

MODEL PENGEMBANGAN AGRO-ECO-INDUSTRIAL PARK DI KOTA BITUNG, PROVINSI SULAWESI UTARA

MODEL DEVELOPMENT OF AGRO-ECO-INDUSTRIAL PARK IN BITUNG CITY, NORTH SULAWESI PROVINCE

Pojoh B¹, Syarief R², Seminar KB³, Sudarmasto⁴,

¹Mahasiswa Program S3, Sekolah Pascasarjana IPB,

Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

²Guru Besar Dep. Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

³Guru Besar Dep. Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

⁴Staf Pengajar di Universitas Nasional Jakarta

Korespondensi: bpojoh@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tantangan industri abad ke-21 melahirkan konsep industri berkelanjutan yang selanjutnya diikuti oleh ekologi industri, suatu konsep yang mencoba mengaplikasikan sistem ekologi yang nir-limbah ke sistem produksi industri. Penerapan dari konsep ekologi industri melahirkan istilah *eco-industrial park (EIP)*. Tujuan penelitian ini adalah membangun model dinamik pengembangan "*agro-eco-industrial park*" (*Agro-EIP*) dengan studi kasus di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Program komputer "*Powersim Studio Expert 2005*" digunakan untuk membangun model. Variabel-variabel dominan dari model dinamik yang dibangun adalah: Sub-Model Industri Berbasis Perikanan Laut, Sub-Model Industri Berbasis Kelapa, Sub-Model Industri Agro-Kompleks, Sub-Model Pembangkit Listrik Energi Terbarukan, dan Sub-Model Limbah dan Bahan Ikutan. Hasil simulasi terhadap model yang dibangun menunjukkan bahwa pada tahun ke-15, Agro-EIP di Kota Bitung Bitung potensial menurunkan limbah dan meningkatkan penggunaan bahan ikutan. Potensi penurunan limbah cair adalah sebagai berikut: darah ikan sebesar 161.950 liter (24,96%), urine ternak sapi 161.950 liter (6,25%), dan feces dari ternak sapi dan ayam dan feces yang diproduksi di RPH adalah 2.015.733 kg (94,40%). Peningkatan pemanfaatan bahan ikutan perikanan laut sebanyak 24.290.500 kg (93,59%) dan bahan ikutan air kelapa sebanyak 11.803.600 liter (93,01%), tempurung kelapa 2.160.000 kg (>100%), dan paring kelapa 2.447.200 kg (90,64%). Secara keseluruhan menurunkan limbah cair air kelapa, darah ikan, dan urine ternak sapi sebanyak 12.127.500 liter (1% dari limbah cair total). Untuk merealisasikan pembangunan Agro-EIP Bitung maka langkah-langkah yang dapat mempermudah realisasinya adalah terwujudnya pembangunan Kawasan Industri di Kelurahan Tanjung Merah, Kota Bitung dan ditunjuknya Kota Bitung sebagai Kawasan Ekonomi Khusus (KEK). Dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan baku perikanan laut dan kelapa maka perlu ada upaya untuk melakukan beberapa hal seperti menekan atau menurunkan aktivitas perikanan IUU (*illegal, unreported, unregulated*), dan membangun kebijakan produksi industri kelapa non-konvensional, yakni produk-produk esensial turunan kelapa untuk pemeliharaan kesehatan dan perawatan tubuh.

Kata kunci : "*Eco-industrial park*", "*agro-eco-industrial park*", industri berkelanjutan, model dinamik.

ABSTRACT

Industrial challenges of the 21st century gave birth to the concept of sustainable industry which in turn was followed by industrial ecology, a concept which tries to apply the non-waste ecological systems to industrial production systems. The application of industrial ecology concept gave birth to the term *eco-industrial park (EIP)*. The aim of this research is to build a dynamic model development of *Agro-eco-industrial park (Agro-EIP)* with a case study in Bitung City, North Sulawesi Province. Computer program was used to build the model, i.e. *Powersim Studio Expert 2005*. The result of dynamic models involves dominant variables, i.e. Marine Fisheries-based Industry Sub-Model, Coconut-based Industry Sub-Model, Agro-Industrial Complex Sub-Model, Renewable Energy Generation Sub-Model, and Waste and by-Products Sub-Model. The dynamic models showed that in the 15th year, implementation of *Agro-EIP* model will reduce waste and or increase by-products usage as follows: reduce fish blood of 161,950 liters (24.96%), reduce cattle urine of 161,950 liters (6.25%), feces of beef cattle and chickens as many as 2,015,733 kg (94.40%); increase usage of marine fisheries by-products as many as 24,290,500 kg (93.59%), coconut water by-products as many as 11,803,600 liters (93.01%), coconut shell as many as 2,160,000 kg (>100%), "paring" of coconut flesh as many as 2,447,200 kg (90.64%), and in general lowering of the liquid waste, i.e. coconut milk, fish blood, and urine of cattle as many as 12,127,500 liters. Steps that can accelerate the realization of the model are development of Industrial Park in Kelurahan Tanjung Merah and approval of Special Economic Zone (KEK) in Bitung City. In order to meet the need of coconut and marine fish raw materials, the Government should try to reduce illegal fishing activities and sale of fish at sea to foreign fishermen, and to build non-conventional coconut production policy, i.e. derived essential coconut products for health care and body treatments.

Keywords: *Eco-industrial park*, *Agro-eco-industrial park*, sustainable industry, dynamic models.

