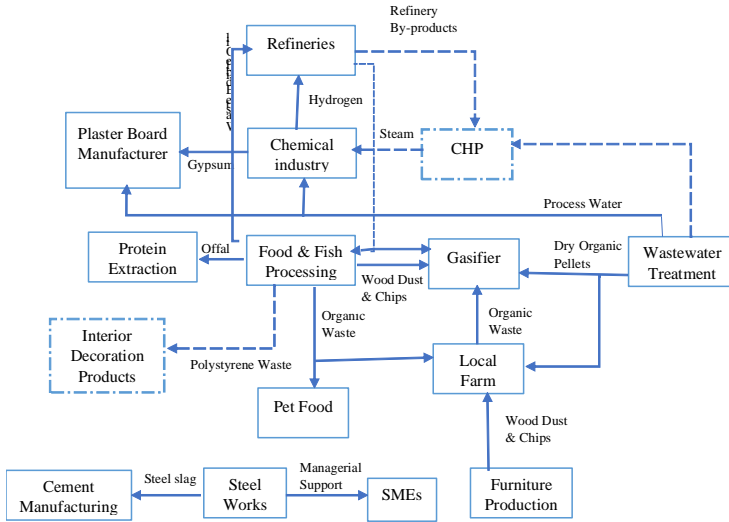
Item	Penghematan / Efisiensi / Keuntungan Ekonomi
Air	Konsumsi air berkurang 25% dengan mendaur ulang air dan menggunakan sirkulasi antara partner kerjasama di Kawasan. Setiap tahun telah terjadi penghematan air sebanyak 1.9 juta m ³ air tanah, dan 1 juta m ³ air permukaan air tanah
Minyak	Setiap tahun terjadi penghematan konsumsi minyak sejumlah 20.000 ton dengan berkurangnya 380 ton emisi SO ₂
Abu terbang	Pembakaran batu bara pada Ashes Power Station menghasilkan 80.000 ton abu yang digunakan untuk pabrik semen atau ekstraksi nikel atau vanadium
Gypsum	Setiap tahun BPB Gyproe A/S menerima sampai dengan 200.000 ton gypsum dari Ashes Power Station. Gypsum dapat mensubstitusi gypsum alam yang digunakan dalam memproduksi papan display misalnya untuk iklan, papan pengumuman dan sebagainya.
NovoGro	NovoGro dari Novozymes A/S mensubstitusi penggunaan air asam/lime dan sebagian pupuk komersil pada 20.000 hektar tanah pertanian
Air limbah	Kolaborasi dari Novozymes A/S/ Ashes Power Station dan Kalunborg Municipality dalam Kawasan treatment air, mengurangi dampak negative dari lingkungan pada Jammerland Bugt

Item	Penghematan / Efisiensi / Keuntungan Ekonomi
Limbah lain	Dalam satu tahun Noveren I/S menerima 13.000 ton kertas koran yang kualitasnya cukup baik untuk digunakan mencetak Koran, membuat karon tempat telur dan papan kertas. Sebanyak 7.000 ton, serpihan beton yang setelah diolah kembali dapat digunakan untuk menghaluskan permukaan dinding, Hasil tanaman yang tidak lolos sortir dalam setahun sampai dengan 15.000 ton dapat digunakan kembali sebagai pupuk. Sebanyak 4.000 ton sampah besi dan baja setelah dibersihkan dan di daur ulang dapat dijual kembali, Pecahan gelas sebanyak 1.800 ton dapat dijual kembali pada produsen gelas.

b) NISP (UK)

Di Inggris, upaya sistematis mengakselerasi pengembangan program IS (*Industrial Symbiosis*) regional pada Musim Panas 2000 dengan fokus pada kegiatan ekonomi yang berlokasi di sekitar Muara Humber bernama program BCSD-UK yang memiliki peran koordinasi program regional.

Sejak saat itu, meningkat juga minat dari wilayah Inggris lainnya untuk memulai program serupa. Sekarang ada lebih dari enam program pada berbagai tahap perkembangan yang semuanya terkait dengan Program IS. Contoh hubungan relasional simbiosis proses kimianya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Program simbiosis industri di Inggris

c) Zero-emission park initiative (Jerman)

Zero Emission Park adalah model simbiosis industri pertama di Jerman untuk pengembangan kawasan industri dan komersial yang berkelanjutan. Model ini berada di tiga lokasi industri dari negara bagian yang berbeda di Bottrop (NRW), Bremen dan Kaiserslautern (Rhineland-Palatinate), sebuah proses pengembangan dimulai di kawasan industri, dengan mempertimbangkan kriteria berkelanjutan - ekologis, ekonomi dan sosial - kriteria.

Zero Emission Park menggunakan model proses metodis untuk pengembangan kawasan industri dan komersial menuju lokasi industri yang berkelanjutan, yang kegiatan ekonominya berorientasi sedemikian rupa sehingga tidak ada efek samping yang berbahaya bagi kota, wilayah, lingkungan, dan masyarakat. Oleh karena itu model

ini mengacu pada kombinasi perencanaan, organisasi, teknis, ekonomi dan langkah-langkah sosial-politik di kawasan industri yang bersama-sama mengarah ke tujuan *Zero-Emission Park*.

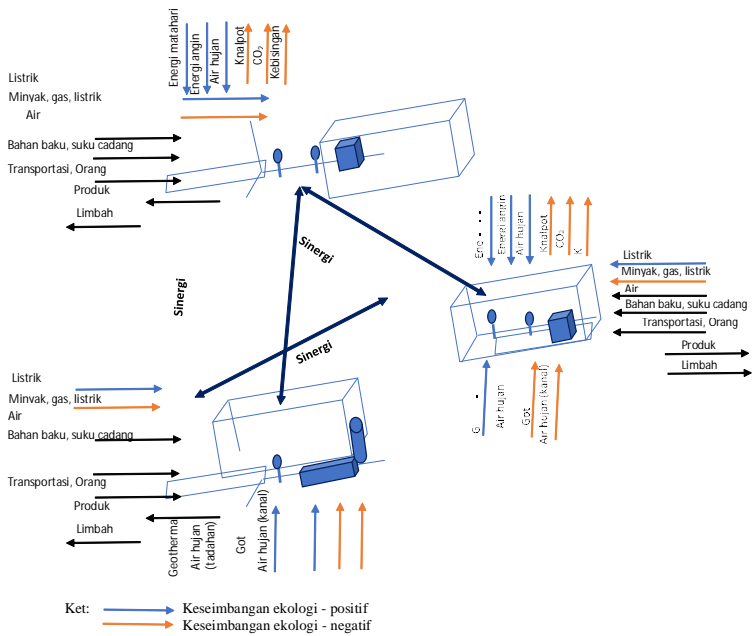
Menurut Jerman, nol emisi berarti itu pengurangan semua efek samping yang berbahaya, baik itu ekonomi, ekologis atau sosial. Dalam implementasinya, digunakan juga sistem informasi modern, dengan visualisasi, dan platform presentasi untuk publik dan komunikasi pri-badi. Dengan 'emission-o-meter', semua keberhasilan dapat dicapai dan divisualisasikan ke luar, baik penghematan CO₂, keuntungan per-area atau optimalisasi dari berbagai bidang.

Proses pembangunan mengambil tantangan saat ini dari kebijakan pembangunan perkotaan modern dan oleh karena itu terdiri dari titik fokus: energi, transportasi, mobilitas, struktur bangunan, manajemen area, struktur sosial serta persyaratan perencanaan infrastruktur dan perkotaan untuk area industri dan komersial dan integ-rasi mereka ke dalam pembangunan perkotaan. Nol emisi di sini berarti menghindari "efek samping berbahaya" dari melakukan bisnis di lokasi industri dan, di atas segalanya, mengurangi emisi CO₂ menjadi "nol" sebanyak mungkin melalui langkah-langkah perbaikan terus-menerus, untuk kepentingan masyarakat, masyarakat dan alam, terutama dengan maksud untuk perubahan iklim.

Program dilaksanakan dari 1 Januari 2008 hingga 31 Desember 2009. Lima universitas dan dua konsultan ingin mencoba mengurangi efek samping dari kawasan industri sehingga emisi gas CO₂ menjadi 'nol'. Sebagai contoh, mereka memeriksa potensi untuk penataan kembali yang

berkelanjutan dari lokasi di Bremen, Bottrop dan Kaiserslautern untuk mendapatkan rekomendasi tentang implementasi target emisi nol. Fokusnya adalah pada area industri yang sangat berbeda secara signifikan dalam ukuran, populasi, stok bangunan, usia, struktur industri, jumlah perusahaan dan karyawan.

Sebagai bagian model program interdisipliner (manajemen, perencanaan kota, perencanaan lalu lintas, manajemen aliran material, manajemen keberlanjutan, komunikasi data dan jaringan, serta manajemen perawatan), kawasan industri tersebut menjadi sasaran analisis mendalam, mengenai potensi pengembangan yang ramah lingkungan dan optimasi sumber daya.



Gambar 6. Model *zero emission park* di Jerman

Pada wilayah kawasan industri yang akan dievaluasi, tanah dan bangunan harus pertama kali di desain sesuai dengan kriteria untuk bangunan berkelanjutan. Selanjutnya dilakukan tindakan bersama dan interaksi tentang inovasi teknis, prosedural dan infrastruktur yang diperlukan.

Seluruh stakeholder yang terkait diundang dalam hal ini, baik perusahaan, pengelola dan juga masyarakat yang akan mendapat manfaat pengelolaan bersama yang dihasilkan. Dengan demikian pengurangan CO₂ menjadi terukur. Setiap perusahaan dapat mengembangkan produk secara inovatif namun dampaknya terhadap lingkungan tetap terukur serta terkendali. Calon perusahaan tenant bersama-sama dengan pengelola kawasan dan masyarakat bekerja bersama dalam langkah-langkah inovatif pada seluruh properti dengan cara:

- a. Penggunaan peluang untuk penghematan ruang dan konstruksi yang ringkas (lean building);
- b. Penggunaan tanah bangunan secara ekonomis dan hati-hati;
- c. Meminimalkan persyaratan ruang untuk pengembangan swasta dan publik;
- d. Tinjauan kerangka kerja yang diizinkan berdasarkan undang-undang perencanaan bangunan;
- e. Adanya pembagian ruang pribadi dan publik;
- f. Desain ruang terbuka dengan vegetasi;
- g. Penggunaan atap dan fasad hijau;
- h. Penggunaan atap dan fasad surya;
- i. Audit energi dan peningkatan bangunan;

- j. Pengelolaan air permukaan secara alami;
- k. Penampungan air hasil industri, dan air proses.

d) *Eco-Industri and Town Program* (Kawasaki, Jepang)

Perusahaan-perusahaan yang bekerjasama dalam mencapai manfaat lingkungan dan keunggulan kompetitif dengan cara bertukar sumber daya fisik dikenal sebagai simbiosis industri. Kemudian apabila satu sama lain perusahaan tersebut juga berkolaborasi dengan daerah perumahan disebut sebagai simbiosis perkotaan.

