

# Jurnal Penelitian

## Ilmu-ilmu Sosial dan Eksakta

- **ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN CERAKEN (*Croton-Tigillum*) SEBAGAI LARVASIDA PENCEGAH DEMAM BERDARAH DENGUE**  
Oleh : Agus Rochmat, Nuryoto dan Rusnato : Fakultas Teknik Untirta
- **PENINGKATAN DAYA TAHAN SATE BANDENG MELALUI TEKNIK PENGAWETAN ENSILING DAN ASAP CAIR**  
Oleh : Mohamad Ana Syabana, Tubagus Bahtiar Rusban : Fakultas Pertanian Untirta
- **STUDI TENTANG KEBERHASILAN PENDIDIKAN ANAK USIA DINI BERBASIS MASYARAKAT BERDASARKAN PERSEPSI ORANG TUA**  
Oleh : Atin Fatimah, Tatuk Hilaliyah : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Untirta
- **IKLAN DAN PERILAKU KONSUMTIF ANAK-ANAK (Studi Kasus Siswa SD 13 Serang)**  
Oleh : Neka Fitriyah dan Yoki Yusanto : Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Untirta
- **IMPLEMENTASI UNDANG-UNDANG TENAGA KERJA NO. 13 TAHUN 2003 TERHADAP PEMENUHAN HAK-HAK PEKERJA PEREMPUAN (Penelitian pada Pekerja Perempuan di Perusahaan Sepatu Di Kabupaten Serang)**  
Oleh: Rita Rosiana dan Wulan Retnowati : Fakultas Ekonomi Untirta
- **IDENTIFIKASI PRODUK UNGGULAN DAERAH SEBAGAI UPAYA PERLINDUNGAN INDIKASI GEOGRAFIS (GEOGRAPHICAL INDICATIONS) DI PROVINSI BANTEN**  
Oleh : Inge Dwisvimi dan H. Mohammad Fashehudin : Fakultas Hukum Untirta
- **MODEL PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI BAJA SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMPERTAHANKAN KELESTARIAN WILAYAH PESISIR KAWASAN INDUSTRI KRAKATAU CILEGON** (Model of Steel Industrial Waste Management for Maintaining The Sustainability of Coastal Region Krakatau Industrial Estate Cilegon)  
Oleh : Jafar Salim1), Asep Saefuddin2), Marimin3), Etty Riani4) 1)Mhs Prog. Doktor PS PSL IPB, 2)Dosen FMIPA IPB, 3)Dosen Fateta IPB, 4)Dosen FPIK IPB