PENDAHULUAN

Upaya untuk mengatasi pencemaran industri di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, dimulai sejak awal tahun 1970an (Gotlieb 1995). Gotlieb menulis bahwa pendekatan utama yang digunakan untuk itu adalah *command-and-control* dengan orientasi *end-of-pipe*. Kritik diberikan terhadap pendekatan ini terutama karena tidak adanya insentif bagi pelaku industri untuk berbuat lebih baik dari yang dipersyaratkan oleh peraturan lingkungan (Tietenberg 1992). Juga, penanganan pencemaran industri dilakukan tidak dalam konteks "efektif dan efisien". Oleh karena itu, ditawarkan pendekatan lain yaitu *market-based incentives*, seperti *tax*, *charges*, subsidi, dan *transferable discharge permits* (Tietenberg 1992). Namun, pendekatan tersebut memandang sistem produksi industri manufaktur sebagai suatu proses linear, di sisi yang satu adalah input sedangkan di sisi yang lain adalah produk dan limbah industri.

Ilmu yang memandang proses produksi industri manufaktur sebagai proses tertutup (*closed-loop process*) adalah ekologi industri (*industrial ecology*). Ekologi industri merupakan disiplin ilmu yang mensinergikan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial untuk mencapai tujuan industri yang berkelanjutan (Chertow 1988). Implementasi dari konsep ini melahirkan istilah *eco-industrial park* (EIP), dimana "eco" merupakan integrasi dari ekologi dan ekonomi (Ayres dan Ayres 2002; Li 2005). Bidang ilmu ini berupaya merubah paradigma pandangan terhadap limbah industri sebagai "tantangan usaha" bukan sebagai "beban" bagi pelaku usaha industri manufaktur. Pembangunan EIP pertama dilakukan pada tahun 1995 di Amerika Serikat yang disponsori oleh *the US President's Council for Sustainable Development*. Sejak itu, konsep EIP dikenal sebagai salah satu alternatif pengembangan industri (Koenig 2005).

Berdasarkan potensi keunggulan dari konsep EIP tersebut di atas maka beberapa negara, seperti China, Jepang, Korea Selatan, dan Australia telah mulai menerapkannya. Bagi

negara-negara berkembang yang bermaksud menerapkannya, Chiu dan Yong (2004) menyarankan untuk melakukan pengkajian yang mendalam serta perumusan strategi yang sesuai terlebih dahulu. Penelitian ini merupakan salah satu upaya terkait dengan hal tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun program pengembangan Model Agro-EIP di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara.

METODE PENELITIAN

Definisi EIP dan Agro-EIP

EIP adalah "suatu sistem industri dimana terjadi pertukaran material dan energi secara terencana dan berupaya untuk menurunkan penggunaan bahan baku dan energi, menurunkan limbah, dan membangun hubungan keberlanjutan antara ekonomi, ekologi, dan sosial" (*The United States President's Council on Sustainable Development* dalam Korhonen 2001). Kata "agro" digunakan karena mayoritas industri yang beraktivitas di wilayah penelitian adalah industri agro (perikanan laut dan kelapa).

Batasan Penelitian

Penelitian ini tidak dilakukan untuk merancang desain tata letak, menghitung kebutuhan anggaran/biaya, mendesain infrastruktur, dan atau mendesain bangunan serta fasilitas pendukung *Agro-eco-industrial park*.

Model dibangun dengan menggunakan "Kawasan Agro-EIP sebagai faktor pembatas" sedangkan ketersediaan bahan baku digunakan sebagai rujukan untuk menentukan jumlah dan kapasitas produksi.

Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang di-gunakan adalah pendekatan sistem (*goal oriented*) dan merupakan penelitian studi kasus.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Bitung, Provinsi Sulawesi Utara. Pengumpulan data dimulai pada Bulan Oktober 2008 sampai dengan Juni 2009. Kompilasi, analisis dan interpretasi data serta pe-laporan dilakukan sampai dengan Januari 2010.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap. Pertama adalah analisis hubungan kontekstual antar sub-elemen tujuan dan kendala utama program. Output dari tahapan ini adalah sub-sub elemen kunci. Sub-sub elemen kunci yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai kriteria penilaian alternatif Agro-EIP prioritas. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui program pengembangan dari alternatif Agro-EIP prioritas tersebut. Tahapan penelitian selanjutnya adalah perancangan model dinamik dari Agro-EIP. Output dari tahapan ini adalah struktur Model Pengembangan Agro-EIP serta implikasi dan rekomendasi kebijakan.

Pengumpulan Data

Data yang diperoleh berupa data primer (survey pakar dan atau wawancara) dan data sekunder yang bersumber dari Bitung Dalam Angka, Sulut Dalam Angka, Laporan yang dikeluarkan oleh Satuan Kerja Pemerintah Daerah (SKPD), dan referensi terkait lainnya.

Metode Analisis

1. Kajian terhadap faktor-faktor Penentu Pengembangan Model

Analisis hubungan kontekstual dari masing-masing sub-elemen tujuan dan sub-elemen kendala utama program menggunakan Metode ISM (*Interpretive Structural Modelling*) (Marimin 2004). Komponen sub-sub elemen maupun tingkat kepentingan masing-masing sub-elemen merupakan pendapat pakar yang diperoleh melalui survei pakar (*expert survey*). Untuk keperluan analisis data, digunakan program komputer ISM VAXO. Hasil-hasil analisis yang diperoleh adalah sub-sub elemen kunci yang setelah digabung menjadi faktor-faktor penentu pengembangan Agro-EIP.

2. Kajian terhadap Alternatif Agro-EIP prioritas

Kajian terhadap Alternatif Agro-EIP prioritas dilakukan dengan menggunakan Teknik AHP (*Analytical Hierarchy Process*) (Marimin 2004). Adapun yang menjadi kriteria penentuan alternatif Agro-EIP prioritas adalah faktor-faktor penentu Pengembangan Agro-EIP yang telah

diperoleh sebelumnya (poin a). Data diperoleh dengan melakukan survey pakar. Untuk keperluan analisis, digunakan program komputer *Criterion Decision Plus*.