Kolaborasi ini menunjukkan bahwa manfaat ekonomi dan lingkungan tampak jelas, meskipun kuantifikasi simbiosis umumnya hanya nampak untuk energi dan penggunaan air.

Pada wilayah Kawasaki, Jepang, 14 simbiosis telah terdokumentasi dan menghubungkan baja, semen, kimia, perusahaan kertas dan bisnis daur ulang dalam satu harmoni kerjasama. Tujuh pertukaran bahan utama mengalihkan setiap tahun setidaknya 565.000 ton limbah dari pembakaran atau TPA. Empat di antaranya secara kolektif menyajikan perkiraan peluang ekonomi sebesar 13,3 miliar JPY (sekitar 130 juta USD) per tahun. Lima simbiosis melibatkan pemanfaatan produk sampingan dan dua pembagian utilitas sementara lainnya adalah industri daur ulang. Efek sinergis dari simbiosis perkotaan dan industri adalah unik. Kerangka kerja legislatif untuk masyarakat berorientasi daur ulang telah berkontribusi pada realisasi simbiosis, seperti halnya ketersediaan subsidi pemerintah melalui program *Eco-Town*.



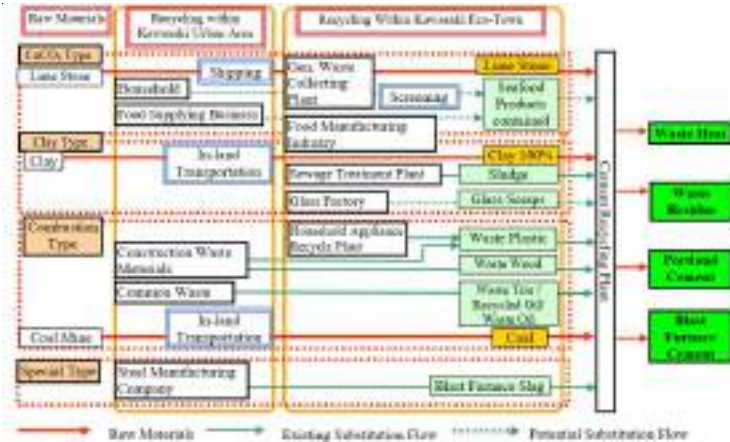
Gambar 7. Peta Sebaran Spasial *Material Flow* di Kawasan Kawasaki Jepang

Bagian berikut menjelaskan potensi pertukaran material masing-masing perusahaan di wilayah kawasaki.

a) Perusahaan semen

Perusahaan semen di wilayah Kawasaki mendaur ulang lumpur limbah dari daerah perkotaan sebagai substitusi dari bahan jenis tanah liat perawan, dan limbah kayu, plastik, ban dan minyak sebagai pengganti batu bara. Selain itu, tanur terak dari perusahaan baja yang berlokasi di dalam Kawasaki *Eco-town* menggunakan kembali bahan NPO dari *blast-furnace* perusahaan baja sebagai baku semen.

Perusahaan ini mendaur-ulang Kalsium Karbonat dari bahan-bahan yang mengandung limbah seperti kerang, terutama dari makanan industri manufaktur dan seafood (lihat Gambar 7).



Gambar 8. Aliran material dari produk sampingan yang dapat digunakan kembali di perusahaan semen

b) Perusahaan Daur Ulang

Ada tiga jenis perusahaan daur ulang terletak di Kawasaki *Eco-town*, termasuk kertas, lampu fluorescent dan perusahaan daur ulang alat rumah tangga. Perusahaan daur ulang kertas saat ini mengumpulkan kertas bekas, seperti dokumen-dokumen yang sudah ketinggalan zaman dan *Office Mixed Papers*, yang meliputi kertas bekas dengan staples, plastik atau klip, dari kantor terutama berlokasi di dalam *Eco-town*. Selanjutnya, lumpur kertas dari jalur produksi dibakar untuk pasokan energi. Sisa abu dari pembakaran kemudian digunakan sebagai salah satu bahan baku proses pembuatan semen.

Perusahaan daur ulang lampu neon menghasilkan sisa kaca, dan alat rumah tangga. Perusahaan daur ulang menghasilkan jumlah input yang signifikan dari plastik bekas yang dapat digunakan kembali sebagai bahan

masuk untuk pasokan energi. Selain itu, potongan besi dan beberapa logam *non-ferrous* dari bongkaran peralatan rumah tangga juga digunakan kembali.

c) Industri baja

Perusahaan-Perusahaan manufaktur baja saat ini menerima besi dan logam *non-ferrous* dari pabrik alat rumah tangga sebagai tambahan *scrap*. Selain itu, buangan plastik dikumpulkan dari alat rumah tangga

dari daerah perkotaan kemudian dibakar sebagai tambahan sumber pasokan energi untuk pembuatan baja. Hasilnya, perusahaan ini menghasilkan jumlah kerak besi yang cukup banyak sebagai NPO dari blast furnace.

Feronikel dan ferrokrom adalah bahan dasar utama untuk pembuatan produk stainless steel di perusahaan manufaktur baja stainless; karena itu, bahan limbah yang mengandung nikel dan krom adalah target substitusi.

d) Pola pertukaran bahan multi-sektoral

Pola pertukaran limbah/produk sampingan terintegrasi di Kawasaki Eco-town telah diidentifikasi sebagai berikut (lihat Gambar 8).

Input Output	A	B	C	D	E	F
Perusahaan Semen (A)			Ni & Cr			
Perusahaan Baja (B)	Kerak Blast Furnace					
Perusahaan stainless steel (C)						
Perusahaan Lampu Neon (D)	Glass Scrap					
Perusahaan Daur Ulang Alat Rmh Tangga (E)	Plastik Bekas	Besi2 Bekas Alat & Plastik	Besi2 Bekas Alat Rmh Tangga			
Perusahaan Daur Ulang Kertas (F)	Abu Sisa Pembuatan Kertas	Logam yg tak terpakai				

Gambar 9. Matriks Aliran Material di antara Enam Bisnis Utama di Wilayah Kawasaki

Di antara keenam perusahaan ini, kemungkinan arus pertukaran materialnya terkonsentrasi pada limbah plastik, kerak *blast furnace*, potongan kaca, abu dan limbah logam serta sampah plastik dihasilkan oleh rumah tangga.

Perusahaan daur ulang di Kawasaki mendaur ulang manufaktur baja, dan memiliki potensi untuk digunakan kembali oleh perusahaan semen sebagai bahan baku dan pasokan energi. Logam dari alat rumah tangga juga daur

ulang untuk menjadi bahan baku perusahaan manufaktur stainless steel.

Selain itu, perusahaan semen juga memiliki potensi untuk mendaur ulang sisa kaca dari lampu neon (*fluoresens*). Abu dari perusahaan daur ulang kertas dapat didaur ulang dan dipakai sebagai tambahan oleh pabrik baja. Sementara itu bahan limbah dari perusahaan semen yang mengandung nikel dan chrome dapat digunakan kembali oleh perusahaan *stainless steel*.

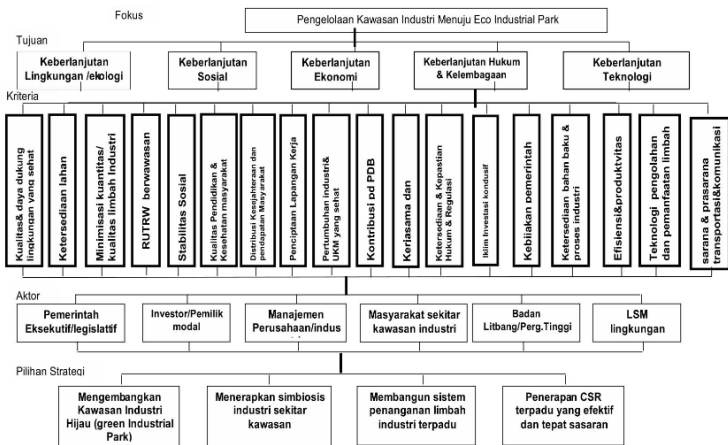
2.3 Pengembangan EIP di Kawasan Industri Kota Cilegon

Kondisi ekologis Indonesia dan khususnya yang ada di Cilegon menunjukkan perlunya pengetatan kebijakan pemerintah. Pemerintah harus mempromosikan standar lingkungan yang tinggi, produksi bersih, emisi rendah serta penggunaan sumber energi terbarukan. Seperti kita ketahui, gas rumah kaca terkait energi (GHG) dikeluarkan oleh produksi, konsumsi komoditas dan jasa, termasuk penyimpanan dan pengangkutan barang. Buku ini berusaha untuk mengusulkan sebuah kerangka kerja (*framework*) yang bisa digunakan sebagai fundamental untuk membuat sistem tata kelola (*Governance*) *Eco Industrial Park* (EIP). Oleh karenanya, sebagai bahan referensi studi kasus pengembangan EIP di Kota Cilegon digunakan yang pendekatannya menggunakan dua metode analisis:

1) Analisis hierarki proses (AHP)

Melalui analisis ini akan didapatkan gambaran alternatif strategi yang dapat dikembangkan dalam rangka

pengelolaan kawasan, aktor yang paling berperan, faktor yang paling berpengaruh dan tujuan yang ingin di capai dalam pengembangan kawasan industri. Prinsip-prinsip dasar AHP di antaranya (1) prinsip penyusunan hierarki, (2) prinsip penentuan prioritas, (3) prinsip konsistensi logika. Setelahnya dilakukan analisis prospektif untuk menyusun skenario pengelolaan kawasan industri ke depan di kawasan industri Cilegon. Berikut ini hierarki strategi pengelolaan kawasan industri menuju EIP.



Gambar 10. Hierarki pengelolaan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

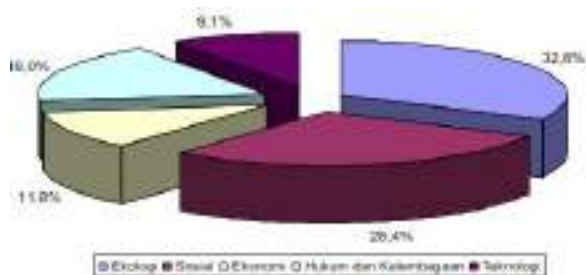
Berdasarkan hasil FGD dengan pakar dan penelitian di lapangan diperoleh 4 level hierarki yang terkait secara nyata mempengaruhi strategi pengembangan kawasan industri Cilegon menuju EIP, (1) level fokus; (2) level tujuan; (3) level aktor dan (4) level pilihan strategi.

