

MODEL STRATEGI PENGELOLAAN LIMBAH BAJA DI WILAYAH PESISIR KAWASAN INDUSTRI KRAKATAU CILEGON

Ja'far Salim¹⁾, Asep Saefuddin¹⁾, Marimin¹⁾, Etty Riani¹⁾

¹⁾Institut Pertanian Bogor

Kampus Darmaga, Bogor

j.salim@yahoo.com

Abstract

The Management of coastal region and oceanic become pre-eminent sector in developing national economy. Policy capable to shade all policies of territorial water laid of space can synergy with development and welfare his society. The aims this research are: Analyzing economic benefit value of waste management coastal region; the management of steel industrial waste pursuant to resident activity, industrial, and social impact; the determination of steel waste management with made model is of problem solving of resident sub model, coastal, and industrial waste. The methods used in this research are: remodeling in management of waste constructively SPSS15 software, method of AHP Cdplus3.0, method of ISM VAXO, and dynamic modeling. Result of this research is obtained by management of waste pursuant to resident activity is 42.846.944 souls, industrial activity is 74 industries broadly industrial area farm 1.500 ha, and social impact him is 36.662 souls. Selection priority in asphodel is obtained by result of calculation of weight importance focus variable to target variable. While the result of calculation weight important actor variable to alternative variable. The determination of parameter locks policies of steel industrial waste management for maintaining the sustainability of coastal region Krakatau Industrial Estate Cilegon. The model development as scenario in management of steel industrial waste using dynamic modeling system approach with powersim program especially for making the model with model structure at resident sub-model, coastal sub-model and industrial waste sub-model.

Keywords: Management of waste, AHP, ISM, dynamic modeling and model structure.

Pendahuluan

Pengelolaan wilayah pesisir dan kelautan menjadi sektor unggulan dalam membangun perekonomian nasional. Untuk itu diperlukan suatu kebijakan yang mampu memayungi semua kebijakan tata ruang perairan yang mampu bersinergi dengan pembangunan dan mensejahterakan masyarakatnya, khususnya Kota Cilegon. Hal ini juga, dikarenakan pendayagunaan sumberdaya kelautan sebagai basis dalam mendorong pertumbuhan dan pemerataan pembangunan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

Menurut Sjaifuddin (2007), sampai saat ini banyak teori pengembangan wilayah yang dapat dijadikan acuan dalam konteks pengelolaan lingkungan pesisir dan teluk Banten. Teori tersebut dibangun atas dasar dan tujuan yang berbeda-beda. Kelompok pertama adalah teori-teori yang memberi penekanan pada kerjasama wilayah (*regional property*). Kelompok kedua memberi penekanan pada sumberdaya alam dan lingkungan yang dinilai mempengaruhi keberlanjutan sistem produksi (*sustainable production*) atau kelompok yang peduli pada pembangunan berkelanjutan. Kelompok ketiga teori ini memberikan implikasi yang berbeda dalam fokus pengembangan wilayah. Penerapan teori ini dida-

sarkan pada masalah utama yang dihadapi masyarakat atau wilayah dengan sasaran tertentu.

Menurut Dahuri (1998), dalam pengelolaan sumberdaya alam, seperti wilayah pesisir dan lautan, langkah pertama yang harus dikerjakan oleh para perencana dan pengambil keputusan adalah menentukan batas-batas (*boundaries*) dari wilayah yang akan dikelolanya sebagai suatu satuan pengelolaan (*management unit*). Dengan mengetahui batas-batas dari suatu wilayah pesisir dan lautan sebagai satuan pengelolaan lingkungan, maka komponen-komponen beserta segenap interaksi antar komponen tersebut di dalam sistem pengelolaan lingkungan dan interaksi antar satuan wilayah pengelolaan dengan satuan wilayah pengelolaan lingkungan lainnya dapat diketahui dengan baik.

Menurut para pakar, diantaranya Brown (1997), bahwa penentuan batas-batas wilayah pesisir di dunia pada umumnya berdasarkan pada tiga kriteria berikut: (1) Garis linier secara arbiter tegak lurus terhadap garis pantai (*coastline* atau *shoreline*). Republik Rakyat Cina, misalnya, mendefinisikan wilayah pesisirnya sebagai suatu wilayah peralihan antara ekosistem darat dan lautan, ke arah darat mencakup lahan darat sejauh 15 km dari garis pantai, dan ke arah laut meliputi perairan laut sejauh 15

km dari garis pantai (Zhijie, 1990); (2) Batas-batas administrasi dan hukum. Negara bagian Washington, Amerika Serikat; Australia Selatan; dan Queensland, misalnya, batas ke arah laut dari wilayah pesisirnya adalah sejauh 3 mil laut dari garis dasar (*coastal baseline*) (Sorensen, 1990); (3) Karakteristik dan dinamika ekologis (biofisik), yakni atas dasar sebaran spasial dari karakteristik alamiah (*natural features*) atau kesatuan proses-proses ekologis (seperti aliran air sungai, migrasi biota, dan pasang surut). Contoh batas satuan pengelolaan wilayah pesisir menurut kriteria ketiga ini adalah: batasan menurut Daerah Aliran Sungai.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk: Menganalisis nilai manfaat ekonomi pengelolaan limbah di wilayah pesisir; Mengelola limbah baja berdasarkan aktivitas penduduk, industri sekitar, dan dampak sosialnya; Menentukan pengelolaan limbah baja dengan membuat submodel penyelesaian masalah meliputi submodel penduduk, pesisir laut, dan limbah industri.