3. Kajian terhadap Program Pengembangan Alternatif Agro-EIP Prioritas

Kajian terhadap program pengembangan Agro-EIP prioritas dilakukan dengan menggunakan metode ISM (Marimin 2004), sama seperti pada poin (a).

4. Perancangan Model Dinamik Pengembangan Agro-EIP

Perancangan model dilakukan dengan menggunakan Program Komputer *Powersim Studio Expert 2005*. Output dari tujuan umum ini adalah program komputer "Model Pengembangan Agro-EIP" (yang disingkat: MP AGRO-EIP). Berdasarkan struktur model yang dibangun, selanjutnya dilakukan simulasi terhadap beberapa variabel dominan dari model dinamik Agro-EIP dalam kurun waktu lima belas tahun (2010-2024). Berdasarkan hasil simulasi tersebut, dilakukan analisis implikasi dan rekomendasi kebijakan.

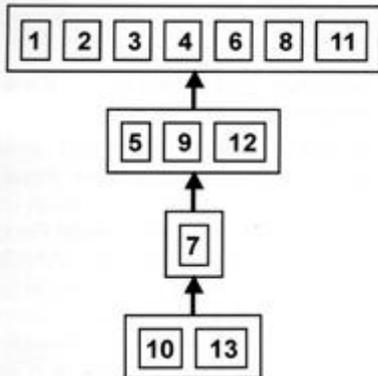
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian terhadap faktor-faktor Penentu Pengembangan Model

1. Elemen Kunci Tujuan Program

Sub-sub elemen tujuan program pengembangan Agro-EIP adalah (1) Merangsang tumbuhnya jenis usaha industri baru, (2) Meningkatkan peluang kerja (3) Meningkatkan daya saing usaha industri, (4) Meningkatkan pendapatan industri, (5) Melestarikan sumberdaya alam dan lingkungan, (6) Meningkatkan nilai tambah produk industri, (7) Menurunkan jumlah limbah industri, (8) Meningkatkan kesejahteraan masyarakat, (9) Mengupayakan keberlanjutan pasokan bahan baku, air, dan energi, (10) Membangkitkan energi listrik dari sumber terbarukan, (11) Meningkatkan hubungan yang harmonis antara industri dan masyarakat, (12) Meningkatkan efisiensi usaha dan lingkungan secara keseluruhan, dan (13) Meningkatkan kerjasama antar industri secara sukarela.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model struktural tujuan program pengembangan agro-EIP adalah seperti Gambar 1. Sesuai dengan hasil analisis maka yang menjadi sub-elemen kunci adalah (10) Membangkitkan energi listrik dengan sumber terbarukan dan (13) Meningkatkan kerja-sama antar industri secara sukarela.



Gambar 1. Model Struktural Tujuan Program

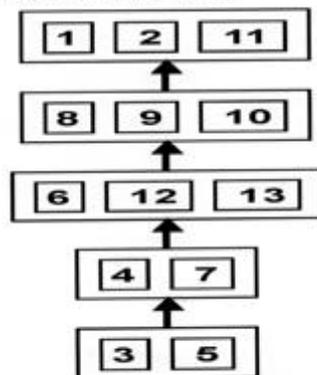
Fakta di lapangan menunjukkan bahwa pasokan listrik, termasuk bagi industri manufaktur di Kota Bitung, sudah mulai terkendala. Pasokan listrik dari PLTA biasanya berkurang secara signifikan selama musim kemarau panjang karena berkurangnya kuantitas air danau penggerak turbin. Hal ini menjadi alasan dipilihnya "membangkitkan energi listrik dengan sumber terbarukan" sebagai sub-elemen kunci. Energi listrik terbarukan di Kota Bitung dapat dibangkitkan oleh SDA angin, panas matahari, dan atau arus/gelombang laut.

Sub-elemen kunci lainnya adalah "meningkatkan kerjasama antar industri secara sukarela." Kerjasama secara sukarela sangat penting untuk menjamin bahwa kesepakatan tersebut dapat dijalankan dengan baik. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Ayres dan Ayres (2002) bahwa pencapaian kinerja lingkungan yang lebih baik bagi kawasan industri secara keseluruhan dapat dicapai dengan cara membangun kerjasama antar perusahaan secara sukarela bukan karena tekanan atau intimidasi.

2. Elemen Kunci Kendala Utama Program

Sub-sub elemen Kendala Utama dari Program Pengembangan Agro-EIP adalah: (1) Belum tersedianya instrumen pembangunan kawasan industri bagi investor, (2) Keterbatasan modal untuk mendirikan kawasan industri, (3) Kurangnya pemahaman terhadap konsep Agro-EIP, (4) Terbatasnya lahan untuk pendirian kawasan industri, (5) Rencana lokasi kawasan industri adalah lahan pertanian subur, (6) Meroketnya harga lahan bila terindikasi adanya rencana pembangunan kawasan industri, (7) Dukungan kebijakan pemerintah yang masih lemah dan cenderung tidak konsisten, (8) Kurang tersedianya tenaga kerja terampil, (9) Biaya tenaga kerja relatif mahal dibandingkan dengan di Pulau Jawa, (10) Pertumbuhan jumlah dan jenis industri baru yang relatif rendah, (11) Belum adanya jenis industri di tingkat lokal yang dapat dijadikan sebagai industri jangkar, (12) Pasokan energi listrik mulai terkendala, dan (13) Pasar di sekitar wilayah rencana kawasan industri relatif kecil.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model struktural kendala utama program pengembangan agro-EIP adalah seperti Gambar 2. Sesuai dengan hasil analisis maka yang menjadi sub-elemen kunci adalah (3) Kurangnya pemahaman terhadap konsep Agro-EIP dan (5) Rencana lokasi kawasan industri adalah lahan pertanian subur.