Pada level fokus peran masing-masing stakeholder dan strategi pengembangan kawasan industri Cilegon

difokuskan pada pengelolaan kawasan industri menuju eco industrial park karena besaran (size) dan kompleksitas permasalahan dan ketergantungan masing-masing sektor dan pihak yang terkait dalam suatu kawasan industri merupakan salah satu alat yang berpengaruh untuk efisiensi pencapaian tujuan pelaksanaan kebijakan beberapa perusahaan yang berada dalam satu kawasan.

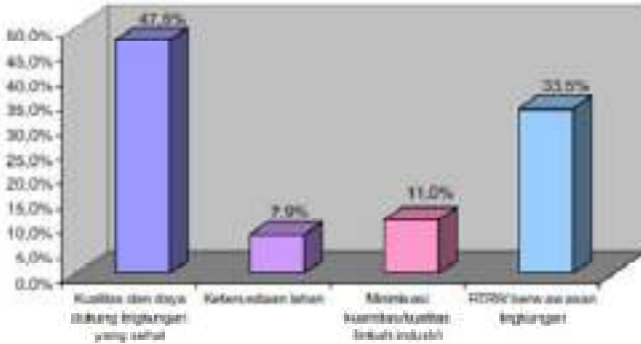
Sedangkan pada level tujuan, tujuan ekologi menjadi prioritas utama menurut hasil diskusi dengan pakar. Tingginya nilai skor tujuan keberlanjutan lingkungan/ekologi dibandingkan dengan tujuan lainnya menunjukkan bahwa keberlanjutan lingkungan/ekologi menjadi perhatian utama industri dan sangat penting dimasukkan ke dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan industri. Karena keberlanjutan ekologi sebagai parameter dan aset utama yang menyediakan kebutuhan manusia. Lingkungan menyediakan sistem pendukung

kehidupan untuk mempertahankan keberadaan manusia dan keberlanjutan suatu aktivitas ekonomi jangka panjang.



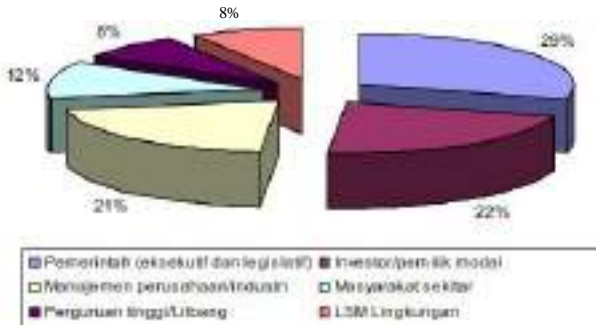
Gambar 11. Prioritas tujuan yang ingin dicapai dalam pengelolaan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

Lebih lanjut, prioritas tujuan ekologi berdasarkan hasil studi lebih menekankan pada kualitas dan daya dukung lingkungan yang sehat.



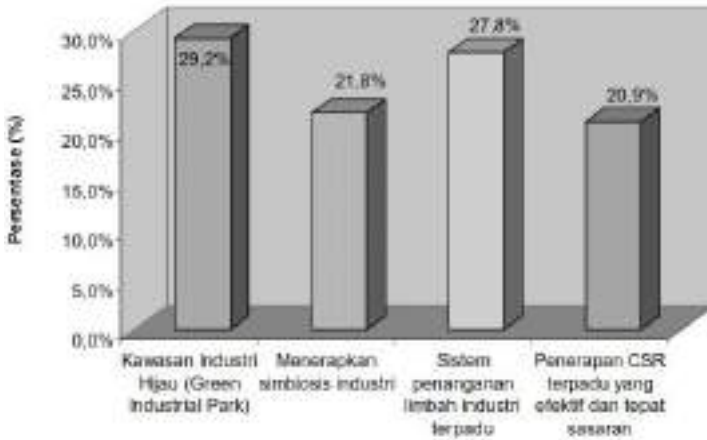
Gambar 12. Prioritas tujuan ekologi yang mendukung pengembangan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

Pada level aktor, untuk mencapai tujuan dari strategi pengembangan kawasan industri Cilegon menuju eco industrial park tersebut aktor yang paling berperan adalah pemerintah (eksekutif dan legislatif) hal ini menunjukkan pemerintah sebagai tidak saja dilihat dari kebijakannya dalam menetapkan sistem pengelolaan lingkungan dengan mengeluarkan surat keputusan atau peraturan-peraturan, tetapi juga memfasilitasi setiap kegiatan industri dalam bentuk program-program pengelolaan lingkungan industri yang dapat dilaksanakan dalam jangka pendek maupun jangka panjang baik bagi industri maupun masyarakat sekitar misalnya kegiatan penyuluhan, pelatihan dan pemberdayaan masyarakat sekitar sehingga masyarakat mendapat manfaat baik secara pendidikan maupun ekonomi.



Gambar 13. Peran aktor dalam pengelolaan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

Pada tataran level strategi, berkaitan dengan tujuan yang ingin dicapai serta peran para aktor dalam pengelolaan kawasan industri di Cilegon seperti diuraikan di atas, berbagai strategi pengembangan kawasan industri Cilegon menuju *eco industrial park* yang dapat dilakukan seperti mengembangkan kawasan industri hijau (*green industrial park*), menerapkan simbiosis industri sekitar kawasan, membangun sistem penanganan limbah industri terpadu dan penerapan CSR terpadu yang efektif dan tepat sasaran. Strategi-strategi kebijakan tersebut, selanjutnya dianalisis berdasarkan pendapat pakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi mengembangkan kawasan industri hijau (*green industrial park*) menduduki prioritas pertama yang perlu dikembangkan. Hal ini terlihat dari hasil penilaian para pakar dengan memberikan nilai sebesar 29,2 % dan selanjutnya diikuti oleh membangun sistem penanganan limbah industri terpadu, menerapkan simbiosis industri sekitar kawasan serta penerapan CSR terpadu yang efektif dan tepat sasaran.

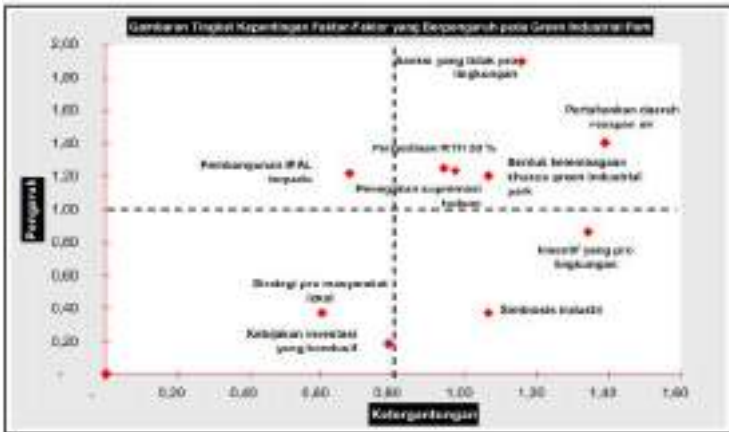


Gambar 14. Prioritas strategi pengembangan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

2) Analisis prospektif

Langkah selanjutnya yaitu analisis prospektif untuk menentukan program-program prioritas yang perlu dikembangkan ke depan. Penentuan program prioritas dilakukan dengan menggunakan justifikasi pakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat enam program prioritas yang perlu mendapatkan perhatian yang serius dalam rangka pengembangan kawasan industri di Kota Cilegon menuju green industrial park. Keenam program tersebut antara lain (1) pembangunan Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) secara terpadu, (2) penyediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sebanyak 30% pada kawasan yang dimanfaatkan masing-masing industri, (3) penegakan supremasi hukum yang tegas terhadap pelanggar aturan perundangan yang telah dibuat terkait pengelolaan kawasan, (4) pemberian sanksi bagi industri yang tidak pro terha-

dap lingkungan, dan (5) membentuk kelembagaan khusus untuk mengelola kawasan menuju green industrial park, serta (6) mempertahankan daerah resapan air untuk menjamin ketersediaan air bagi kelangsungan operasional perusahaan. Adapun hasil analisis secara rinci digambarkan seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 15. Program prioritas dalam pengembangan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

Berdasarkan hasil analisis tingkat kepentingan antar faktor sebagaimana pada gambar sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat lima faktor yang mempunyai pengaruh dan kepentingan yang tinggi terhadap kinerja sistem yang dikaji yaitu pengembangan green industrial park di kawasan industri Cilegon, yaitu: (1) sanksi bagi industri yang tidak pro lingkungan, (2) penyediaan ruang terbuka hijau sebesar 30% pada setiap kawasan yang dimanfaatkan oleh setiap industri, (3) penegakan supremasi hukum yang tegas, (4) mempertahankan daerah resapan air untuk

menjamin ketersediaan air bagi industri, dan (5) membentuk lembaga khusus dalam pengelolaan kawasan menuju green industrial park, serta satu faktor yang mempunyai pengaruh yang tinggi walaupun ketergantungannya rendah terhadap kinerja sistem, yaitu pembangunan instalasi pengolahan limbah (IPAL) terpadu.

Dari berbagai kemungkinan yang terjadi seperti tersebut di atas, dapat dirumuskan tiga kelompok skenario pengembangan green industrial park di kawasan industri Cilegon secara berkelanjutan yang berpeluang besar terjadi dimasa yang akan datang, yaitu: (1) Skenario konservatif-pesimistik dengan bertahan pada kondisi yang terjadi saat ini atau melakukan perbaikan seadanya terhadap faktor kunci, (2) Skenario moderat-optimistik dengan melakukan perbaikan terhadap faktor kunci tetapi perbaikan yang dilakukan tidak optimal. (3) Progresif-optimistik dengan melakukan perbaikan terhadap seluruh faktor kunci.