Upaya-upaya yang dapat dilakukan dalam pengelolaan limbah baja saat ini yaitu meminimisasi jumlah limbah yang dihasilkan dan tersimpan di sumber penimbunan, pewadahan, pengumpulan dan lebih diutamakan pengolahan kembali untuk kebutuhan di lingkungan sendiri maupun dijual di luar lingkungan perusahaan. Oleh karena itu pengelolaan limbah harus tetap mengedepankan kelestarian wilayah dan kesejahteraan masyarakatnya. Untuk menghadapi permasalahan-permasalahan tersebut di atas, maka diperlukan model-model yang secara komprehensif dan integral dapat menyelesaikan permasalahan tersebut.

Model Keputusan dengan *Analysis Hierarchy Process*

Menurut Suryadi (2002), *analysis hierarchy process* (AHP) memfokuskan pada pencapaian *obyektif*. Penggunaan AHP menghasilkan keputusan yang *rasional*. Keputusan *rasional* adalah dimana pencapaian *obyektif* yang banyak oleh para pengambil keputusan. Kuncinya adalah fokus pada *obyektif* dari pada alternatif, kriteria atau atribut (Saaty, 1999).

Sebagai metode yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan, AHP mempunyai beberapa kelebihan: 1) mampu memecahkan masalah yang bersifat multi *obyektif* dan multi kriteria. Kebanyakan model pengambilan keputusan yang ada hanya memakai tujuan tunggal dengan multi kriteria; 2) mampu memecahkan suatu masalah yang kompleks dan tidak terstruktur ke dalam beberapa kelompok atau bagian dan menyusun semua

bagian tersebut menjadi suatu bentuk hirarki; 3) mampu memperhitungkan elemen atau kriteria kuantitatif sekaligus kualitatif, 4) memperhitungkan daya tahan atau ketahanan output analisis sensitifitas pengambil keputusan; 5) memiliki perhatian khusus terhadap penyimpangan dari konsistensi, pengukuran dan pada ketergantungan di dalam dan diantara kelompok kriteria strukturnya, atau dengan kata lain memperhitungkan *validitas* sampai batas toleransi inkonsistensi berbagai elemen dan alternatif yang dipilih oleh para pengambil keputusan. Sedangkan kelemahan dari *analysis hierarchy process* adalah subyektifitas pengambil keputusan masih merupakan pengaruh besar pada keputusan akhir.

Model Keputusan dengan *Interpretative Structural Modelling*

Menurut Marimin (2005), *interpretative structural modelling* (ISM) merupakan salah satu metodologi berbasis komputer yang membantu kelompok mengidentifikasi hubungan antara ide dan struktur tetap pada isu yang kompleks. Oleh karena itu ISM dapat menganalisis elemen-elemen sistem dan memecahkannya dalam struktur grafik dari hubungan langsung antar elemen dan tingkat hierarki. Elemen-elemen itu merupakan tujuan kebijakan, target organisasi, faktor penilaian, dan lain-lain.