Gambar 2. Model Struktural Kendala Utama Program

"Kurangnya pemahaman terhadap konsep Agro-EIP" merupakan salah satu sub-elemen

kunci dari kendala utama program. Konsep ini memang baru muncul di akhir tahun 1990an, sebagai penjabaran dari konsep pembangunan berkelanjutan dan antisipasi terhadap tantangan industri abad XXI yang meliputi kendala pasokan bahan baku dan energi, meningkatnya limbah industri, serta dampak turunannya terhadap lingkungan hidup.

"Rencana lokasi kawasan industri adalah lahan pertanian subur" juga merupakan salah satu sub-elemen kunci dari kendala utama program. Fakta menunjukkan bahwa topografi Kota Bitung sebagian besar (95,82%) adalah berombak, berombak berbukit, dan bergunung. Hanya 4,18% merupakan lahan datar, yang merupakan lokasi permukiman, jasa, pelabuhan, dan industri manufaktur. Rencana lokasi kawasan industri di Kel. Tanjung Merah saat ini ditanami kelapa dan palawija dan termasuk ke dalam kategori sebagai lahan datar. Itu sebabnya, sub-elemen ini menjadi salah satu sub-elemen kunci dari kendala utama program.

3. Penentuan Model Alternatif Prioritas

Untuk menentukan model alternatif Agro-EIP prioritas dibangun struktur AHP Model Alternatif Prioritas. Fokus dari struktur tersebut adalah alternatif Agro-EIP di Kota Bitung. Kriteria penilaian adalah ke-empat faktor-faktor penentu pengembangan Agro-EIP, yaitu (1) Membangkitkan energi listrik dari sumber terbarukan, (2) Meningkatkan kerjasama antar industri secara sukarela, (3) Kurangnya pemahaman terhadap Konsep Agro-EIP, dan (4) Rencana lokasi KI adalah lahan pertanian subur.

Sedangkan yang menjadi alternatif adalah lima varian Agro-EIP, yaitu: (A) Model Agro-EIP dengan konsentrasi pada pertukaran materi dan limbah industri (merujuk pada Model Kalundborg, Denmark (Peck 1996)), (B) Model Agro-EIP yang meliputi industri manufaktur, kerjasama pertukaran materi dan limbah, penggemukan sapi, peternakan ayam, Rumah Potong Hewan (RPH), pengomposan, pembangkitan listrik sumber energi terbarukan, dan fasilitas pengolahan limbah cair (merujuk pada Fujisawa Factory EIP (Peck 1996)), (C) Model Agro-EIP dengan konsentrasi pada menyangkut teknologi pengelolaan lingkungan

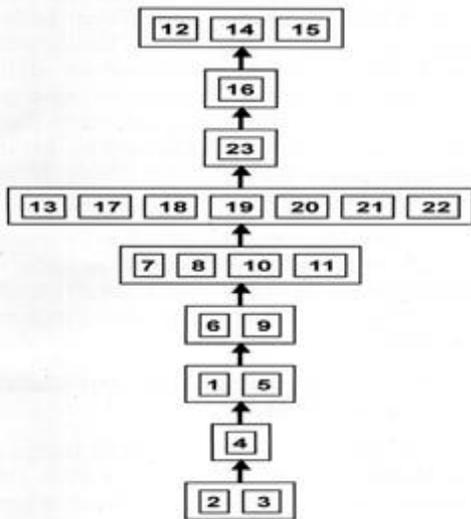
(merujuk pada Model Burnside, Nova Scotia, Kanada (Peck 1996)), (D) Model Agro-EIP dengan konsentrasi pada pemenuhan manajemen lingkungan dari kawasan industri. Persyaratan yang harus dipenuhi agar bisa menjadi tenant di kawasan industri ini sangat ketat (merujuk pada Model PALME, Perancis (Cote dan Cohen-Rosenthal 1998)), dan (E) Model Agro-EIP dengan konsentrasi pada kerjasama dalam bidang fasilitas bangunan, transportasi, serta penyimpanan dan penjualan. Di kawasan industri ini, sinergi dibangun secara efektif pada produk akhir dan siklus industri, bukan pada limbah akhir (merujuk pada Model Value Park, Dow Chemical, Jerman (Peck 1996)).

Hasil analisis dengan menggunakan *Program Decision Plus Version 3* menunjukkan bahwa Model Agro-EIP (B) merupakan alternatif model Agro-EIP prioritas yang dapat dikembangkan di Kota Bitung.

4. Program Pengembangan dari Model Alternatif Prioritas

Sub-sub elemen Program Pengembangan dari Model Alternatif Prioritas B adalah: (1) Program penyiapan dan pembebasan lahan dengan pembelian atau penyertaan sebagai pemegang saham, (2) Penyusunan master plan kawasan industri, (3) Pembentukan POKJA Pengembangan Agro-EIP, (4) Sosialisasi Agro-EIP, (5) Pendirian perusahaan pengelola kawasan industri, (6) Perumusan tata tertib kawasan industri, (7) Perumusan sistem kerjasama pertukaran materi dan limbah secara sukarela, (8) Penyiapan sistem rekrutmen tenant, (9) Penetapan pola harga kapling industri, (10) Pembangunan infrastruktur kawasan industri, (11) Pembangunan pembangkit listrik dengan sumber energi terbarukan, (12) Pembangunan pengolahan limbah cair terpusat, (13) Pembangunan fasilitas daur ulang, (14) Pembangunan fasilitas pusat penyimpanan produk, (15) Pembangunan perumahan karyawan, (16) Pembangunan klinik kesehatan, (17) Pembangunan fasilitas riset, (18) Pembangunan fasilitas perbaikan dan rekayasa, (19) Pembangunan fasilitas laboratorium pengujian, (20) Pembangunan fasilitas training, (21) Pembangunan pusat promosi dan bisnis, (22) Penyiapan sistem transportasi bersama, dan (23) Penyusunan Program CSR.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model struktural Program Pengembangan Agro-EIP adalah seperti Gambar 3. Sesuai dengan hasil analisis maka yang menjadi sub-elemen kunci adalah (2) Penyusunan master plan kawasan industri dan (3) Pembentukan POKJA pengembangan Agro-EIP.