Gambar 16. Tahapan pelaksanaan scenario dalam dalam pengembangan kawasan industri menuju *eco-industrial park*

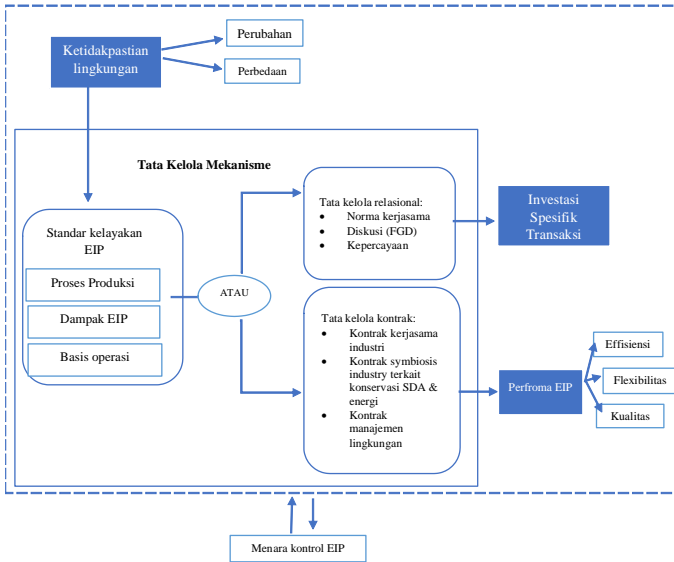
2.4 Framework of New Digital Eco Industrial Park

Tata-kelola (*Governance*) menjadi tulang punggung EIP termasuk memperkuat pengembangan industri yang terikat masyarakat, aliansi, kesadaran masyarakat lokal, infrastruktur dan penanganan masalah lingkungan. Banyak perusahaan telah mencoba untuk mendorong kemitraan yang muncul menggunakan teknologi internet; sebaliknya mereka biasanya gagal karena kurang ditentukan dan kurangnya struktur pemerintahan (Ulrich, 2004). EIP harus dikonsentrasikan pada kekuatan perubahan dalam

konsorsium industri: teknik, teknologi, tren bisnis dan langkah-langkah pemerintah “ (McKinnon, 2008). Elemen penting dari keberhasilan skema itu adalah informasi yang cepat dan akurat dari spektrum yang luas dari bidang operasi (Lancioni, 2000). (Tessitore, 2015) melaporkan bahwa elemen kunci yang berhasil dari Taman Industri Ramah Lingkungan Italia adalah masalah administrasi, yang diberikan oleh undang-undang nasional untuk mengelola dan mengkoordinasikan simbiosis bersama perusahaan dan untuk mengembangkan lebih berkelanjutan secara lingkungan. Bahkan pemerintah tumbuh menjadi fondasi dan kunci operasi efisiensi tinggi dari EIP yang lebih baik, tetapi ada hasil penelitian kecil tentang cara mengatur mekanisme kerja sama dan sistem kontrol di antara anggota EIP. Oleh karena itu, buku ini mengungkapkan mekanisme pemerintahan yang mempertimbangkan karakteristik heterogenitas kawasan industri. Heterogenitas tahu gambaran global dari zona terbatas yang meneliti kendala, mekanisme dan tantangan EIP yang ada dari wilayah yang lebih luas (*gap-analysis*).

Pengembangan mekanisme tata kelola untuk EIP terinspirasi oleh kerangka kerja (Zhang, 2009). Kontribusi dari usulan buku ini untuk konsep (Zhang, 2009) terletak pada standar-standar khusus untuk pendirian EIP dan adanya tambahan menara kontrol (*control tower*) yang merupakan upaya digitalisasi. Faktor EIP saat ini yang ditemukan diproyeksikan ke dalam tata kelola hubungan (RG-*Relational Governance*) atau tata kelola kontraktual (CG-*Contractual Governance*). Misalnya, kolaborasi dalam industri, hubungan semacam itu dapat ditetapkan sebagai

kolaborasi/kerja sama kepercayaan (informal), atau diskusi meja bundar (*round table discussion*), dll. Namun, kerja sama tersebut juga dapat dilakukan oleh kontrak yang dilindungi oleh hukum (kontraktual).



Gambar 17. Struktur Tata Kelola Baru Untuk EIP (Sulaiman, 2016)

Dalam gambar di atas, juga diusulkan sebuah struktur kerangka kerja yang mendefinisikan matriks institusional dimana tempat transaksi diatur. Model ini merupakan struktur tata kelola dua dimensi yang mengusung teori ekonomi biaya transaksi (*TCE-Transaction Cost Economics*) dan teori relasional menggunakan investasi spesifik transaksi (*TSI - Transaction Specific Investment*). Kedua metode ini dihubungkan untuk membentuk hubungan tata kelola yang kuat tetapi fleksibel.

Dalam lingkungan yang sangat tidak dapat diprediksi dan banyak terjadi pelanggaran terhadap norma-norma lingkungan, para pelaku industri dalam EIP dapat mencoba untuk mengatur struktur tata kelola yang positif untuk mengelola situasi yang tak terduga dengan lebih baik. Dari hasil beberapa penelitian sebelumnya, seperti (Geyskens, 1998), (Claro, 2003), (Cannon, 1999), (Ganesan, 1994), (Klein, 1990) dan (Zhang, 2009), ketidakpastian lingkungan dapat menjadi diklasifikasikan menjadi keanekaragaman dan volatilitas. Keragaman lingkungan adalah tingkat keberagaman dan komponen-komponen lingkungan yang kompleks, sedangkan volatilitas lingkungan mengacu pada perubahan pasar dan permintaan yang cepat. (Zhang, 2009) berpendapat bahwa dalam tingkat ketidakpastian yang tinggi, pelaku logistik (konsumen, pemasok, produsen, dan pengecer) berusaha untuk bekerja sama selama masa krisis, misalkan dengan menggunakan kontrak untuk menjalankan bisnis mereka dengan aman atau bergabung menjual produk untuk pasar yang sama. Dengan demikian, kerja sama timbal balik melibatkan struktur yang mengikat yang dapat berupa tata kelola kontraktual atau tata kelola relasional.

Tata kelola kontrak (*CG-Contractual Governance*) terkait dengan perjanjian apa pun (tertulis atau lisan) yang didekati oleh individu atau perusahaan atau lembaga apa pun untuk mengurangi risiko dan ketidakpastian dalam hubungan. Dalam kasus Kawasan Industri di Cilegon, ada beberapa kontrak yang muncul, misalnya kontrak pasokan limbah suatu perusahaan A yang bisa digunakan sebagai input perusahaan B, kontrak pengolahan air ter-

padu atau kontrak pemasaran (berdasarkan kondisi pembelian & penjualan). Tata kelola relasional (RG-Relational Governance) memberikan seperangkat hubungan informal dan norma sosial. Oleh karena itu, tata kelola dengan kontrak (CG) memberikan aspek hubungan yang lebih nyata, eksplisit dan formal, sementara tata kelola relasional bekerja di sisi lain yang lebih lunak, diam-diam dan informal berdasarkan kepercayaan dan kejujuran. Struktur ini juga terkait dengan TSI (Investasi Spesifik Transaksi) yang berkonsentrasi pada agregasi aset yang berat dan mahal untuk beralih dari satu mitra transisi ke mitra transisi lainnya; oleh karena itu, kekhususan aset muncul. Kekhususan aset menggambarkan investasi permanen yang dilakukan untuk mendukung transaksi tertentu. Investasi spesifik aset sangat mengungkapkan biaya yang sangat terbatas atau tidak ada nilainya di luar hubungan. (Claro, 2003) melaporkan bahwa kekhususan aset dapat merangsang tata kelola relasional. Menurut (Williamson, 1989), investasi spesifik aset dibagi menjadi lima jenis, yaitu kekhususan lokasi, kekhususan aset fisik, kekhususan aset manusia, aset khusus, dan modal nama merek. Dalam tataran implementasi, pengukuran kinerja dengan KPI (*Key Performance Indicators*) tertentu adalah suatu keharusan untuk menjamin terwujudnya target-target EIP dan menjamin keberlanjutan.

Penilaian dan pengukuran KPI terhadap EIP adalah bagian dari nafas vital untuk kelangsungan hidup anggota konsorsium industri dan struktur jaringan yang dibangun. Memang, efisiensi dan optimalisasi biaya menjadi pilihan utama untuk menjaga keberlanjutan. Ketika

struktur tata kelola memiliki skor yang kurang pada dua bidang ini, maka itu akan menyebabkan masalah jangka pendek atau panjang. Ukuran kinerja juga dapat digunakan untuk manajemen risiko. Risiko yang telah dipetakan sejak awal desain, dapat dideteksi keberadaannya selama proses berjalan. Pada saat ini, risiko dan kinerja sistem selalu dapat diukur dan dikendalikan.

Pendekatan terakhir yang menawarkan adalah **digitalisasi**. Permintaan tersebut telah muncul karena desakan bidang industri dan pasar untuk otomatisasi manufaktur (*industri 4.0*). Saat ini, teknologi industri secara bertahap telah bergerak menuju otomatisasi. Produsen yang tidak mengikuti tren ini akan kalah dalam persaingan pasar. Konsumen semakin meminta kualitas produk, presisi, dan komoditas ramah lingkungan. Koneksi antara konsumen juga semakin mengglobal, kesan produk yang dirasakan oleh konsumen di bagian dunia akan segera dirasakan dalam waktu singkat oleh orang-orang dari daerah lain. Juga, kesadaran lingkungan mulai menguat. Produk yang tidak ramah lingkungan dan meninggalkan jejak karbon (*carbon footprint*) yang lebih besar tidak akan mendapat tempat di hati konsumen. Persaingan tidak hanya dianggap di tingkat produsen tetapi juga terjadi di tingkat pemasok bahkan di antara negara-negara. Saat ini, mereka yang menguasai informasi dan teknologi digital akan mengelola produk yang lebih berkualitas dan proses yang lebih efisien. Secara bertahap akan mengubah persepsi produsen dan pemasok.

Struktur tata kelola yang diusulkan dalam buku ini juga menghadirkan menara kontrol (*control tower*) sebagai

strategi digitalisasi, serta menjadi koordinator dari seluruh *supply chain*. Istilah *control tower* diperkenalkan pertama kali di London ketika pada tahun 1921, Bandara Croydon London memperkenalkan menara pengontrol lalu lintas udara pertama kali. Otoritas bandara melakukannya untuk mengelola operasi yang semakin kompleks dengan lebih baik dan memastikan keselamatan setiap pilot dan penumpang pada penerbangan yang masuk dan keluar. *Control tower* yang diusulkan disini memiliki tujuan yang hampir sama, meskipun apa yang dimulai di London waktu itu dengan alat visibilitas sederhana dan hari ini konsep "*Control Tower*" lebih mengarah pada konsep digitalisasi dari seluruh lini yang "terkontrol".