**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

## **DAFTAR ISI**

PENGANTAR PENYUNTING .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA BIOAKTIF TANAMAN CERAKEN ( <i>Croton-tiglumL</i> ) SEBAGAI LARVASIDA PENCEGAH DEMAM BERDARAH DENGUE Oleh : Agus Rochmat, Nuryoto dan Rusnato ; Fakultas Teknik Untirta .....	1
PENINGKATAN DAYA TAHAN SATE BANDENG MELALUI TEKNIK PENGAWETAN ENSILING DAN ASAP CAIR Oleh : Mohamad Ana Syabana, Tubagus Bahtiar Rusban ; Fakultas Pertanian Untirta .....	6
PENGARUH PERUBAHAN UNDANG-UNDANG NOMOR 22 TAHUN 1999 KE UNDANG-UNDANG NOMOR 32 TAHUN 2004 TENTANG PEMERINTAHAN DAERAH TERHADAP FUNGSI LEGISLASI DI DPRD KOTA CILEGON Oleh : Anom Wahyu Asmorojati dan Eva Johan ; Fakultas Hukum Untirta .....	10
PERANCANGAN SISTEM PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN LEAN SIGMA Oleh : Asep Ridwan, Ratna Ekawati ; Fakultas Teknik Untirta .....	13
STUDI TENTANG KEBERHASILAN PENDIDIKAN ANAK USIA DINI BERBASIS MASYARAKAT BERDASARKAN PERSEPSI ORANG TUA Oleh : Atin Fatimah, Tatu Hilaliyah ; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Untirta .....	16
PENGARUH PENGOLAHAN TANAH DAN PEMBERIAN PUPUK ORGANIK TERHADAP SIFAT FISIK TANAH ULTISOL BANTEN Oleh: Dewi Firnia, Fitria Riany Eris, Imas Rohmawati ; Fakultas Pertanian Untirta .....	19
HUBUNGAN KEMITRAAN ANTARA PETANI KACANG TANAH DAN PT. BUMI MEKAR TANI KECAMATAN CIKEUSAL KABUPATEN SERANG PROVINSI BANTEN Oleh : Dian Anggraeni dan Setiawan Sariyoga ; Fakultas Pertanian Untirta .....	24
ANALISIS SISTEM PENGENDALIAN DAN PERSEDIAAN KEDELAI DI PRIMER KOPERASI TAHU TEMPE INDONESIA (PRIMKOPI) KECAMATAN KRAMATWATU KABUPATEN SERANG Oleh: Meutia, Aris Supriyo dan Asih Mulyaningsih ; Fakultas Pertanian Untirta .....	28
STUDENTS' DIFFICULTIES IN WRITING ENGLISH RESEARCH PROPOSAL AT ENGLISH STUDY PROGRAM OF FKIP-UNTIRTA By : Ika Handayani, Sri Widiastuti and Siti Hikmah ; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Untirta ...	31
ANALISIS STRUKTUR TENAGA KERJA WANITA SEBELUM DAN SESUDAH KRISIS DI INDONESIA Oleh : Deswita Herlina dan Rita Rosiana ; Fakultas Ekonomi Untirta .....	34
ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEPUTUSAN PEMBELIAN KONSUMEN Studi Kasus pada Konsumen Tas Elizabeth di Serang Banten Oleh : Gerry Ganika, Ika Utami Widyaningsih, Nana Novianti ; Fakultas Ekonomi Untirta .....	37
KORELASI KETERAMPILAN KOOPERATIF DAN PRESTASI BELAJAR MAHASISWA MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE TPS (Think-Pair-Square) PADA MATA KULIAH TUMBUHAN NONVASKULER Oleh : Siti Romlah Noer Hodijah, A. Syachruroji dan Evi Amelia ; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Untirta .....	41