Gambar 3. Model Struktural Program Pengembangan Model Agro-EIP Prioritas

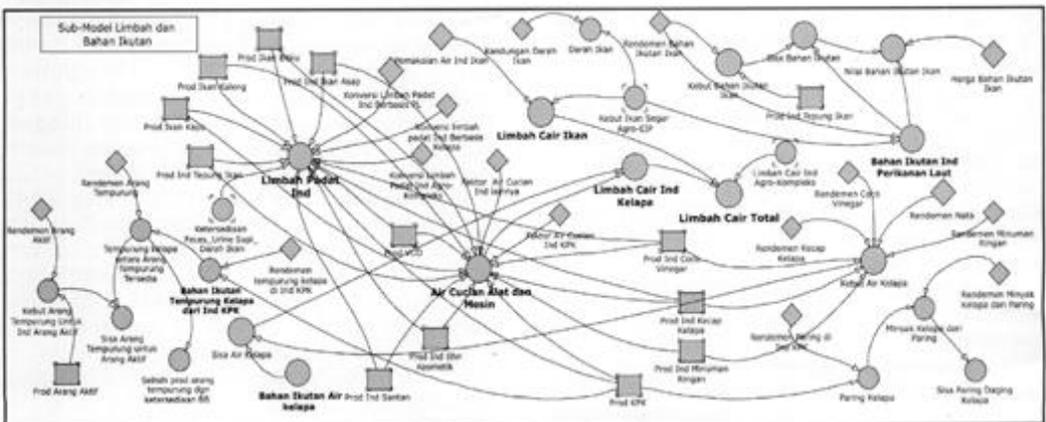
Sub-sub elemen kunci dari program pengembangan model agro-EIP, yaitu

Penyusunan master plan kawasan industri dan Pembentukan POKJA pengembangan Agro-EIP merupakan sesuatu yang logis dalam suatu pentahapan kegiatan. Secara garis besar, tahapan ini dibagi menjadi empat tahapan, yaitu: (a) program persiapan, (b) program penyediaan fasilitas pendukung, (c) program kerjasama/keterkaitan antar industri, dan (d) program pengembangan masyarakat/ keterkaitan dengan masyarakat sekitar.

Model Dinamik Pengembangan AgroEIP

1. Perancangan Model

Berdasarkan sintesis terhadap status industri manufaktur/agro yang meliputi kinerja industri agro, jenis-jenis industri agro, persepsi pemangku kepentingan terhadap aktivitas industri agro, pola keterkaitan antar industri, luasan lahan industri, pasokan bahan baku, dan model alternatif prioritas, maka disusun Model Pengembangan Agro-Eco-Industrial Park di Kota Bitung yang disingkat MP Agro-EIP. Model tersebut terdiri atas sub-sub model, yaitu: (1) Sub-model Industri Berbasis Perikanan Laut, (2) Sub-model Industri Berbasis Kelapa, (3) Sub-model Industri Agro-Kompleks, (4) Sub-model Energi Terbarukan, dan (5) Sub-Model Limbah dan Bahan Ikutan. Tujuan utama dibangunnya model adalah untuk menunjukkan potensi penurunan limbah dan peningkatan penggunaan bahan ikutan. Gambar struktur Sub-Model Limbah dan Bahan Ikutan adalah seperti berikut (Gambar 4).



Gambar 4. Struktur Sub-Model Limbah dan Bahan Ikutan

2. Simulasi Model

Hasil simulasi terhadap Sub-Model Industri Berbasis Perikanan Laut menunjukkan bahwa dengan dibangunnya 3(tiga) unit industri besar dan 14 unit industri menengah dan kecil maka kekurangan pasokan bahan baku ikan segar di Provinsi Sulawesi Utara akan menjadi ± 240.000 ton s/d 297.000 ton per tahun. Namun demikian, dari jumlah tersebut, yang dibutuhkan oleh Agro-EIP hanya $\pm 13,60$ persen.

Hasil simulasi terhadap Sub-Model Industri Berbasis Kelapa menunjukkan bahwa dengan dibangunnya 3 (tiga) unit industri besar dan 37 unit industri menengah dan kecil maka kekurangan pasokan bahan baku kelapa (setara kopra) di Provinsi Sulawesi Utara akan berkisar antara 184.724 ton s/d 269.089 ton per tahun. Seperti halnya Sub-Model Perikanan Laut, persentasi kebutuhan Agro-EIP pada jumlah tersebut hanya sekitar $\pm 3,38$ persen.