Kompleksitas industri yang berkembang dan perubahan kecepatan dalam *marketing* mendorong para manager untuk lebih mengoptimalkan dan mengukur rantai pasokan dengan *control tower* ini. *Control tower* memberikan layanan internet berbasis *cloud* yang berfokus pada penyediaan visibilitas dan kontrol rantai pasok (*supply chain*) dari ujung-ke-ujung. Dengan cara ini, dasar EIP yang mengedepankan simbiosis hijau dalam kawasan bisa dilakukan. Limbah yang menjadi input bagi pabrik lainnya dapat diatur dan dikendalikan suplai-nya secara teratur. Dengan mengintegrasikan dan memperluas sistem ERP, WMS, dan TMS milik para pemasok (*supplier*), pabrik, 3PLs, dan mitra lainnya, *Control Towers* harus memberikan kontrol yang dapat ditindaklanjuti, visibilitas granular, dan operasional di seluruh rantai pasokan.

Control-Tower akan membantu mengoptimalkan waktu tunggu pemenuhan, mengurangi biaya persediaan,

mengurangi pengecualian secara waktu nyata dan meningkatkan persentase pesanan yang dikirimkan tepat waktu, penuh (On Time in Full - OTIF). Control Tower yang kuat akan melayani fungsi-fungsi berikut:

- a. **Perencanaan Pemesanan secara *realtime***: Untuk meningkatkan tingkat layanan pelanggan, Menara Kontrol harus dapat menangkap dan memanfaatkan data kunci secara *realtime*, seperti waktu pengiriman, ketersediaan inventaris, dan biaya transportasi. Melakukannya memungkinkan Anda untuk selalu memilih aliran pesanan terbaik, paling hemat biaya.
- b. **Manajemen Pengendalian**: Menara Kontrol juga harus fokus pada pengiriman pesanan OTIF secara konsisten dengan melacak rantai pasokan dan mengirimkan peringatan ketika masalah muncul. Lebih penting lagi, solusi harus memungkinkan untuk mengambil tindakan langsung setelah muncul pada aplikasi.
- c. **Visibilitas Granular**: Selain melacak dan melacak, *control-tower* akan memberikan visibilitas granular ke dalam detail setiap pesanan untuk memenuhi secara efektif pada setiap elemen yang diperlukan.

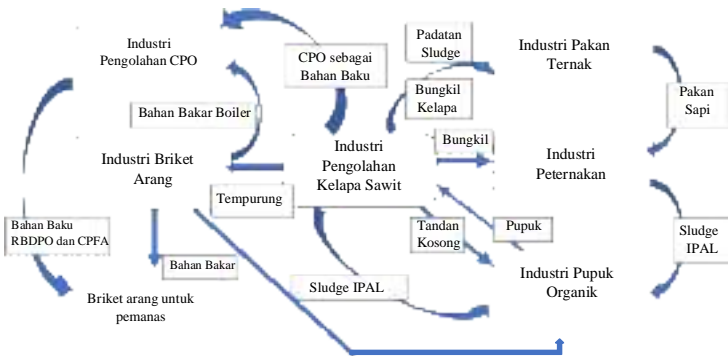
2.5 Contoh Implementasi Skenario Simbiosis Industri dalam Kawasan

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. Berikut ini contoh implementasi scenario symbiosis industri dalam Kawasan yang dapat menjadi bahan referensi.

Simbiosis Agroindustri menuju *Eco Industrial Park Agroindustri*

Desain simbiosis agroindustri menuju eco industrial park dapat dipergunakan untuk suatu kawasan agroindustri dengan menempatkan Industri Pengolahan Kelapa Sawit sebagai Industri utamanya. Jenis industri lain yang masuk dalam kawasan ini adalah industri briket arang, industri peternakan sapi, industri sabun, industri pupuk organik, industri minyak goreng, industri pengolahan CPO dan industri pakan ternak. Diagram alir keterkaitan dan simbiosis antar industri dapat di lihat di bawah ini.

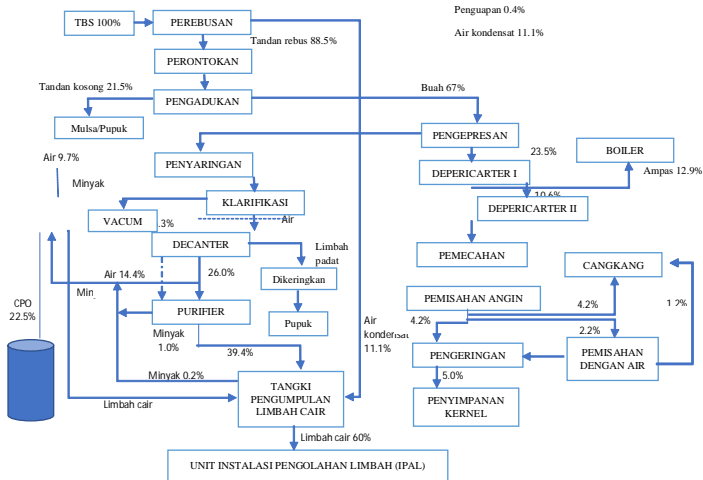


Gambar 18. Diagram alir eco-Industrial Park Agroindustri

1) Industri Utama Pengolahan Kelapa Sawit

Industri pengolahan kelapa sawit di Indonesia biasanya mencakup perkebunan kelapa sawit dan pengolahan kelapa sawit hingga menjadi Minyak Kelapa Sawit (Palm Oil) dan Minyak Kernel (Kernel Oil). Keluaran bukan produk dan limbah industri ini sangat besar dan sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan oleh industri lainnya. Keluaran bukan produk dan limbah terbesar berasal dari air limbah (proses perebusan dan peoses di IPAL) dan limbah padat. Neraca massa dari Industri Pengolahan Kelapa Sawit dapat di lihat pada gambar dibawah ini.

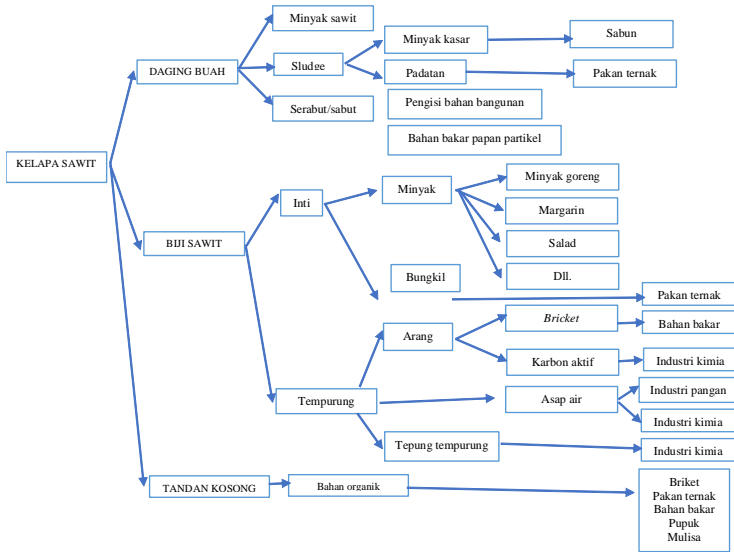
Dari neraca massa dibawah didapat keluaran bukan produk yang dapat dimanfaatkan oleh industri lain adalah sebagai berikut (perhitungan per 1000 kg tandan buah segar yang diolah):



Gambar 19. Neraca massa keluaran bukan produk

- dari proses perontokan akan didapat tandan kosong sawit sebesar 200-285 kg dan serabut sebesar 130 kg.
- dari proses decanter akan didapat limbah decanter solid sebesar 40 kg
- dari proses pemecahan akan didapat cangkang sebesar 70 kg
- dari air limbah dari proses perebusan, vacuum dari purifier akan didapat 480 liter air limbah yang diolah di Instalasi pengolahan air limbah (IPAL).
- dari instalasi IPAL dan akan didapat sludge limbah cair sebesar 30 kg.

Keluaran bukan produk dan limbah tersebut dapat dimanfaatkan oleh industri lain yang menjadi industri pendamping dalam Eco Industrial Park ini sebagaimana dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 20. -Eco-industrial park di Industri Kelapa Sawit

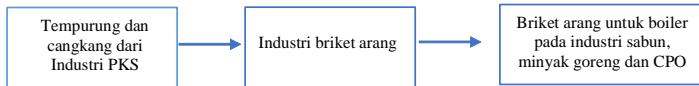
2) Industri Pendamping

a. Industri Briket Arang

Briket arang merupakan bahan bakar alternatif yang terbuat dari hasil proses pembakaran bahan yang memiliki ukuran/ diameter kecil (ranting, serbuk, serpih, sebetan, tempurung kelapa, tempurung kemiri dll). Limbah dari pengarangan yang berupa bongkahan arang yang berukuran kecil atau serbuk dapat diubah menjadi bentuk briket arang yang akan dapat memperbaiki sifat fisiknya terutama kerapatan, kebersihan dan ketahanan tekan serta memperlambat kecepatan pembakaran sehingga bentuk produk tersebut akan mempunyai ukuran yang sama dan lebih disenangi konsumen. Perubahan kom-

ponen kimia kayu menjadi bentuk karbon (arang) ternyata dapat memperbaiki nilai pembakarannya ditinjau dari nilai kalor bakar, mutu pembakaran dan kebersihan. Sifat pembakaran arang lebih menguntungkan dibandingkan dengan asalnya, antara lain nilai kalor bakar lebih tinggi (6000-7000 kkal/kg) serta asap dan kotoran tersisa lebih sedikit perubahan kayu menjadi arang akan lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar untuk rumah tangga dan industri.

Analisa input dan output untuk industri briket arang ini adalah:



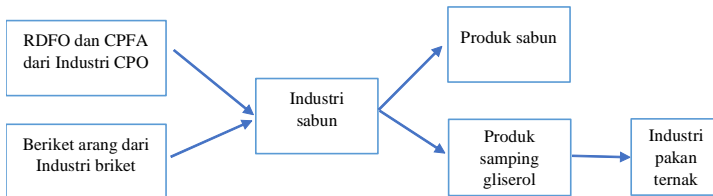
Gambar 21. Analisa *input* dan *output* industri briket arang

b. Industri Sabun

Industri sabun menggunakan hasil olahan dari pabrik CPO berupa RBDPO (Refined Bleached Deodorized Palm Oil), CPFA (Crude Palm Fatty Acid). CPO yang telah dibleaching digunakan untuk membuat sabun cuci dan sabun mandi, RBDPO dapat digunakan tanpa melalui pre-Treatment terlebih dahulu. Sifat kimia dan fisika minyak CPO adalah sebagai berikut. Dalam pembuatan sabun, CPO bereaksi dengan NaOH berdasarkan % TFM (Total Fatty Matter) dan SV (Saphonifikasi value). % TFM merupakan prosentase gabungan dari keseluruhan trigliserida yang ada didalamnya. Saphonifikasi value adalah

total keseluruhan kandungan trigliserida yang dapat ter-sabunkan apabila direaksikan dengan basa. Industri sabun memanfaatkan produk dari pabrik CPO sebagai bahan baku utamanya dan briket arang sebagai bahan bakar boilernya. Produk yang dihasilkan berupa sabun sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping. Gliserol ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan untuk pembuatan pakan ternak karena mengandung banyak lemak.