Pemodelan Sistem Dinamik

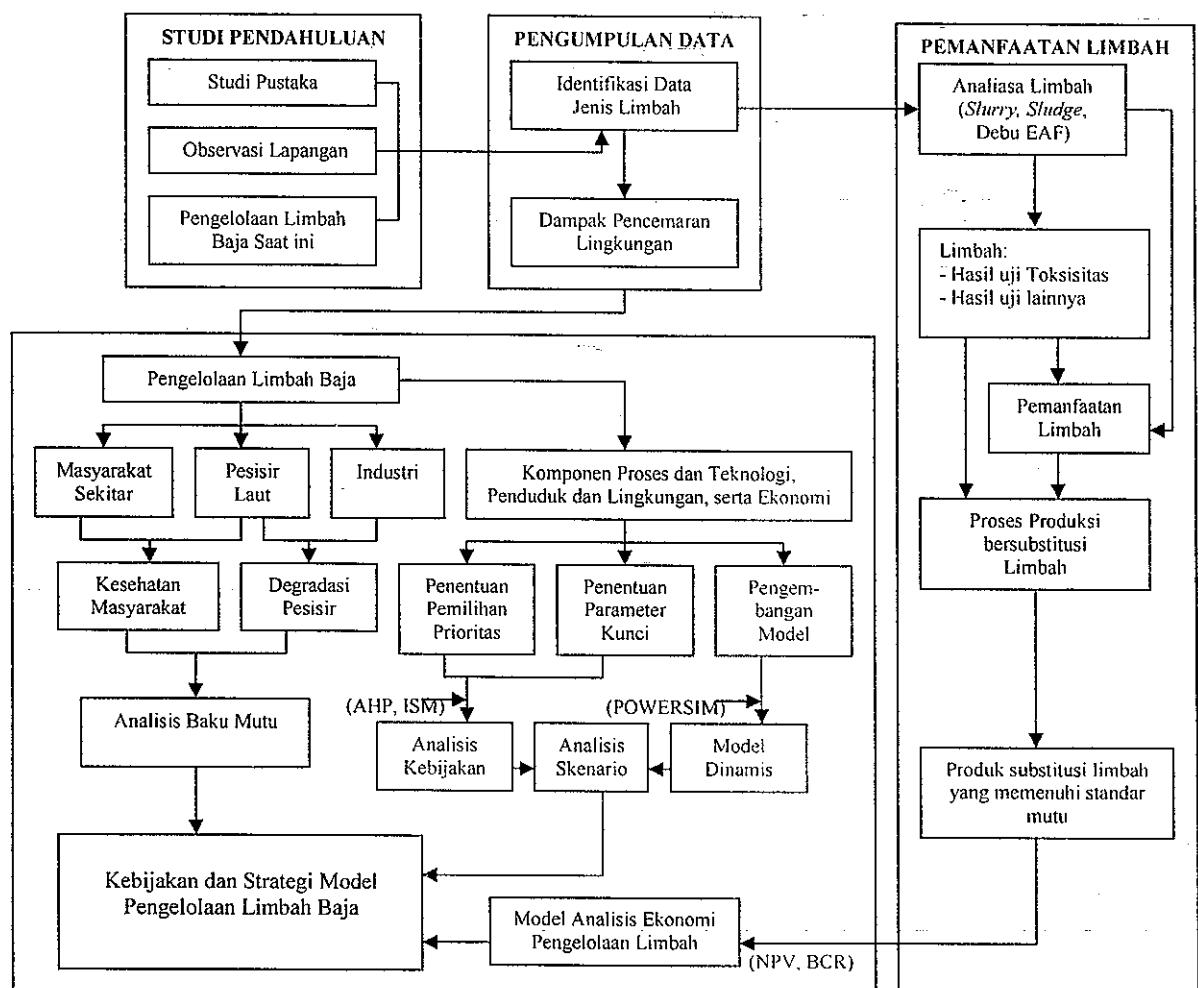
Menurut Ottosson (2003), *dynamic systems* memiliki mekanisme internal untuk selalu mengalami perubahan sepanjang waktu. *Dynamic systems* digunakan untuk mencari penjelasan tentang berbagai permasalahan jangka panjang yang terjadi secara berulang-ulang di dalam struktur internal. Mekanisme umpan balik merupakan konsep inti yang digunakan di dalam *dynamisc systems* untuk memahami struktur sistem.

Untuk melakukan simulasi dari sebuah model diperlukan perangkat lunak (*software*) yang secara cepat dapat melihat perilaku (*behavior*) dari model yang dibuat. Pada bagian ini perangkat lunak yang digunakan berupa program yang dinamakan *powersim*. Menurut Muhammadi (2001), *powersim* digunakan untuk membangun dan melakukan simulasi suatu model dinamis. Suatu model dinamis merupakan kumpulan dari variabel-variabel yang saling mempengaruhi antar satu dengan lainnya dalam suatu kurun waktu. Karena setiap variabel ber-korespondensi dengan suatu besaran yang nyata atau besaran yang dibuat sendiri. Untuk menjalankan program *powersim* ini dibuatkan terlebih dahulu diagram sebab akibat (*cause effect diagram*) dan struktur modelnya, sedangkan hasil simulasinya

berupa gambar atau grafik yang menggambarkan perilaku (*behavior*) dari sistem.

Metode Penelitian

Untuk mempermudah penyelesaian masalah dalam rangka menentukan model strategi pengelolaan limbah industri baja di wilayah pesisir kawasan industri Krakatau Cilegon diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1
Metode penelitian pengembangan model pengelolaan limbah industri baja

Model Analisis Ekonomi Pengelolaan Limbah

Model ini bertujuan untuk menentukan analisis pengelolaan limbah industri baja di wilayah pesisir kawasan industri Krakatau Cilegon. Juga model analisis ekonomi pengelolaan limbah baja digunakan untuk mengevaluasi peran lingkungan hidup di kawasan pesisir secara sinergi memberikan manfaat kepada masyarakat dan lingkungan secara berkelanjutan. Model analisis ekonomi ini dapat diukur dengan mengevaluasi manfaat nilai ekonomi lingkungan, yaitu dengan menghitung *net present value* (NPV) dan *benefit cost ratio analysis* (BCR) (Bergh, 2002).

Formulanya sebagai berikut:

$$NPV(i) = \sum_{t=0}^n B_t (1+i)^{-t} - \sum_{t=0}^n C_t (1+i)^{-t} \dots \dots \dots \quad (1)$$

Keterangan:

B_t = Total penerimaan (*benefit*) dari proyek pada periode t

C_t = Total biaya (*cost*) untuk proyek yang dikeluarkan

i = Tingkat suku bunga (*interest rate*)

$(1+i)^t$ = Faktor nilai sekarang (*present worth factors*) atau *discount factor* koreksi pengaruh waktu terhadap nilai uang pada periode t dengan *interest rate* i per-tahun

$$BCR = \sum_{t=1}^n \left(\frac{B_t / (1+i)^t}{C_t / (1+i)^t} \right) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

Prosedur untuk mengevaluasi penentuan pengelolaan limbah baja di wilayah pesisir dan laut didasarkan pada nilai BCR tertinggi.