Hasil simulasi terhadap Sub-model Pembangkit Listrik Energi Terbarukan menunjukkan bahwa potensi alam, seperti tenaga angin dan tenaga surya di Kota Bitung, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik terbarukan yang ramah lingkungan. Namun demikian, beberapa kajian terakhir menunjukkan bahwa pembangkitan energi tersebut belum menguntungkan secara finansial, seperti yang dilaporkan oleh Ardana (2009) yang meneliti

Pembangkit listrik tenaga angin dan surya di Nusa Penida, Bali. Juga, Negara China yang sementara membangun pembangkit dengan kapasitas 1,5 MW per kincir angin mengalami hal yang sama (Prabowo 2009). Namun, pembangkitan listrik tersebut secara nyata menurunkan emisi Gas Rumah Kaca, seperti NO_x , CO_x , dan SO_x , yang berperan penting pada pemanasan global.

Hasil simulasi terhadap Sub-model Limbah dan Bahan Ikutan memberikan beberapa informasi penting yang terkait dengan pemanfaatan limbah dan bahan ikutan serta potensi manfaat lingkungan yang dihasilkan. Hasil simulasi terhadap Ketersediaan, Penggunaan, dan Sisa Bahan Ikutan Industri Perikanan Laut menunjukkan bahwa bahan ikutan yang dihasilkan oleh Industri Berbasis Perikanan Laut dapat memenuhi kebutuhan untuk pembuatan tepung ikan dan pakan ternak. Bahkan, di tahun 2024 ketika semua dibangun,

sisa pasokan bahan ikutan yang tidak terserap oleh industri pengguna adalah sekitar 11 ribu ton.

Hasil simulasi terhadap produksi darah ikan dan urine ternak sapi menunjukkan bahwa tingkat penggunaannya masih rendah. Hal ini dapat diatasi dengan cara meningkatkan penggunaannya pada Industri Pakan Ternak. Namun jumlah penggunaannya pada Industri Pakan Ternak sangat tergantung pada kuantitas bahan ikutan yang dihasilkan oleh industri berbasis perikanan laut dan industri berbasis kelapa. Dengan demikian, kuantitas darah dan urine yang tidak dimanfaatkan harus diolah terlebih dahulu di Pusat Pengolahan Limbah Cair sebelum dibuang ke lingkungan.

Hasil Simulasi Ketersediaan, Penggunaan, dan Sisa Bahan Ikutan Air Kelapa menunjukkan bahwa di tahun-tahun akhir dari simulasi, penggunaan bahan ikutan air kelapa dihasilkan oleh industri Kelapa Parut Kering (KPK). Namun, kekurangan pasokan ini dapat disuplai oleh industri KPK yang terletak di sekitar Agro-EIP yang belum memanfaatkan bahan ikutan air kelapa secara optimal.

Hasil simulasi terhadap ketersediaan, penggunaan, dan sisa bahan ikutan tempurung kelapa menunjukkan bahwa sejak tahun 2016, jumlah pasokan tempurung kelapa (setara arang tempurung) tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan bahan baku arang tempurung untuk industri arang aktif. Misalnya, di tahun 2024, kekurangan pasokan tempurung kelapa (setara arang tempurung) adalah sebesar 1.512 ton. Namun, kekurangan pasokan tersebut dapat diatasi dengan cara melakukan sosialisasi yang lebih luas dan intensif kepada petani kelapa tentang produksi arang tempurung. Sosialisasi yang baik yang disertai dengan jaminan pembelian terhadap arang tempurung dengan harga yang kompetitif akan meningkatkan secara signifikan pasokan arang tempurung dari petani kelapa. Di tahun-tahun terakhir ini, penggunaan arang aktif semakin luas untuk industri pertambangan, makanan, dll.

Hasil simulasi terhadap ketersediaan, penggunaan, dan sisa feces dan urine menunjukkan bahwa pasokan feces dan urine ternak untuk industri pengomposan lebih kecil dari kebutuhan dengan kisaran antara 132 ton s/d 395,3 ton per tahun.

Sisa feces dan urine ternak untuk produksi kompos menjadi positif mulai tahun 2023. Kekurangan pasokan feces dan urine tersebut dapat diadakan dengan cara mendatangkannya dari luar Agro-EIP. Pemanfaatan limbah tersebut secara signifikan akan menurunkan biaya penanganan limbah dan sekaligus meningkatkan kualitas lingkungan.

Secara keseluruhan penerapan Model Agro-EIP akan menurunkan limbah dan meningkatkan penggunaan bahan ikutan seperti yang tercantum pada Tabel 1. Hasil ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Chiu dan Yong (2004) yang mendapati bahwa penggunaan air segar maupun limbah cair industri dapat dihemat dengan biaya sistem yang minimal.

3. Implikasi dan Rekomendasi Kebijakan

Data menunjukkan bahwa saat ini industri berbasis perikanan laut di lokasi penelitian beroperasi pada level di bawah kapasitas produksi. Dengan dibangunnya kawasan industri baru di Kelurahan Tanjung Merah maka kondisi ini akan memburuk. Diperkirakan bahwa saat ini industri berbasis perikanan laut sedang beroperasi pada level 70% dari kapasitas produksi (Pajow 2009). Fakta ini tidak sejalan dengan karakteristik Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP)-714 yang meliputi perairan Laut Sulawesi dan sebelah Utara Pulau Halmahera, yang merupakan

wilayah tangkap yang kaya akan jenis ikan pelagis besar sehingga termasuk ke dalam wilayah *golden fishing ground* (Anonim 2009).

Upaya-upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan hasil tangkap perikanan laut adalah menekan aktivitas *illegal fishing* dan penegakan hukum terhadap penjualan ikan ditengah laut kepada nelayan asing. Aktivitas *illegal fishing* menyebabkan kehilangan produksi tangkapan perikanan laut yang sangat besar. Aktivitas tersebut dapat ditekan melalui penguatan sistem pengawasan oleh Angkatan Laut/Badan Koordinasi Keamanan Laut (BKKL) yang dilengkapi dengan Kapal Pemburu Cepat dan Teknologi Penginderaan Jarak Jauh untuk mendeteksi kehadiran nelayan asing yang memasuki wilayah yurisdiksi Indonesia secara tidak sah.