<b>KEWENANGAN GUBERNUR DALAM MEMBATALKAN PERATURAN DAERAH KABUPATEN/KOTA DIKAITKAN DENGAN PASAL 145 UU TAHUN 2004 TENTANG PEMERINTAHAN DAERAH</b>	.....	45
Oleh : Lili Suryanti, Lia Riesta Dewi dan Mirdedi ; Fakultas Hukum Untirta .....		
<b>INDEKS KEPUASAN MAHASISWA UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA TAHUN 2008</b>	.....	
Oleh : Maulana Yusuf, Kandung Sapto Nugroho dan Yeni Widystuti ; Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Untirta .....		47
<b>PENGARUH SISTEM PENGUKURAN KINERJA TERHADAP KEJELASAN PERAN, PEMBERDAYAAN PSIKOLOGIS DAN KINERJA MANAJERIAL (Penelitian terhadap Manajer Perusahaan Manufaktur di Banten)</b>	.....	
Oleh : Munawar Muchlish dan Lili Sugeng Wiyantoro ; Fakultas Ekonomi Untirta .....		51
<b>IKLAN DAN PERILAKU KONSUMTIF ANAK-ANAK (Studi Kasus Siswa SD 13 Serang)</b>	.....	
Oleh : Neka Fitriyah dan Yoki Yusanto ; Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Untirta .....		54
<b>OBSERVASI PENGARUH AIR TERMAGNETISASI SISTEM DIPOL TERHADAP PERTUMBUHAN KECAMBAH KACANG HIJAU (Vigna radiata Linn.)</b>	.....	
Oleh : Najmi Firdaus, Yuhelsa Putra dan Imas Rohmawati ; Fakultas Keguruan dan Ilmu pendidikan Untirta .....		57
<b>PERLINDUNGAN ANAK DARI JENIS PEKERJAAN TERBURUK STUDI KASUS DI KECAMATAN TIRTAYASA KABUPATEN SERANG</b>	.....	
Oleh : Hj. Parhyawati Halimi dan Nuryati Solapari ; Fakultas Hukum Untirta .....		60
<b>PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL DENGAN GABUNGAN PROSES LUMPUR AKTIF-MEMBRAN</b>	.....	
Oleh : Rahmayetty dan Nuryoto ; Fakultas Teknik Untirta .....		64
<b>PERANCANGAN ALAT UJI TEKANAN VALVE 10 BAR UNTUK MENJAMIN PERFORMANSI ALAT PASCA REPAIR</b>	.....	
Oleh : Rina Lusiani, Imron Rosyadi dan Ipick Setiawan ; Fakultas Teknik Untirta .....		67
<b>KEMISKINAN DAN POSISI PEREMPUAN (PEKERJAAN SEKS KOMERSIAL DI KOTA CILEGON)</b>	.....	
Oleh : Rina Yulianti, Riny Handayani dan Rahmawati ; Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Untirta .....		71
<b>IMPLEMENTASI UU TENAGA KERJA NO. 13 TAHUN 2003 TERHADAP PEMENUHAN HAK-HAK PEKERJA PEREMPUAN (Penelitian pada Pekerja Perempuan di Perusahaan Sepatu Di Kabupaten Serang)</b>	.....	
Oleh: Rita Rosiana dan Wulan Retnowati ; Fakultas Ekonomi Untirta .....		74
<b>PENGUKURAN PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA PEREMPUAN DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHINYA(Studi kasus : Pabrik Kecap PD. X)</b>	.....	
Oleh : Shanti K. Anggraeni dan Ratna Ekawati ; Fakultas Teknik Untirta .....		77
<b>PARTISIPASI PEREMPUAN DALAM PROGRAM PENANGGULANGAN KEMISKINAN DI PERKOTAAN (P2KP) DI KELURAHAN SERANG KABUPATEN SERANG</b>	.....	
Oleh : Titi Stiawati, Ipah Ema Jumiati, Rina Yulianti, Ima Maisaroh dan Ayuning Budiatyi ; Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Untirta .....		80
<b>DESAIN DAN REALISASI PROTOTIPE ALAT UKUR KADAR AIR BUAH BERBASIS KAPASITOR KEPING SEJAJAR</b>	.....	
Oleh : Yuhelsa Putra, Fitria Riany Eris dan Sri Ritawati ; Fakultas Pertanian Untirta .....		84

IDENTIFIKASI PRODUK UNGGULAN DAERAH SEBAGAI UPAYA PERLINDUNGAN INDIKASI GEOGRAFIS (GEOGRAPHICAL INDICATIONS) DI PROVINSI BANTEN Oleh : Inge Dwisvimi dan H. Mohammad Fashehudin ; Fakultas Hukum Untirta .....	88
ANALISIS DAMPAK PEMBERIAN BANTUAN HUKUM SECARA CUMA - CUMA KEPADA MASYARAKAT KURANG MAMPU YANG TERSANGKUT KASUS PIDANA DI PANDEGLANG Oleh : Yusnanik Bakhtiar dan Ridwan ; Fakultas Hukum Untirta .....	92
FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP INFORMASI SISTEM AKUNTANSI MANAJEMEN DENGAN DESENTRALISASI SEBAGAI VARIABEL MODERATING Oleh : Rudi Zulfikar dan Imam Abu Hanifah ; Fakultas Ekonomi Untirta .....	95
MODEL PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI BAJA SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMPERTAHANKAN KELESTARIAN WILAYAH PESISIR KAWASAN INDUSTRI KRAKATAU CILEGON ( <i>Model of Steel Industrial Waste Management for Maintaining The Sustainability of Coastal Region Krakatau Industrial Estate Cilegon</i> ) Oleh : Ja'far Salim1), Asep Saefuddin2), Marimin3), Etty Riani4) 1)Mhs Prog. Doktor PS PSL IPB, 2)Dosen FMIPA IPB, 3)Dosen Fateta IPB, 4)Dosen FPIK IPB .....	103

# MODEL PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI BAJA SEBAGAI UPAYA UNTUK MEMPERTAHANKAN KELESTARIAN WILAYAH PESISIR KAWASAN INDUSTRI KRAKATAU CILEGON

(*Model of Steel Industrial Waste Management for Maintaining  
The Sustainability of Coastal Region Krakatau Industrial Estate Cilegon*)