Pemodelan dalam Pengelolaan Limbah

Membangun suatu model dilakukan dengan tujuan untuk melihat perilaku sistem dalam membantu perencanaan strategi dan kebijakan pengolahan limbah industri baja di wilayah pesisir di Kawasan Industri Krakatau Cilegon. Perumusan pemodelan ini dilakukan berdasarkan kondisi faktual hasil studi yang dikombinasikan dengan konsep teoritis dari berbagai kepustakaan. Sedangkan untuk merumuskan model tersebut, maka dibangun sub-sub model sebagai berikut:

Submodel Penduduk

Untuk membuat submodel penduduk perlu dirumuskan bahwa Pertambahan penduduk mengikuti suatu fungsi dari jumlah angka kelahiran, angka kematian, dan urbanisasi. Penduduk pada suatu waktu (P_{t_i}) (jiwa) ditentukan oleh jumlah populasi penduduk saat ini (P_{t_0}) (jiwa), jumlah kelahiran (Kel) (%), jumlah urbanisasi (Urb) (%), dan jumlah Kematian (Kem)(%), dapat dirumuskan:

$$P_{t_i} = P_{t_0} + P_{t_0} (Kem + Urb - Kem) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$JLP_{t_i} = P_{t_i} * FLP \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

Jumlah limbah penduduk (JLP_{t_i}) (ton/tahun) suatu waktu dipengaruhi oleh jumlah penduduk (P_{t_i}) (jiwa) dan Fraksi limbah penduduk (FLP) (%).

Submodel Industri

Untuk menyusun submodel industri perlu dirumuskan bahwa Jumlah beban limbah industri (L_i) (ton/tahun) dipengaruhi oleh Jumlah industri pada waktu t_i (Jlt_i), Jumlah industri awal (Jlt_0), Fraksi pembangunan industri (FPI) (%), Luas lahan kawasan (LK) (ha), Fraksi limbah industri (Fl_i) (%). Dengan asumsi untuk setiap industri membutuhkan satu hektar lahan, dapat dirumuskan:

$$Jlt_i = Jlt_0 (1 + FPI) / LK \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$L_i = Jlt_i * Fl_i \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

Submodel Pengolah Limbah

Untuk menyusun submodel pengolah limbah perlu dirumuskan bahwa Jumlah limbah (JL) (ton/tahun) yang masuk ke pesisir pantai dipengaruhi oleh beban limbah (BL) (ton/tahun) bersumber

dari industri baja dan kapasitas instalasi pengolahan limbah (Kipal) (ton/tahun), dapat dirumuskan:

$$JL = BL - Kipal \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

Pengolahan limbah yaitu upaya untuk mengurangi beban limbah hingga memenuhi baku mutu.

Submodel Dampak Sosial

Untuk menyusun submodel dampak sosial pada model pengelolaan limbah baja dapat dilakukan dengan model statistik (*multivariate analysis/s*). Model analisis multivariat, menurut Hair (1998) dan Supranto (2004) dapat dilakukan salah satunya adalah menggunakan analisis faktor, yaitu:

$$X_i = B_{i1} F_1 + B_{i2} F_2 + \dots + B_{ij} F_j + \dots + B_{im} F_m + V_i \mu_i \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

Keterangan:

X_i : Variabel ke i yang dibakukan (dampak sosial)

B_{ij} : Koefesien regresi parsial yang dibakukan untuk variabel i pada *common factor* ke j .

F_j : *Common factor* ke j (kesehatan masyarakat, pencemaran lingkungan, lapangan kerja, dan sebagainya)

V_i : Koefisien regresi yang dibakukan untuk variabel ke i pada faktor yang unik ke i (*unique factor*).

μ_i : faktor yang unik ke i

m : Banyaknya *common factor*

Model Analisis Pengelolaan Limbah

Analisis kebijakan model pengelolaan limbah industri baja untuk menentukan pemilihan prioritas menggunakan model AHP *Cdplus3.0*, dan untuk menentukan parameter kunci menggunakan metode ISM VAXO (Marimin, 2005), serta melakukan pengembangan dengan pemodelan sistem (program *powersim*) (Ottosson, 2003).

Menurut Handoko (2005), untuk mengembangkan kebutuhan model tersebut diperlukan model dinamik (*dinamic modeling*) yang dilakukan bertujuan untuk melihat perilaku sistem dalam membantu penyusunan model, seperti model pengelolaan limbah industri baja di wilayah pesisir Kawasan Industri Krakatau Cilegon.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Eksisting Kawasan Industri

Kondisi eksisting Kawasan Industri PT. Krakatau Steel memiliki luas lahan ± 1.500 ha dan Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon yang dielola oleh PT. KIEC sebuah anak perusahaan PT. Krakatau Steel mengelola luas lahan ± 2.000 ha dengan total luas lahan ± 3.500 ha. Jumlah limbah baja yang dihasilkan/tahun mencapai 43.456 ton.

Analisis kelayakan pengelolaan limbah memperlihatkan bahwa pada analisis *net present value*

(NPV) dan *benefit cost ratio* (BCR) dengan tujuan agar semua investasi, pengeluaran dan penerimaan dalam pengelolaan limbah baja yang berbentuk *cash flow* untuk periode waktu tertentu sampai ekonomis proyek dan nilai suatu proyek diubah ke dalam nilai sekarang. Hal ini berarti bahwa investasi menguntungkan. Adapun estimasi *benefit* dan *cost* dan matriks awal penilaian terhadap pengelolaan limbah industri baja di Kawasan Industri Krakatau Cilegon selengkapnya tertera pada Tabel 1.