Penguatan sistem pengawasan terhadap *illegal fishing* juga sekaligus dapat menekan penjualan ikan di tengah laut kepada nelayan asing. Hal ini memang sulit untuk dilakukan secara kontinu mengingat luasnya laut yang harus diawasi dan terbatasnya fasilitas pengawasan. Oleh karena itu, sistem sertifikasi hasil tangkap yang akan diberlakukan oleh negara pengimport dapat menjadi peluang untuk menekan *illegal fishing* dan penjualan ikan di tengah laut, karena adanya pengaturan mengenai daerah asal ikan dalam dokumen tersebut. Disamping itu, kerjasama untuk mengatasi masalah tersebut perlu dibangun

Tabel 1. Hasil Simulasi Sub-Model Limbah dan Bahan Ikutan Model Agro-EIP

No	Komponen	Peningkatan Penggunaan bahan ikutan	Penurunan limbah cair	Ket
1	Darah ikan	-	161.950 ltr (24,96%)	-
2	Urine ternak sapi	-	161.950 ltr (6,25%)	-
3	Feces ternak sapi dan ayam	-	2.015.733 kg (94,40%)	-
4	Limbah cair total	-	12.127.500 liter (1% dari limbah cair total)	-
5	Bahan ikutan perikanan laut	24.290.500 kg (93,59%)	-	-
6	Bahan ikutan air kelapa	11.803.600 liter (93,01%)	-	-
7	Bahan ikutan tempurung kelapa	2.160.000 kg (>100%)	-	Perlu import

dengan negara-negara tetangga, seperti Philipina, Taiwan, dan Thailand. Upaya untuk mengatasi kekurangan pasokan kelapa secara signifikan dapat diatasi dengan cara mengimport kelapa dari luar Provinsi. Upaya-upaya lainnya seperti intensifikasi produksi dapat dilakukan tapi hanya akan memberikan peningkatan produksi yang tidak signifikan. Upaya ekstensifikasi usaha sulit dilakukan karena keterbatasan lahan yang dapat dikonversi menjadi perkebunan. Kontradiktif, banyak lahan perkebunan kelapa yang mengalami konversi penggunaan menjadi permukiman dan bisnis karena tuntutan kebutuhan lahan.

Karena pertimbangan kondisi pasokan bahan baku kelapa tersebut maka orientasi industri berbasis kelapa perlu diubah ke arah industri produk non-konvensional, yaitu industri yang dapat memanfaatkan produk turunan kelapa menjadi produk kesehatan atau perawatan tubuh. Produk-produk demikian dapat meningkatkan nilai tambah kelapa beberapa kali lipat. Sebagai contoh, konversi kelapa menjadi VCO memberikan peningkatan nilai tambah sampai lima kali lipat sedangkan konversi arang tempurung menjadi arang aktif memberikan peningkatan nilai tambah tiga sampai empat kali lipat (Perera 2009).

Dari hasil kajian terhadap Sub-Model Industri Agro-Kompleks diketahui bahwa Industri Peternakan Ayam dan Penggemukan Sapi menyerap pakan ternak yang mayoritas dipasok oleh industri pakan ternak yang terdapat di dalam Agro-EIP. Keterkaitan ini potensial menguntungkan kedua pihak industri karena berkurangnya biaya transportasi dan biaya sosial terhadap lingkungan karena dimanfaatkannya bahan-bahan ikutan di dalam pembuatan pakan ternak. Sebagai pembandingan, studi tentang penerapan *Eco-Industrial Networks* (konsep yang sama seperti EIP) di Vancouver, Canada memprediksi bahwa lalu lalang kendaraan untuk semua keperluan kawasan industri (angkutan produk, peralatan dan mesin, tenaga kerja, dll) akan berkurang sebesar 25% (Anonim 2002). Penurunan lalu lalang kendaraan tersebut akan meningkatkan efisiensi kawasan industri dan kualitas lingkungan secara keseluruhan. Eksistensi RPH potensial meningkatkan nilai tambah produk dan jaminan atas tingkat keamanan ternak potong serta dapat membuka peluang ekspor.

kontribusi pada pemeliharaan lingkungan karena pemanfaatannya terhadap kotoran dan urine yang dihasilkan oleh Industri Peternakan Ayam dan Industri Penggemukan Sapi serta limbah cair, yaitu darah ikan yang dihasilkan oleh Industri Berbasis Perikanan Laut. Kompos yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk pemeliharaan Ruang Terbuka Hijau dan Taman yang terdapat di dalam kawasan industri. Kelebihan pasokan kompos yang diproduksi dapat dijual kepada petani palawija atau hortikultura atau kepada rumah tangga-rumah tangga untuk budidaya dan atau pemeliharaan tanaman pekarangan. Industri pengomposan memiliki pekarangan yang cerah karena trend penggunaan pupuk organik, sebagai substitusi pupuk sintetis yang terbukti kurang ramah lingkungan.

Untuk pembangkitan listrik dengan energi terbarukan, walaupun saat ini belum menguntungkan secara ekonomi namun dalam jangka panjang, prospek pembangkit listrik tenaga angin dan surya akan menjadi lebih baik karena kelangkaan bahan bakar fosil yang akan memicu peningkatan harganya. Disamping itu, keberadaan pembangkit listrik terbarukan ini menunjukkan kepedulian terhadap kelestarian lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pembangunan Kawasan Industri dengan Model Agro-EIP dapat diwujudkan di Kota Bitung. Adapun yang menjadi komponen model tersebut adalah industri manufaktur, kerjasama pertukaran materi dan limbah, penggemukan sapi, peternakan ayam, Rumah Potong Hewan (RPH), pengomposan, pembangkitan listrik energi terbarukan, dan fasilitas pengolahan limbah cair. Hasil simulasi menunjukkan bahwa aplikasi model berpotensi menurunkan limbah industri melalui pemanfaatannya sebagai input produksi dan meningkatkan penggunaan bahan ikutan (*by-products*) industri.