Oleh : Ja'far Salim<sup>1)</sup>, Asep Saefuddin<sup>2)</sup>, Marimin<sup>3)</sup>, Etty Riani<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Mhs Prog. Doktor PS PSL IPB, <sup>2)</sup>Dosen FMIPA IPB, <sup>3)</sup>Dosen Fateta IPB, <sup>4)</sup>Dosen FPIK IPB

## ABSTRACT

The Indonesia is richer of natural resources which abundance for resource of energy, raw material resource, and also human resource. Meanwhile, the contamination of environment to day is keeping increase even become worse, especially in industrial area. The aims of this research are: to get information about condition of existing and amount of steel industrial disposal production which have not exploited yet. By knowing contamination of territorial water and health of society in industrial estate of Krakatau Cilegon from steel waste which cannot be recycled; Formulating the model of steel industrial waste management for maintaining the sustainability of coastal region and health of society; Formulating sustainable environmental oriented policy of steel industrial waste management system. The methods used in this research are: Investment analysis; AHP; ISM; and dynamic modeling. The result of this analysis: the measurement of assessment result of investment analysis NPV is 1,885,022 USD and BCR > 3, its mean beneficial investment, besides best level (1) is waste of slurry CRM. 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 modeling dynamic system approach with powersim program especially for making model structure.

Key words: Regional of coastal, AHP, ISM, dynamic modeling.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Indonesia yang kaya akan sumber daya alam yang melimpah, baik sumber daya energi, sumber daya bahan baku, serta sumber daya manusia. Sementara itu pencemaran lingkungan saat ini terus meningkat dan cenderung semakin memprihatinkan terutama di kawasan industri. PT. Krakatau Steel merupakan pabrik baja terpadu dan termasuk pada salah satu industri baja terkemuka di Indonesia. Perusahaan ini diharapkan mampu menjadi perusahaan unggulan terutama dalam teknis pembuatan baja dengan teknologi tinggi serta dituntut mampu meraih keuntungan secara finansial dalam meningkatkan kapasitas produksinya. Namun dalam proses produksi, tidak akan lepas dari timbulnya limbah. Seperti halnya limbah industri lainnya, jika limbah industri baja tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan berbagai permasalahan, bahkan pencemaran lingkungan saat ini terus meningkat dan cenderung semakin memprihatinkan terutama di kawasan industri (Galeotti, 1997). Limbah industri merupakan bagian dari hasil produksi yang pada umumnya akan menimbulkan dampak terhadap lingkungan yang kurang baik, namun jika limbah tersebut dapat dikelola atau dimanfaatkan kembali dalam bentuk daur ulang menjadi jenis produk lainnya akan mempunyai nilai tambah (*added value*) yang sangat menguntungkan (Sheehan, 2000). Lokasi buangan limbah dapat menimbulkan pencemaran dan permasalahan pencemaran terjadi di area yang lembab, dengan kelembaban yang melebihi kemampuan dari timbunan limbah untuk menyerap air (Samsudin, 2006), kondisi ini akan mengakibatkan semakin beratnya degradasi di pesisir tempat membuang limbah, karena pesisir merupakan wilayah sebagai tempat aktivitas yang paling

banyak dilakukan, maka memperkirakan sekitar 70% penduduk dunia hidup dan tinggal di wilayah pesisir (McDonald, 2005).

Walaupun pabrik baja telah berupaya melakukan transformasi dari limbah yang dihasilkannya menjadi produk yang bernilai ekonomis, namun masih tetap dihasilkan limbah yang harus dibuang ke lingkungan. Menurut Kallio (2005), lebih dari 80% dari *co-products* yang timbulkan dari produksi baja adalah ampas bijih (*slags*). Kondisi ini sudah barang tentu akan mengganggu lingkungan karena limbah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali akan dibuang ke lingkungan pesisir (Wardhana, 2004). Sebenarnya sudah banyak dilakukan penelitian yang mengarah pada pemanfaatan limbah baja, namun hingga saat ini limbah industri baja masih menimbulkan berbagai masalah terutama masalah ekologi, masalah kesehatan dan masalah sosial. Namun masalah yang paling mendesak untuk dipecahkan saat ini adalah masalah kerusakan wilayah pesisir yang ada di Kawasan Industri Krakatau Cilegon. Oleh karena itu, dalam rangka mempertahankan kelestarian wilayah pesisir Kawasan Industri Krakatau Cilegon maka perlu dicari model pengelolaan limbah baja.