Tabel 1
Estimasi NPV dan BCR pada pengelolaan
limbah industri baja

No.	Pengelolaan Limbah	NPV (USD)	BCR
1.	Debu EAF BSP	10,915,180	3,6
2.	Debu EAF SSP1	20,695,574	3,6
3.	Debu EAF SSP2	17,065,852	3,6
4.	Sludge DR	4,582,612	3,7
5.	Sludge WRM		3,7
6.	Slurry CRM	2,271,962	3,7
		21,279,605	

Berdasarkan Tabel 1 di atas, maka dapat ditentukan peringkat terbaik (1) adalah terletak pada limbah *slurry CRM* dengan nilai NPV sebesar 21,279,605 USD dan nilai BCR sebesar 3,7 atau dari hasil perhitungan kelayakan pengelolaan limbah diperoleh penilaian investasi analisis *net present value* dengan total nilai sebesar 1.885.022 USD dan *benefit cost ratio* dengan nilai rasio > 3, yang berarti investasi menguntungkan.

Pengelolaan Limbah Berdasarkan Aktivitas Penduduk

Penduduk merupakan bagian terpenting di dalam pengelolaan limbah industri baik langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, Kota Cilegon pada tahun 2007 memiliki jumlah penduduk sebanyak 339.716 jiwa. Dengan komposisi 176.276 jiwa laki-laki dan 163.440 jiwa perempuan, dengan laju pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 2,32 % per-tahun dan tingkat kepadatan mencapai 1.936 jiwa/km². Selain itu, data Dinas Kesehatan Kota Cilegon diperoleh rata-rata angka kelahiran penduduk sebanyak 1,85 % per-tahun dan angka kematian penduduk sebesar 1,15 % per-tahun dari jumlah penduduk, dan angka urbanisasi penduduk 0,90 % per-tahun jumlah penduduk.

Dengan kondisi penduduk tersebut di atas, maka untuk menyusun submodel penduduk dilakukan dengan menggunakan batuan program SPSS 15, untuk mengetahui beban pencemaran limbah yang berasal dari aktivitas penduduk pada suatu

waktu ditentukan oleh jumlah populasi penduduk saat ini, persentase jumlah angka kelahiran, persentase jumlah urbanisasi, dan persentase jumlah angka kematian, maka aktivitas jumlah penduduk Kota Cilegon adalah 42.846.944 jiwa (dari persamaan 3). Sedangkan jumlah limbah penduduk ton/tahun pada suatu waktu dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan persentase fraksi penduduk (dari persamaan 4) adalah 994,05 ton/tahun.

Pengelolaan Limbah Berdasarkan Aktivitas Industri

Di dalam menentukan submodel industri ditentukan berdasarkan hubungan antara luas areal kawasan industri Cilegon dengan pertumbuhan industri, dimana pengelolaannya ditangani oleh satu perusahaan yaitu PT. KIEC. Pertumbuhan dan perkembangan industri di Kota Cilegon setiap tahun selalu bertambah hingga saat ini, baik industri menengah maupun industri berat sebanyak 85 perusahaan swasta ditambah dengan industri yang bergerak pada kelompok industri Krakatau Steel Grup di Kawasan Industri Krakatau Cilegon.

Untuk penyusunan submodel industri untuk menentukan Jumlah beban limbah industri (L_i) (ton/tahun) dipengaruhi oleh Jumlah industri pada waktu t_i (J_{It_i}), Jumlah industri awal (J_{It_0}) sebanyak 16 pabrik/perusahaan, Fraksi pembangunan industri (FPI) sebesar 462,5 %, Luas lahan kawasan (LK) seluas 1.500 ha, Fraksi limbah industri (F_l) sebesar 15 %. Dari persamaan 3 dan 4 submodel industri, maka diperoleh jumlah industri pada waktu ke t_i adalah 74 pabrik/perusahaan/1.500 ha. Sehingga dapat dihitung dan diperoleh Jumlah beban limbah industri adalah 11,1 ton/tahun untuk 74 industri/pabrik dengan luas lahan kawasan pabrik 1.500 ha.

Untuk menyusun submodel pengolah limbah perlu diketahui bahwa jumlah limbah (JL) (ton/tahun) yang masuk ke pesisir pantai dipengaruhi oleh beban limbah sebesar 11,1 ton/tahun bersumber dari industri baja dan kapasitas instalasi pengolahan limbah yaitu 95 % dari beban limbah. Sehingga submodel pengolah limbah (persamaan 7), dapat diperoleh bahwa jumlah limbah yang masuk ke pesisir laut adalah $(11,1 - (0,95 \times 11,1))$ ton/tahun adalah 0,56 ton/tahun.