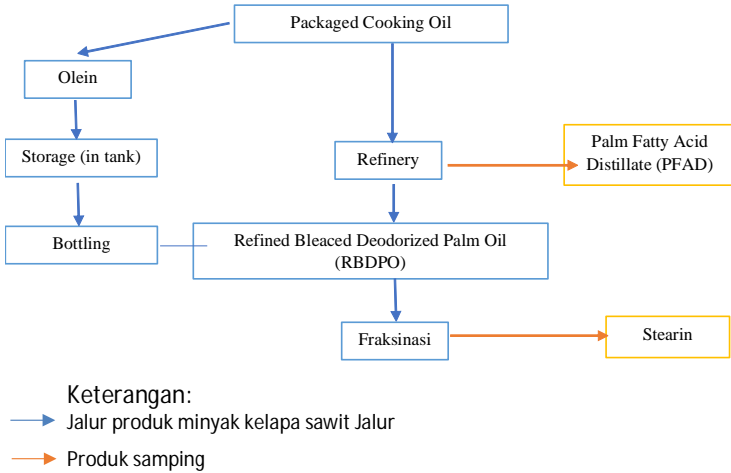
Analisa input dan output untuk industri sabun ini adalah:



Gambar 22. -Analisa *input* dan *output* industri sabun

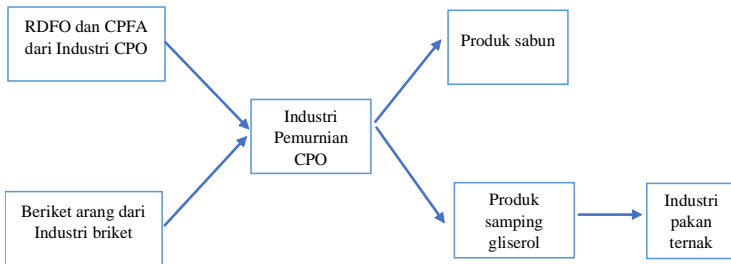
c. Industri Pemurnian CPO

Pemurnian CPO bahan baku dalam proses pengolahan ini adalah minyak kelapa sawit mentah yang diperoleh melalui proses ekstraksi dari bagian daging buah atau biasa disebut dengan nama Crude Palm Oil (CPO). Selain itu, digunakan juga bahan tambahan lain seperti *bleaching earth* dan asam fosfat yang akan digunakan dalam proses pemurnian. Diagram alir proses pemurnian CPO adalah sebagai berikut:



Gambar 23. -Industri pemurnian CPO

Analisa input dan output untuk industri pemurnian CPO ini adalah:



Gambar 24. -Analisa *input* dan *output* industri sabun

d. Industri Peternakan Sapi

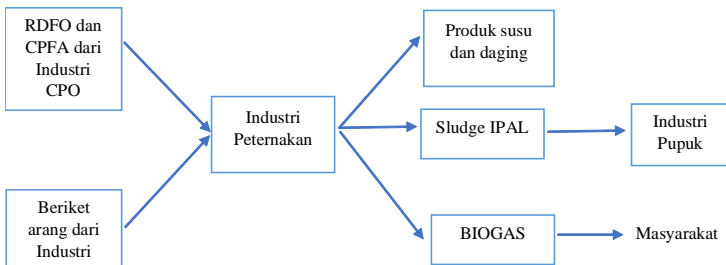
Industri peternakan sapi terbagi kedalam dua jenis, yaitu industri peternakan sapi untuk sapi pedaging dan industri peternakan sapi untuk sapi perah. Kedua jenis industri ini dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu

lokasi akan tetapi keduanya memerlukan pengelolaan yang berbeda.

Industri peternakan sapi pedaging bertujuan untuk menggemukkan sapi yang akan diambil dagingnya. Pakan sapi ini diatur sedemikian rupa hingga pada waktu tertentu berat sapi mencapai target untuk dilakukan pemotongan. Dari peternakan ini akan dihasilkan air limbah dalam jumlah besar dari proses pembersihan kandang serta lumpur dari kotoran dan air seninya. Kedua limbah ini dapat diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara biologis dan dapat menghasilkan biogas serta sludge IPAL. Biogas dapat dimanfaatkan untuk keperluan sendiri dan dapat pula menjadi bahan bakar bagi masyarakat. Sementara sludge IPAL dapat digunakan sebagai bahan baku industri pupuk organik.

Industri peternakan sapi perah bertujuan untuk menghasilkan susu murni dari sapi. Pengelolaan dan perawatan ternak sapi hampir sama dengan yang dilaksanakan pada industri peternakan sapi potong. Perbedaannya adalah pada komposisi pakan yang diberikan serta penggunaan airnya. Pakan untuk ternak sapi perah bertujuan meningkatkan produksi susu sapi yang dihasilkan, penggunaan airnya juga lebih banyak karena sapi perah harus dimandikan terlebih dahulu sebelum diperas susunya dan ini dilakukan sehari 2 kali. Besarnya penggunaan air ini berakibat pada besarnya air limbah yang harus dikelola, akan tetapi proses pengelolaan selanjutnya sama dapat dimanfaatkan Biogas dan Sludge IPALnya untuk kegiatan dan industri yang lain.

Analisa input dan output untuk industri peternakan sapi adalah:



Gambar 25. -Analisa *input* dan *output* industri peternakan sapi

Terkait pemanfaatan biogas sebagai salah satu hasil keluaran bukan produk. Gambar di bawah ini menampilkan ilustrasi pemanfaatan biogas dari industri peternakan sapi



Gambar 26. Ilustrasi pemanfaatan biogas dari industri peternakan sapi

Prinsip pembuatan biogas adalah adanya dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk menghasilkan gas yang sebagian besar adalah berupa gas metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida, inilah yang disebut biogas. Proses dekomposisi anaerobik dibantu oleh sejumlah mikroorganisme, terutama bakteri metan. Suhu yang baik untuk proses fermentasi adalah 30-55°C, dimana pada suhu tersebut mikroorganisme mampu merombak bahan organik secara optimal. Hasil perombakan bahan organik oleh bakteri adalah gas metan adalah sebagai berikut:

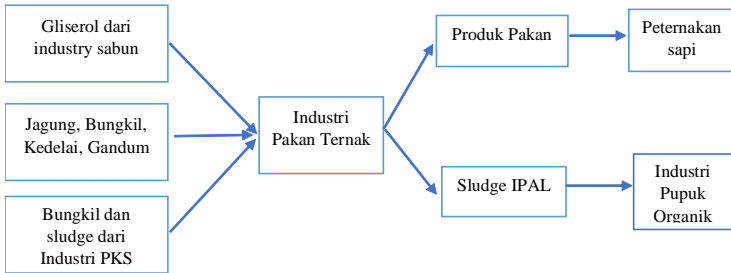
- Komposisi biogas: kotoran sapi dan campuran kotoran ternak dengan sisa pertanian
- Jenis gas: Biogas, Campuran kotoran + sisa pertanian: Metan (CH_4), Karbon dioksida (CO_2), Nitrogen (N_2), Karbon monoksida (CO), Oksigen (O_2), Propena (C_3H_8), Hidrogen sulfida (H_2S), sedikit Nilai kalor (kcal/m^2).
- Biogas dapat disalurkan untuk penggunaan lebih lanjut melalui jaringan perpipaan.

e. **Industri Pakan Ternak**

Industri pakan ternak merupakan industri samping lainnya yang dapat dikembangkan dalam Eco Industrial Park Agroindustri. Industri pakan ternak memproduksi pakan dengan bahan baku utama jagung, bungkil kedelai, gandum, bungkil dan sludge dari industri pengolahan kelapa sawit dan beberapa tambahan bahan lainnya. Dari industri sabun dapat ambil produk sampingnya gliserol

yang kaya akan lemak untuk menambah nutrisi pada pakan ternak.

Analisa input dan output untuk industri pakan ternak adalah:

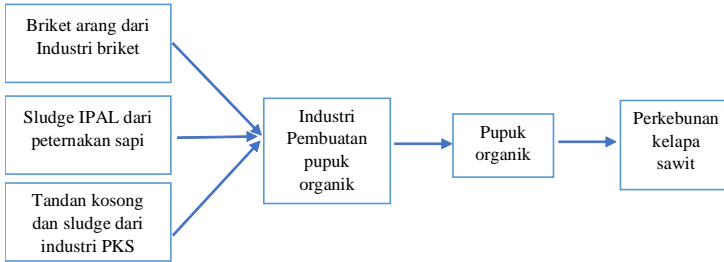


Gambar 27. Analisa input dan output industri pakan ternak

f. Industri Pembuatan Pupuk Organik

Industri pembuatan pupuk organik merupakan industri yang memanfaatkan produk dan produk samping dari beberapa industri lainnya di *Eco Industrial Park* Agro-industri.

Bahan baku untuk pembuatan pupuk didapat dari Industri Pengolahan Kelapa Sawit dan sludge IPAL peternakan sementara briket arang dapat digunakan bahan baku untuk pemanasan dan proses pengeringan pupuk. Analisa input dan output untuk industri pembuatan pupuk organik adalah:



Gambar 28. Analisa input dan putput industri pembuatan pupuk organik

Desain Eco Industrial Park Agro industri diatas dirancang untuk menerapkan konsep teknologi bersih secara menyeluruh. Terjadi simbiosis industri antar industri yang ada dalam kawasan tersebut dimana produk, produk samping dan limbah digunakan kembali secara berkesinambungan. Terbuangnya keluaran bukan produk dan limbah dari masing-masing industri diminimalisasi sehingga hanya yang benar-benar tidak bisa dimanfaatkan atau digunakan yang terbuang keluar kawasan.