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi kondisi eksisting jenis dan jumlah limbah industri baja yang dihasilkan, namun belum dimanfaatkan kembali; untuk mengetahui pencemaran perairan dan kesehatan masyarakat di Kawasan Industri Krakatau Cilegon dari limbah baja yang tidak dapat didaur ulang; untuk merumuskan model pengelolaan limbah industri baja dalam upaya mempertahankan kelestarian wilayah pesisir dan kesehatan masyarakat sekitarnya; untuk merumuskan

kebijakan pengelolaan limbah industri baja yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Konsep Pengelolaan Limbah

Pada Agenda 21 menganjurkan teknologi yang bersih dapat mengurangi jumlah limbah dan memudahkan pembuangan limbah secara aman (Memahami KTT Bumi, 1992). Namun pada permasalahan limbah industri baja ini diperlukan upaya-upaya yang dapat dilakukan dalam mengelola limbah industri baja. Menurut Djajadiningrat (2001), pengelolaan limbah baja dalam upaya mempertahankan kelestarian wilayah pesisir sekitarnya, diperlukan adanya perubahan dalam pola berpikir dengan teknologi produksi bersih yang meliputi:

1. *Good House Keeping*, mencakup tindakan prosedural, administratif atau institusional yang dapat digunakan perusahaan untuk mengurangi terbentuknya limbah dan emisi.
2. Perubahan Material Input, bertujuan untuk mengurangi bahan berbahaya dan beracun (B3) yang masuk atau digunakan dalam proses produksi, sehingga dapat juga menghindari terbentuknya limbah B3 dalam proses produksi.
3. Perubahan Teknologi, mencakup modifikasi proses dan peralatan dilaksanakan dengan tujuan untuk mengurangi limbah dan emisi.
4. Perubahan produk, meliputi substitusi produk, konservasi produk dan perubahan komposisi produk.
5. *On-site Reuse*, merupakan upaya penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah, baik untuk digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material input dalam proses yang lain.

### Analytical Hierarchy Process

Adapun prinsip kerja dalam pengelolaan limbah baja menggunakan model *Analytical Hierarchy Process* (*AHP* – *Criterium Decision Plus*). AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, untuk mengorganisasikan informasi dan *judgment* dalam memilih alternatif yang paling disukai (Marimin, 2005). Awalnya *Analysis Hierarchy Process* (AHP) ini dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang ahli matematika dari Universitas Pittsburgh, Amerika Serikat. Pada dasarnya AHP ini berlandaskan pada pola pikir manusia yang sistematis guna menghadapi kompleksitas yang ditangkapnya, sehingga diwujudkan dalam suatu metode yang merumuskan masalah dalam bentuk hierarki dan pertimbangan-pertimbangan dimasukkan guna menghasilkan skala prioritas. Menurut Saaty (1999), *Analysis Hierarchy Process* adalah suatu model yang luwes yang memungkinkan kita mengambil keputusan dengan mengkombinasikan pertimbangan dan nilai pribadi secara logis.

Model AHP ditujukan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, biasanya digunakan untuk memecahkan permasalahan (*problem solving*) yang dapat terukur, masalah yang memerlukan pendapat (*judgement*) maupun pada situasi yang kompleks atau tidak terkerangka, pada situasi di mana data, informasi statistik sangat minim atau tidak sama sekali dan hanya bersifat kuantitatif yang didasari oleh persepsi, pengalaman atau intuisi. Menurut Saaty (1999), selain itu model AHP juga banyak digunakan sebagai pengambilan keputusan

untuk banyak kriteria, perencanaan, alokasi sumberdaya, dan penentuan prioritas dari strategi-strategi yang dimiliki pemain dalam situasi konflik.