Saran

Terwujudnya Kawasan Industri dan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) dapat mempermudah realisasi model. Dengan demikian, Pemerintah Daerah perlu mengalokasikan daya dan dana sehingga rencana tersebut secepatnya terealisasi. Untuk KEK, upaya konkrit perlu terus dilakukan mengingat keberhasilan terpilih

sebagai lokasi KEK dan kemudian aktivitasnya akan berkontribusi bukan hanya pada aspek ekonomi wilayah tapi juga ketahanan nasional.

Penyempurnaan terhadap bangun Model Pengembangan Agro-EIP dapat terus dilakukan sesuai dengan dinamika kondisi lapangan. Dibangunnya kawasan industri, beroperasinya aktivitas produksi, dan pelibatan tenan secara aktif dalam perumusan memberikan informasi yang semakin akurat untuk maksud tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pimpinan dan Staf Pusat Pendidikan dan Pelatihan Industri, Kementerian Perindustrian yang telah membiayai pendidikan dan penelitian Program S3 bagi penulis utama di Sekolah Pascasarjana IPB.

DAFTAR PUSTAKA

Ardana IK. 2009. Model Pengelolaan Energi Berwawasan Lingkungan di Pulau-Pulau Kecil. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana, IPB. Bogor.

Ayres RU and Ayres LW. 2002. *A Handbook of Industrial Ecology*. Cheltenham, UK. Edward Elgar.

Bitung Dalam Angka Tahun 2007. Kantor Statistik Kota Bitung.

Brundtland, GH. 1987. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. United Nations. <http://www.un-documents.net/ocf-cf.htm>

Chertow 1988. Eco-industrial park model reconsidered. *Journal of Industrial Ecology* 2 (3), 8-10.

Chiu ASF dan Yong G. 2004. On the Ecology Potential in Asian Developing Countries. *Journal of Cleaner Production* 12;1037-1045.

Cote RP and Cohen-Rosenthal E. 1998. Designing Eco-Industrial Park: a synthesis of some experiences. *Journal of Cleaner Production* 6;181-188.

Desrochers P. Winter 2001. Eco-Industrial Parks: the Case of Private Planning. *The Independence Review*, volume V, nomor 3, pp 345-371.

Dirdjojuwono RW. 2004. *Kawasan Industri Indonesia. Sebuah Konsep Perencanaan dan Aplikasinya*. Penerbit Pustaka Wirausaha Muda, Bogor.

Gibbs D. August 2003. Trust and Networking in inter-firm relations: the Case of Eco-Industrial Development. *Local Economy* vol 18, no. 3, 222-236.

Gibbs D dan Deutz P. 2005. Implementing Industrial Ecology? Planning for Eco-Industrial Park in the USA. *Geoforum* 36;452-464.

Gotlieb, R. 1995. *Reducing Toxic: A New Approach to Policy and Industrial Decision Making*. Washington, DC: Island Press.

Hardy C and Graedel TE. 2002. Industrial Ecosystems as Food Webs. *Journal of Industrial Ecology* volume 6, Number 1.

Hartrisari. 2007. Sistem Dinamik. Konsep Sistem dan Pemodelan untuk Industri dan Lingkungan. SEAMEO BIOTROP. Bogor.

[IEI] Industrial Economics, Incorporated. March 1998. Applying Decision Support Tools for Eco-Industrial Park Planning: a Case Study in Burlington, Vermont. Cambridge, MA.

Koenig A. 2005. Quo Vadis Eco-Industrial Park? How Eco-Industrial Parks are Evolving. *Journal of Industrial Ecology* volume 9, number 3.

Korhonen J. Industrial Ecology in the Strategic Sustainable Development Model: Strategic Application of Industrial Ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12 (2004), 809-823.

Kristanto P. *Ekologi Industri*. Penerbit ANDI. Yogyakarta. 2002.

Lalu X. 29 Jan 2009. Produksi Tangkap Perikanan Laut Sulut. *Harian Manado Post*.

Li, W. 2005. Managing and Facilitating Eco-Industrial Development of an Industrial Park: A Case Study of Dalian DD Port, China. [Thesis]. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.

Marimin. 2004. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Penerbit PT. Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.

Pajow H. 2009. Komunikasi Pribadi tentang Kinerja Industri Perikanan Laut dan Kelapa di Provinsi Sulawesi Utara.

Peck SW. 1996. *Industrial Ecology: From Theory to Practice*. http://newcity.ca/Pges/industrial_ecology.html. [22 Maret 2007]. This paper was originally presented at the Environmental Studies Association of Canada meeting at the 1996 Learned Societies Conference in St. Catherines, Ontario. Peraturan Pemerintah No. 24 Tahun 2009 tentang Kawasan Industri.

Perera S. 2009. Wawancara Pribadi tentang Industri Arang Aktif di Kota Bitung.

Prabowo HE. *Harian Kompas*, Sabtu, 26 Desember 2009. Energi Terbarukan Solusi bagi Masa Depan.

Sagala A., et al. 2004. *Penyusunan Rencana Pengembangan Kawasan Industri*. Penerbit BPPT Jakarta.

Tietenberg, T. 1992. *Emission Trading: An Exercise in Reforming Pollution Policy*. Washington, D.C. Research for the Future.