BAB III

PENUTUP

3.1 Simpulan

Keberlanjutan lingkungan/ekologi mengharuskan industri untuk memperhatikan arah hulu dan hilir dimana produk yang dihasilkan harus memenuhi persyaratan ramah lingkungan, mempunyai masa guna yang panjang, dan dapat didaur ulang (*recycle*) menjadi bahan baku oleh industri lain yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses produksi sehingga kebutuhan materi dan energi dapat ditekan sampai seminimum mungkin, inilah yang menjadi target utama dari suatu desain simbiosis industri dalam perencanaan dan penentuan kawasan industri.

Dengan demikian keberlanjutan ekologi dalam kegiatan industri mempunyai implikasi yang luas menyebar dari hulu ke hilir, karena sebuah perusahaan adalah sebuah ekosistem

yang terikat dalam jaring-jaring arus energi dan materi. Ekologi dalam kegiatan industri memperpanjang daur guna (*use cycle*) materi dan dengan demikian disamping mengurangi pencemaran, juga mampu mengurangi laju deplesi sumberdaya.

Oleh karena itu, aktivitas industri industri yang ada dalam suatu kawasan harus didesain sebagai sistem ekologi industri, yaitu sistem industri yang berjalan seperti ekosistem, masing masing industri mengimplementasikan konsep teknologi produksi bersih, dimana buangan dari suatu industri dijadikan sebagai bahan baku dari industri yang lain, dan begitu seterusnya, sehingga tidak ada emisi yang terbang. Sehingga perlu adanya kesepahaman dan kesepakatan kerjasama dan hubungan simbiosis mutualisme antar berbagai industri dalam satu kawasan industri, untuk mendukung pengelolaan kawasan industri menuju *eco industrial park*.

Untuk mengembangkan Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan yang baru (inisiasi penerapan simbiosis industri dalam Kawasan) untuk meningkatkan kinerja lingkungan kawasan industri, perlu disiapkan skenario dan komitmen operasional dalam kawasan industri sebagai berikut adalah sebagai berikut:

- Skenario 1 -** Identifikasi Keadaan Awal
Keadaan awal yang menggambarkan industri-industri anggota kawasan dan kegiatan-kegiatan produksinya
- Skenario 2-** Komitmen Bersama Untuk Pencegahan Pencemaran
Industri-industri di suatu kawasan

mengimplementasikan kegiatan Pencegahan Pencemaran secara sendiri-sendiri, Implementasi konsep teknologi produksi bersih.

Skenario 3 - Komitmen Pencegahan Pencemaran dan Simbiosis Industri

Industri-industri di suatu kawasan mengembangkan hubungan dengan anggota-anggota lainnya di kawasan dan mitra di luar kawasan

Skenario 4 - Penambahan Industri Baru

implementasi simbiosis industri Hubungan simbiosis baru terjalin sebagai hasil adanya anggota baru di kawasan

Skenario 5 - Relokasi dan Layanan Bersama

Mitra di luar kawasan berpindah lokasi masuk ke dalam kawasan. Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan menyediakan layanan yang berkaitan dengan lingkungan Produksi Bersih dapat diterapkan secara bersama-sama dengan melibatkan pihak manajemen kawasan, atau dengan asosiasi industri di suatu kawasan, sehingga penerapan produksi bersih di suatu kawasan industri akan memberikan manfaat yang lebih besar.

Untuk penataan Kawasan industry yang sudah berjalan menuju terjadinya *symbiosis industry* dalam kerangka *eco-industrial park* diperlukan proses *reengineering* yang

menyeluruh berdasarkan prosedur yang harus dijalankan di antaranya:

1. Sosialisasi proses-proses di atas ke Industri eksisting (*Dissemination*);
2. Mencari dan setup luaran dari proses yang tepat dari pabrik-pabrik yang ada dalam kawasan industri yang sama agar bisa digunakan untuk bahan masukan di pabrik lainnya - (*Symbiosis Mapping*);
3. Pengaturan regulasi dan tata kelola (*Governance*);
4. Penyesuaian teknologi dan penyelesaian akhir (*Settlement*);
5. Pembentukan komunitas ekologi (*Community setup*);
6. Pendampingan dari Pemerintah (*Assistance*);
7. Monitoring, evaluasi, dan akreditasi (*Quality Assurance*);
8. Sistem apresiasi, tax incentive (atau *tax deductive*) dan penalty (*Reward and Punishment*);
9. Pembinaan karakter (*Eco-Industrial Park*).

3.2 Rekomendasi

Langkah strategis yang harus ditempuh pemerintah (baik pusat maupun daerah) untuk merealisasikan strategi-strategi di atas yaitu:

Pemerintah pusat:

1. Peran pro-aktif pemerintah menata kawasan industri dengan memprioritaskan pada pengendalian dan perlindungan lingkungan hidup;
2. Perumusan peraturan dan perundangan yang mengatur tugas, wewenang dan tanggung jawab;

3. Implementasi dan monitoring penyederhanaan prosedur investasi;
4. Menyiapkan peraturan, infrastruktur dan fasilitas pengolahan limbah industri terpadu untuk kawasan industri;
5. Membentuk konsorsium pendanaan baik dalam maupun luar negeri untuk pembangunan kawasan industri;
6. Pemberian insentif pajak melalui kebijakan fiskal pada industri yang menerapkan *design for environment* agar lebih ramah lingkungan;
7. Mengarahkan, merumuskan dan mengimplementasikan instrumen hukum terkait dengan pengaturan kawasan industri yang kondusif,
8. Mewujudkan *good governance* untuk mendorong suatu keterbukaan dalam setiap kebijakan.

Pemerintah daerah:

1. Rencana penetapan peraturan daerah terkait dengan perubahan rencana tata ruang wilayah (RTRW) harus senantiasa mempertimbangkan kondisi aspek ekologi dan masukan aspirasi masyarakat terkait, bukan semata-mata berorientasi pada kepentingan aspek ekonomi, penambahan PAD, *profit making project*;
2. Penyusunan dan pemberlakuan peraturan daerah yang mengatur agar industri dapat memfasilitasi sarana untuk fasilitas pelatihan;
3. Pemberlakuan peraturan daerah berkaitan dengan besaran dan pengelolaan dana *corporate social responsibility*;

4. Mengevaluasi dan mengurangi perda yang bersifat kontraproduktif yang mengakibatkan investor enggan berinvestasi;
5. Kemitraan dengan stakeholders terkait dalam pengembangan kawasan industri;
6. Pemberlakuan peraturan daerah agar industri wajib berlokasi di dalam kawasan industri;
7. Peningkatan kualitas kerja sama antara pemerintah daerah dengan pengelola kawasan industri dalam penetapan harga kapling kawasan industri yang realistis.

3.3 Harapan

Konsep simbiosis industri dalam penentuan dan perencanaan suatu kawasan industri dapat dijadikan referensi kebijakan dalam rangka mewujudkan kawasan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan atau yang biasa dikenal *eco-industrial park*. Oleh karenanya, komitmen bersama antara industri, pemerintah, pihak investor, dan masyarakat untuk penerapan simbiosis industri dalam suatu kawasan, antara lain:

- pemanfaatan kelebihan pasokan air dan energi
- penyediaan instalasi pengolah limbah bagi industri lain
- pertukaran produk samping
- pemanfaatan limbah sebagai bahan baku bagi industri lain (*waste to product*)
- pembentukan industri jasa reparasi peralatan
- pembentukan forum untuk saling tukar menukar informasi
- penelitian dan pengembangan

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini saya menyadari bahwa proses perjalanan Panjang menuju jabatan fungsional tertinggi Guru Besar tidaklah mungkin dilakukan sendiri tanpa keterlibatan berbagai pihak, baik doa, dukungan, motivasi ataupun secara teknis kompetensi keilmuan melibatkan kolega akademik lainnya dalam penyediaan beragam persyaratan untuk meraih jabatan fungsional Guru Besar, termasuk di dalamnya persyaratan administratif yang membutuhkan banyak pihak terlibat.

Dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan apresiasi dan terima kasih Terima kasihku

Istri dan 3 puteriku tercinta (Hj. Omah Rohmawati dan Rizkina, Dwinanda, Destriana), mohon maaf lahir bathin dan terima kasih atas pengertian, curahan waktuku yang sangat terbatas, yang seharusnya menjadi milik kalian..., yang jelas cinta dan doaku tak pernah putus di

setiap hembusan nafasku, untuk kemuliaan kalian di dunia dan di akherat kelak, amiin..YRA,

Para Guru-guru, ustad-ustad, dosen-dosenku, para Kyai, dari SD/Madrasah hingga doktoral (Universitas Indonesia, IPB University), yang telah mendidik dan mentransfer ilmu pengetahuan dan keteladanan yang sangat berarti untuk bekal perjalanan hidupku hingga saat ini.

Para Senior, Mentor sekaligus sahabat diskusi: Prof. Yoyo Mulyana, Alm., Prof. Rahman Abdullah, Alm, Prof. Sholeh Hidayat, Mpd, Prof. Dodi Nandika, Prof. Widji Widodo, Prof. Roekmiyati WS, Prof. Ali Ghufroon, Prof. Bunyamin Maftuh, Prof. Arif Satria, Prof. Kartina, Prof. Yeyen Maryani, Prof. Palma, Prof. Anondho Wijarnako, atas bimbingan, arahan dan diskusi produktif tentang beragam informasi perkembangan Iptek, semangat riset dan pengabdian.

Ketua senat dan sekretaris Senat akademik Untirta (HRE Taufik, PhD dan Prof. Dr. Ing Asep Ridwan) beserta jajaran anggota senat akademik Untirta, Kolega akademik, para Guru Besar, para wakil Rektor, para Dekan dan wakil dekan, Direktur pascasarjana dan para wadir, Ketua Lembaga, para kepala biro dan seluruh civitas akademika Untirta yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, atas kebersamaan dan harapan serta doa untuk terwujudnya cita-cita bersama Untirta yang terintegrasi, smart dan green yang unggul berkarakter dan berdaya saing di tingkat ASEAN tahun 2030 nanti.

Para sejawat Rektor, pimpinan Perguruan Tinggi negeri maupun swasta, atas kordinasi dan kolaborasi berbagai hal terkait tridharma PT.

Ucapan terima kasih juga patut saya sampaikan kepada seluruh staf tenaga administratif kependidikan, satpam, driver dan para OB/Cleaning service Untirta, baik langsung maupun tidak langsung, yang telah berharap dan berdoa, sehingga melancarkan ketercapaian Guru Besar saya yang pengukuhan nya dilaksanakan hari ini.