### Interpretative Structural Modelling

Menurut Marimin (2005), salah satu teknik pemodelan yang dikembangkan untuk perencanaan kebijakan strategis adalah Teknik Pemodelan Interpretasi Struktural (*Interpretative Structural Modelling* - ISM). Sedangkan menurut Eriyatno (1998), ISM adalah proses pengkajian kelompok (*group learning process*) di mana model-model struktural dihasilkan guna memotret perihal yang kompleks dari suatu sistem, melalui pola yang dirancang secara seksama dengan menggunakan grafis serta kalimat. Oleh karena itu, Teknik ISM merupakan salah satu teknik pemodelan sistem untuk menangani kebiasaan yang sulit diubah dari perencana jangka panjang yang sering menerapkan secara langsung teknik penelitian operasional dan atau aplikasi statistik deskriptif. Metodologi dan teknik ISM dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu penyusunan hierarki dan klasifikasi subelemen. Prinsip dasarnya adalah identifikasi dari di dalam suatu sistem yang memberikan nilai manfaat yang tinggi guna meramu sistem secara efektif dan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik. Teknik ISM memberikan basis analisis di mana kebijakan serta perencanaan strategis, seperti yang diungkapkan Saaty (1992) program dapat dibagi menjadi 9 (sembilan) elemen: (1) Sektor masyarakat yang terpengaruh, (2) Kebutuhan dari program, (3) Kendala utama, (4) Perubahan yang dimungkinkan, (5) Tujuan dari program, (6) Tolak ukur untuk menilai setiap tujuan, (7) Aktivitas yang dibutuhkan guna perencanaan tindakan, (8) Ukuran aktivitas guna mengevaluasi hasil yang dicapai oleh setiap aktivitas, (9) Lembaga yang terlibat dalam pelaksanaan program. Adapun keluaran dari program ISM ini adalah berupa rangking masing-masing subelemen dan plot masing-masing subelemen ke dalam (4) empat sektor beserta koordinatnya. Dari hasil rangking masing-masing sub elemen, maka dapat dibuat hierarki setiap sub elemen secara manual di mana sub elemen dengan rangking yang lebih tinggi akan berada pada hierarki yang lebih rendah.

### Sistem Dinamis

Menurut Muhammadi (2001), menjelaskan bahwa sistem merupakan keseluruhan interaksi antar unsur dari sebuah objek dalam batas lingkungan tertentu yang bekerja mencapai tujuan. Pengertian dari keseluruhan adalah lebih sekedar penjumlahan atau susunan (*aggregate*), yaitu terletak pada kekuatan (*power*) yang dihasilkan oleh seluruh itu jauh lebih besar dari suatu penjumlahan atau susunan. Di dalam sistem dinamik, proses perumusan mekanisme tersebut pada dasarnya adalah penyederhanaan kerumitan untuk menciptakan sebuah konsep model (*mental model*). Penanganan kerumitan itu berarti membuat penyederhanaan terhadap kerumitan, namun penyederhanaan bukan berarti mengabaikan unsur-unsur yang saling mempengaruhi yang membentuk unjuk kerja sistem secara keseluruhan. Ada dua jenis kerumitan yang perlu disederhanakan, yaitu kerumitan rinci (*detail complexity*) dan kerumitan perubahan (*dynamic complexity*). Kerumitan rinci (*detail complexity*) yaitu yang menyangkut ciri dan cara bekerja unsur-unsur yang terlibat dalam sistem yang diamati dalam mengisi kesenjangan. Sedangkan kerumitan perubahan (*dynamic complexity*) yaitu

proses dan kecepatan/kelambatan waktu yang diperlukan sistem dalam bentuk simpal-simal (loops) umpan balik, yang menunjukkan struktur dan mekanisme dinamis mempengaruhi proses nyata dalam menciptakan kejadian nyata.