Pengelolaan Limbah Berdasarkan Dampak Sosial

Untuk menyusun submodel dampak sosial pada model pengelolaan limbah baja ini dapat dilakukan dengan bantuan *software SPSS15*. Dampak sosial pada pengelolaan limbah industri baja meliputi variabel kesehatan masyarakat, variabel lapangan kerja, dan variabel pencemaran lingkungan (data tersedia pada lampiran). Hasil analisis sub-

model dampak sosial (persamaan 8) menggunakan model statistik multivariate (regresi) dengan bantuan *software SPSS15* dapat diketahui koefisien (0,36) kesehatan masyarakat + (0,04) lapangan kerja. Hasil selengkapnya submodel dampak sosial model pengelolaan limbah baja sebagai upaya untuk mempertahankan kelestarian wilayah pesisir di kawasan industri Krakatau Cilegon ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2
Dampak sosial model pengelolaan limbah

Periode	Kesehatan Masyarakat (orang)	Lapangan Kerja (orang)	Dampak Sosial (orang)
1	2487	564	3052
2	2488	564	3053
3	2489	564	3054
4	2480	564	3044
5	2484	569	3053
6	2441	569	3010
7	2480	569	3049
8	2484	569	3053
9	2489	570	3059
10	2488	570	3058
11	2516	570	3086
12	2521	570	3091
Total	29847	6812	36662

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat diketahui pengaruh kesehatan masyarakat dan lapangan kerja di Kota Cilegon terhadap dampak sosial dalam model pengelolaan limbah baja sebanyak 36.662 orang, hal ini berarti faktor kesehatan masyarakat sebanyak 29.847 orang dan faktor lapangan kerja sebanyak 6.812 orang dapat mempengaruhi dampak sosial di Kota Cilegon sebanyak 36.662 orang.

Penentuan Pemilihan Prioritas

Analisis penentuan pemilihan prioritas dengan model AHP *Cdplus3.0* dari pendapat para pakar lingkungan diperoleh hasil perhitungan bobot kepentingan variabel fokus terhadap variabel tujuan adalah 0,325, 0,214, 0,201, 0,119, 0,084, dan 0,056 dengan *consistency ratio* = 0,099 atau urutan tingkat kepentingannya adalah (1) pemanfaatan limbah

kembali, (2) minimalisasi limbah, (3) pencegahan pencemaran pesisir, (4) pencegahan pencemaran terhadap masyarakat masyarakat, (5) upaya mempertahankan kelestarian wilayah pesisir, dan (6) kebijakan pengelolaan limbah berwawasan lingkungan dan berkelanjutan. Selanjutnya hasil pengumpulan pendapat pakar dapat dilakukan dengan menggunakan model AHP *Cdplus3.0*. Penjaringan pendapat pakar tentang perbandingan tingkat kepentingan diperoleh bobot masing-masing variabel alternatif sesuai dengan acuan yang menjadi variabel aktor pengelolaan limbah industri baja ini. Hasil pengolahan selengkapnya dapat ditunjukkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 tersebut, menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut memiliki konsistensi positif, antara variabel aktor terhadap variabel alternatif pada pengelolaan limbah industri baja ini. Juga dilakukan pengolahan data hasil pengumpulan pendapat pakar tentang perbandingan berpasangan antara variabel aktor dengan variabel alternatif. Pada tahapan ini, juga dilakukan perhitungan bobot untuk setiap faktor yang mengacu pada masing-masing variabel aktor terhadap variabel alternatif. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan model AHP *Cdplus3.0*, maka dapat diketahui bobot masing-masing faktor yang mengacu dari variabel aktor terhadap masing-masing variabel alternatif.

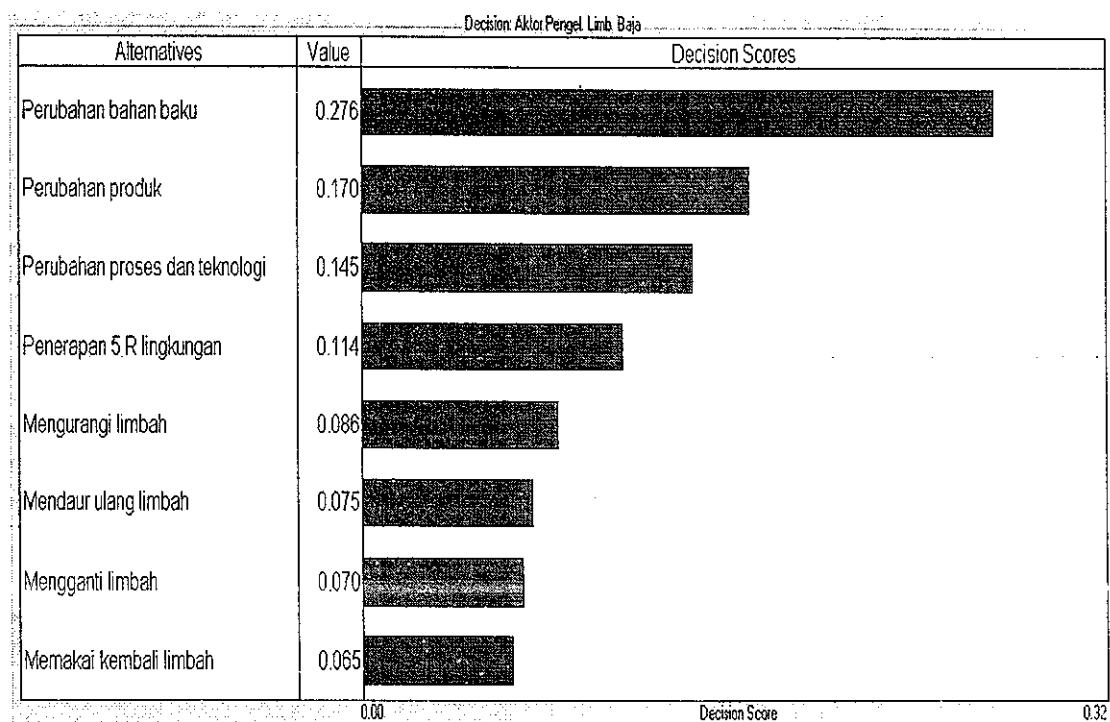
Berdasarkan hasil pengolahan pendapat pakar yang menggunakan berupa hasil perhitungan bobot kepentingan variabel aktor yaitu: pemerintah daerah, Industri penghasil baja, Divisi K3LH PT. Krakatau Steel, Masyarakat sekitar, lembaga swadaya masyarakat, dan para peneliti/pakar terhadap variabel alternatif dalam pengelolaan limbah industri baja ini, secara berturut-turut adalah bobotnya: 0,276, 0,170, 0,145, 0,114, 0,086, 0,075, 0,070, 0,065. Apabila diurutkan berdasarkan tingkat kepentingan masing-masing alternatif, maka urutannya adalah (1) perubahan bahan baku, (2) perubahan produk, (3) perubahan proses dan teknologi, (4) penerapan 5 R lingkungan, (5) mengurangi limbah, (6) mendaur ulang limbah, (7) mengganti limbah, (8) memakai kembali limbah. Gambar 2 menunjukkan peringkat bobot kepentingan antar variabel.