Terima kasih staf sekertaris Nurrochmah, ST, M.Pd, yang telah banyak membantu, mengarsip, mengumpulkan serta merapihkan seluruh berkas dokumen pengajuan Guru Besar dengan rajin dan teliti, Miftahul Ilmi, M Hum, yang telah menyiapkan dokumen persiapan pengukuhan Guru Besar. H. Toing Sanwani - Driver yang setia mendampingi dalam segala cuaca, pa Wandi OB profesional yg membuat ruangan kerja nyaman dan bersih, serta banyak lagi lainnya, smoga karya anda semua menjadi catatan amal baik, amiin...

Tak lupa, saudara saudara keluarga besar Alm. H. Sulaiman Ali Akbar, Alm. M. Arsyad Syadeli, Alm. H. Hasbullah Salam,, Keluarga Besar Yayasan Pendidikan dan Panti Sosial Nurul Islam Serang Banten, MUI Banten, PW NU Banten, ICMI Banten, Forum Silaturrahmi Pondok Pesantren Banten, Pemrov Banten, Pemkab/kota Se Prov Banten, Kolega AMC/CMA, FT. Untirta dan Jurusan Teknik Kimia Untirta, Presma dan BEM KBM Untirta.

Terakhir Secara khusus ucapan terima kasih sekaligus saya persembahkan GB saya ini, smoga berkah dan bermanfaat, menjadi amal jariyah teruntuk Kedua orang Tuaku:

Alm. H. sulaiman Ali Akbar dan Almh. Hj. Fatiroh Harun.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, kukirim puisi:

Surat untuk Abah dan Ibu

Assalamu'alaikum, Abah.

Assalamu'alaikum, Ibu.

Hari ini 52 tahun sudah usiaku
Mencari makna hidup penuh syukur, penuh haru
Hitam putih dalam setiap perjalananku
Selalu kuingat Abah dan Ibu

Sedang apa Abah? Sedang apa Ibu?
Surga Allah pasti lebih syahdu
Menjadi tempat bertemu rindu.

Usiaku saat ini
hampir sama dengan usia saat Abah dan Ibu pergi
Menemui Illahi Robbi.

Aku ingat betul bagaimana rasa kasih yang Ibu alirkan
Sejak aku memulai tangisan.

Aku sangat ingat bagaimana aroma peluh
yang mengalir dari tubuh Abah
sejak aku belejar jalan tertatih,
belum mampu mengeja huruf-huruf hijaiyah,
belum mampu menghitung angka, bagi, kali, tambah

Segalanya itu menjadi energi bagiku saat ini:
Energi menjadi diri sendiri
Energi memberi kasih bagi orang-orang yang kucintai
Energi membagi bagi insani
Energi semua hal yang kuraih saat ini

Abah, Ibu.
Terima kasih atas doa-doa sepenuh hati
nasihatmu pancarkan nurani suci,
hingga mampu membuatku meyakini
Bahwa hidup hanya sekali
Harus mengukir arti.

DAFTAR PUSTAKA

- Ana R, Carlos AT, Abel R. (2018). Environmental Analysis of Waste-to-Energy—A Portuguese Case Study. *Energies* 11,548. doi:10.3390/en11030548
- Ana R, Carlos AT, Abel R (2018). Environmental Analysis of Waste-to-Energy:A Portuguese Case Study. *Journal of Energy*: MDPI
- Angela N, Radu G, Susana G.A, João C. O. M. (2019). Current Status, Emerging Challenges, and Future Prospects of Industrial Symbiosis in Portugal. *Sustainability* 11, 5497. doi:10.3390/su11195497.
- Alan Christian Jonathan. (2016) Proses Pemurnian Minyak Kelapa Sawit PT. Salim Ivomas Pratama Tbk Tanjung Priok Jakarta Utara, Laporan Kerja Praktek, Universitas Katolik Soegijapranata,.
- Budiyanto, Pien. Saefuddin, Asep., Putri, Eka Intan Kumala. (2015). *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Vol. 5 No. 2 (Desember 2015: 199-209).

- Badan Pusat Statistik. (2019). Sektor Industri Berkontribusi 20% Terhadap Perekonomian Nasional. Badan Pusat Statistik.
- Cannon, J. a. (1999). Buyer-seller relationships in business markets. *Journal of Marketing Research*. 36 (4): 439 – 460.
- Claro, D. H. (2003). The Determinants of Relational Governance and Performance: How to Manage Business Relationships? *Industrial Marketing Management Vol 32*, 703-716.
- Deong-Seong Oh, Kyung-Bae Kim, Sook-Young Jeong. 2003, Eco-Industrial Park Design: a Daedeok Technovalley, case study, Department of Architecture, Chungnam National University, 220 Kung-dong, Yusong-ku, Taejon 305-764, South Korea.
- Departemen Perindustrian. (2007). Gambaran Sekilas Industri Minyak Kelapa Sawit.
- Departemen Pertanian, 2006. Pedoman Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit.
- Evlyta K. (2016). Perancangan Pabrik Sabun Mandi dari Crude Palm Oil (CPO) dan NaOH dengan Proses Saponifikasi Kapasitas 10.000 ton/tahun. Universitas Setia Budi, Surakarta.
- Faith, K. A. (1975). Industrial Chemicals. Canada: A Willey- International Publication.
- Figge, F W. (2010). Zero Emission Park - länderübergreifendes Modellprojekt zur Entwicklung von nachhaltigen Gewerbegebieten in Deutschland. Projekt von Nationale Stadt Entwicklung Politik, März,

- Fraccascia, Luca. (2018). Industrial Symbiosis And Urban Areas: A Sistematic Literature Review And Future Research Directions. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management* 5(2) 73-83.
- Ganesan, S. (1994). Determinants of long-term orientation in buyer-seller relationships. *Journal of Marketing*, Vol. 58, No. 2, 1-19.
- Geyskens, I.S. (1998). Generalizations about trust. *International Journal of Research in Marketing*. 15: 223-248.
- Gumaya, Muhammad. (2017). Produksi Baja di PT. Krakatau Steel. Universitas Malikussaleh.
- Henry Loekito, (2002). Teknologi Pengelolaan Limbah Industri Kelapa Sawit.
- Hermaslin Pasaribu. (2015). Neraca Massa dan Pengembangan Proses Mandiri Energi pada Pabrik CPO. Institut Pertanian Bogor.
- Ibrahim, Nadine. (2017). MITIGATION-Decarbonization unique to cities. *Nature Climate Change*, Vol 7.
- Ismettulloh, M., Gumelar, F., Nuryoto dan Teguh Kurniawan. (2019). Modifikasi zeolite alam bayah menggunakan asam dan pengaplikasiannya dalam penguangan ammonium pada kola mikan bandeng. *Journal Integrasi Proses*, Vol. 8, No. 1, 07-13.
- Klein, S. F. (1990). A transaction cost analysis model of channel integration in international markets. *Journal of Marketing Research*. 27(2): 196-208.
- Kimberly, Febrina Kodrat. (2011). Analisa Sistem Pengembangan Kawasan Industri Terpadu Berwawasan Lingkungan Studi Kasus: PT Kawasan Industri Medan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 18 No. 2, Hal. 146-158.

- Kwanda, T. (2004). Pengembangan kawasan industri di Indonesia. *DIMENSI (Journal of Architecture and Built Environment)*, 28(1).
- KLHK. (2013). Panduan Penanganan Air Limbah di Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit, Krakatau Tirta Operasi dan Pemeliharaan. (2019). Pemanfaatan Air Olahan Unit Biotreatment Di Cop Bfks Untuk Proses Quenching.
- Lancioni, R. A. (2000). The Role of the Internet in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management* (29:1), 45-56.
- Mirata, Murat; "Industrial Symbiosis in the UK", International Institute for Industrial Environmental Economics, Lund University, Sweden, 2016
- Manahan, Stanley E.; "Green Chemistry and The Ten Commandments Of Sustainability", ChemChar Research, Inc.2005.
- Pemerintah Kota Cilegon. (2017). Laporan Kinerja Pemerintah Kota Cilegon 2016. Pemerintah Kota Cilegon, PETROGAS. Februari 2019. Vol 1. No 1.
- PT. Chandra Asri Petrochemical. (2017). Kemitraan dan CSRPT. Chandra Asri. PT. Chandra Asri Petrochemical. Proses Pengolahan Industri Kelapa Sawit, *www.niaga kita.id* 22 Juni 2019
- Richard J. Sheehan; "Terephthalic Acid, Dimethyl Terephthalate, and Isophthalic Acid" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2005.
- Satoshi O, Hui JD, Yong G, Minoru F, Tsuyoshi F. (2017). A Comprehensive Evaluation On Industrial & Urban

- Simbiosis By Combining MFA, Carbon Footprint And Emergy Methods—Case Of Kawasaki, Japan. *Ecological Indicators* Vol 73, 513-524.
- Singhal, Shaleen, dan Amit Kapur. (2002). Industrial estate planning and management in India - An integrated approach towards industrial ecology. *Journal of environmental management*. Vol. 66 issue 1, pp. (19-29).
- Sulaiman F. (2016). *Mengenal Industri Petrokimia*. Untirta Press.
- Sulaiman F. (2018). Strategi Pengelolaan Industri Bersih di Industri Petrokimia. Untirta-Press.
- Sulaiman F. Santoso MI, Guswandi. The Framework Of Governance Mechanism Using Digital Control Tower For Managing Industrial Area Towards Eco-Industrial Park Based On The Gap Analysis. *Eco. Env. & Cons.* 22 (4): 2016; pp. (1753-1762), ISSN 0971-765X
- Tessitore, S., Daddi, T. and Testa, F. (2015). Overview Of The Most Developed Instances Of Eco-Industrial Parks In Italy. *Advances in Environmental Sciences, Development and Chemistry*, ISBN: 978-1-61804-239-2, 95-103
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2017). *Implementation Handbook For Eco-Industrial Parks*”, United Nations Industrial Development Organization.
- Ulrich, W. (2004). Revolutionizing Supply Chain Management through Holistic Governance Structures.
- Williamson, O. E. (1989). Transaction cost economics. In R. Schmaleemsee, and R. Willig (Eds.), *Handbook of industrial organization* (pp. 136-182). Netherlands,

Elsevier Science.

www.bulelengkab.go.id, Pemanfaatan Kotoran Ternak Untuk Biogas, 19 November 2018.

www.republika.co.id, 4 Februari 2020.

Yuyun Hadiyarti, dkk, (2018). Kajian Neraca Massa pada Industri Kelapa Sawit Studi Kasus di PT. Alam Tri Abadi Kec. Murung Pudak, Kab. Tabalong, Kalimantan Selatan.

Zhang, X. A. (2009). A Conceptual Framework For Supply Chain Governance: An Application To Agri-Food Chains In China, *China Agricultural Economic Review* 1(2). 136-154.