Penentuan Parameter Kunci

Hasil analisis penentuan parameter kunci kebijakan pengelolaan limbah industri baja di wilayah pesisir di Kawasan Industri Krakatau Cilegon dengan metode ISM VAXO yang diperoleh dari jawaban para pakar lingkungan berdasarkan 20 butir pertanyaan/pernyataan, kemudian diambil 10 parameter kunci. Adapun hasil pengolahan ISM VAXO dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 3
Hasil perhitungan bobot kepentingan variabel aktor terhadap variable alternatif

Alternatif	Aktor	Lembaga Swadaya Masyarakat	Masyarakat Sekitar	Divisi K3LH PT. KS	Industri Penghasil Baja	Peneliti/Pakar	Pemerintah Daerah
Perubahan Bahan Baku	Bahan	0.295	0.283	0.297	0.252	0.223	0.306
Perubahan proses dan Teknologi		0.142	0.187	0.127	0.114	0.159	0.139
Perubahan Prosuk		0.160	0.130	0.169	0.203	0.195	0.161
Penerapan 5 R Lingkungan		0.111	0.115	0.125	0.091	0.141	0.100
Mengurangi Limbah		0.074	0.098	0.117	0.095	0.052	0.078
Memakai Kembali Limbah		0.068	0.053	0.059	0.091	0.058	0.062
Mendaur Ulang Limbah		0.077	0.067	0.060	0.096	0.078	0.069
Mengganti Limbah		0.073	0.067	0.045	0.058	0.093	0.086
Consistency		0,094	0,099	0,093	0,093	0,090	0,080



Gambar 2
Peringkat bobot tingkat kepentingan variabel aktor terhadap variabel alternatif

Tabel 4
Sub Elemen Pendapat Pakar

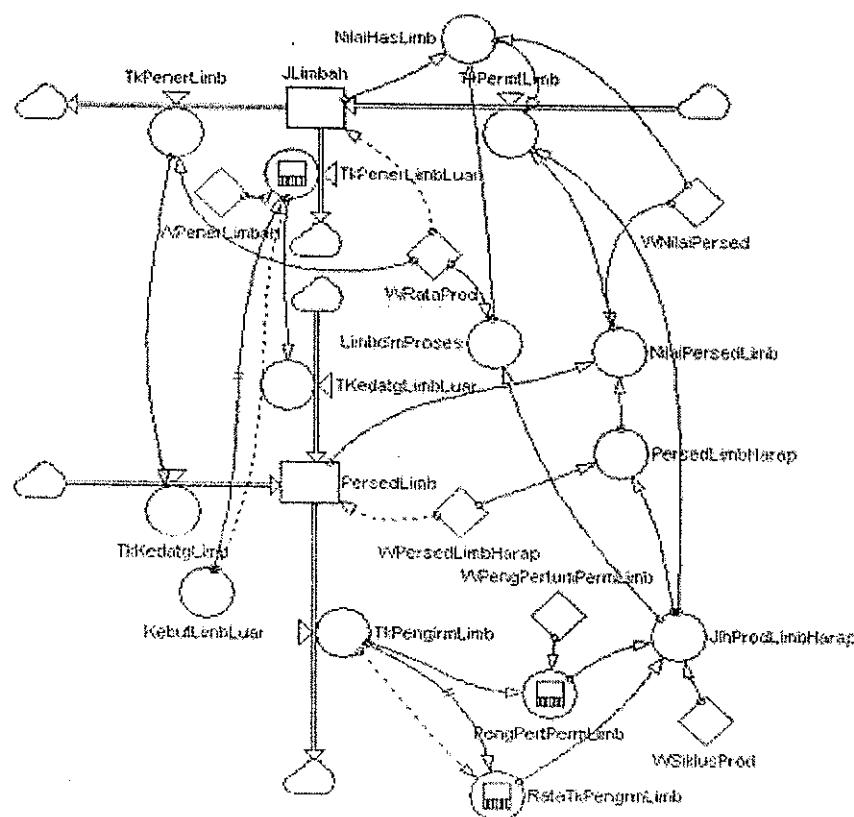
No.	Sub Elemen	
1	Pabrik baja	3, 4
2	Area penyimpanan limbah	5
3	Pembangunan area limbah yang jauh dari pemukiman	8
4	Pengolahan yang dapat dipertanggungjawabkan	7
5	Jaringan pembuatan <i>waste water</i>	6
6	Kecepatan waktu pengolahan limbah	10
7	Membangun prasarana pengolahan limbah yang aman	9
8	Penerapan 3 R (<i>Reuse, Recycling, Recovery</i>)	2
9	Studi pemanfaatan limbah	1
10	Mendatangkan pakar	6

Gambar 3
Grafik hasil analisis penentuan parameter kunci (ISM VAXO)

Pengembangan Model Pengelolaan Limbah

Hasil pengembangan model pengelolaan limbah dirancang dengan struktur model keterluruhan meliputi sub model penduduk, sub model

pesisir laut, dan sub model limbah industri. Sub model limbah industri merupakan salah satu contoh hasil rancang bangun strukur model yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4
Struktur model pada sub model limbah industri

Berdasarkan Gambar 4 tersebut di atas, struktur model pada sub model limbah industri memperlihatkan pola rancang bangun suatu model untuk melihat variabel-variabel yang saling mempengaruhi dalam pengelolaan limbah baja untuk periode tertentu limbah menjadi berkurang atau dimanfaatkan kembali untuk produk sejenis atau tidak sejenis.

Kesimpulan

1. Penilaian manfaat ekonomi wilayah pesisir dapat diketahui dengan melakukan kelayakan pengelolaan limbah melalui pengukuran hasil penilaian investasi analisis *net present value* dengan total nilai sebesar 1.885.022USD dan *benefit cost ratio* dengan nilai rasio > 3 berarti investasi menguntungkan.
2. Strategi pengelolaan lingkungan dapat dilakukan bersamaan dengan pengelolaan limbah berdasarkan aktivitas penduduk sebanyak 42.846.944 jiwa, aktivitas industri sebanyak 74 industri dengan luas lahan kawasan industri 1.500 ha., dan nilai dampak sosialnya pada model strategi pengelolaan limbah baja sebanyak 36.662 jiwa.
3. Pemilihan prioritas variabel alternatif pada strategi pengelolaan limbah baja adalah mencegah timbulnya limbah. Untuk itu parameter kunci yang harus diperhatikan yakni pabrik baja, area penyimpanan limbah, pembangunan area limbah yang jauh dari pemukiman, pengolahan yang dapat dipertanggungjawabkan, jarangan pembuatan *waste water*, kecepatan waktu olahan limbah, membangun prasarana pengolahan limbah yang aman, penerapan 3 R (*reuse, recycling, recovery*), studi pemanfaatan limbah, dan mendatangkan pakar, dengan rancang bangun pada struktur model yang terdiri dari sub model penduduk, sub model pesisir laut, dan Sub model limbah industri.

Daftar Pustaka

- Bergh J and CJM Ven Den, "Hanbook of Environmental and Resaource Economics", MPG Books Ltd. Bodmin, Cornwall, 2002.
- Brown, B.E, "Integrated Coastal Management", South Asia, University of Newcastle Upon Tyne, United Kingdom, 1997.
- Dahuri, R, "Kebutuhan Riset untuk Mendukung Implementasi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir

dan Lautan Secara Terpadu", Jurnal Pesisir dan Lautan: Indonesian Journal of Coastal and Marine Resources, Vol. 1 No. 2 1998. IPB. Bogor, 1998.

Hair JF, RE Anderson, RL Tatham and WC Black, "Multivariate Data Analysis", Prentice-Hall International, Inc. USA, 1998.

Handoko I, "Quantitative Modeling of System Dynamic for Natural Resources Management", SEAMEO BIOTROP. Bogor, 2005.

Marimin, "Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk", PT. Gramedia, Jakarta, 2005.

Muhammad, E Aminullah, dan B Susilo, "Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi", Manajemen, Penerbit UMJ, Jakarta, 2001.

Ottosson S. and E. Bjorg, "Research on Dynamic Systems-Some Considerations", Technovation 24: 863 – 869, 2003.

Saaty TL, "Fundamental of Decision Making The Analytic Hierarchy Process and Priority Theory", Vol. VI. RWS Publication, 1999.

Sjaifuddin, "Pengelolaan Lingkungan Wilayah Pesisir dan Laut Teluk Banten", Jurnal Ilmu Perikanan dan Budidaya Perikanan. Vol. 4 No.1, 2007.

Sorensen, J. C. and Mc.Creary, "Coast: Institutional Arrangements for Managing Coastal Resources", University of California of Barkeley, USA, 1990.

Supranto J, "Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi", Penerbit Rineka Cipta, Jakarta, 2004.

Suryadi K dan Ramdhani, "Sistem Pendukung Keputusan: Suatu Wacana Struktural Idealisasi dan Implementasi Konsep Pengambilan Keputusan", PT. Remaja Rosdakarya, Bandung, 2002.

Zhijie, F. and R. P. Cote, "Coastal Zone of Peoples Republic of China: Management Approaches and Institutions", Marine Policy, China, 1990.