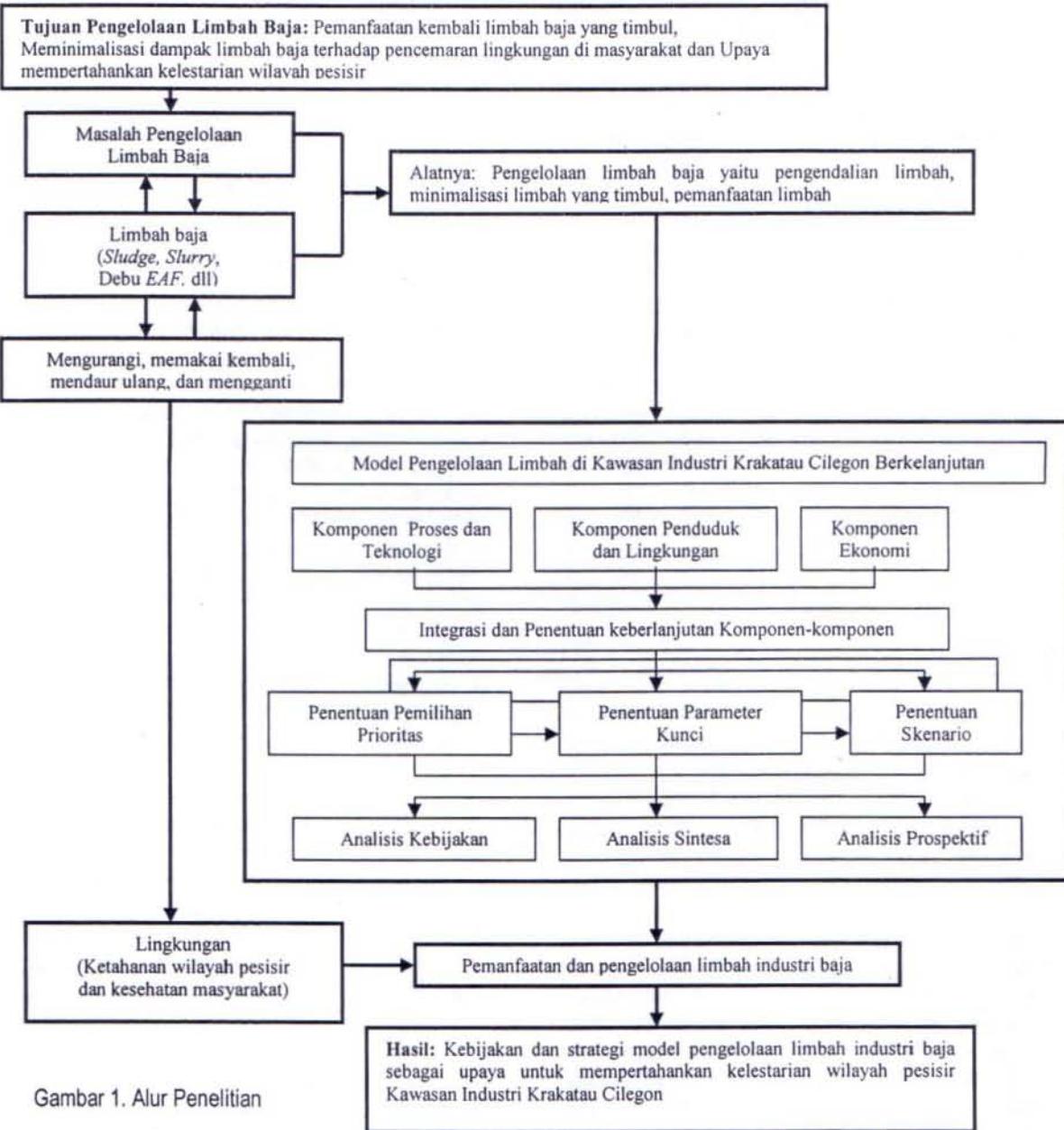
### 3. METODE PENELITIAN

#### Kerangka Pemikiran

Konsep berpikir pengelolaan limbah ke depan ditujukan pada pembangunan berkelanjutan guna memperhatikan kesejahteraan pada saat ini, dan juga mengusahakan kesejahteraan untuk generasi yang akan datang. Untuk menghadapi permasalahan limbah tersebut yang setiap waktu bertambah dan dapat berakibat buruk pada lingkungan, baik udara, air, tanah serta pada lahan pertanian diperlukan strategi penyelesaian masalah ke depan berdasarkan data dan informasi dimulai dari timbulnya limbah industri dari hasil proses produksi sampai dengan model pengelolaan limbah menjadi sesuatu yang mempunyai nilai tambah. Adapun alur penelitian ini, tertera pada Gambar 1.

#### Model Analisis Pengelolaan Limbah

1. Model analisis ekonomi pengelolaan limbah baja di wilayah pesisir Kawasan Industri Krakatau Cilegon dapat diukur dengan mengevaluasi manfaat nilai ekonomi lingkungan, yaitu dengan menghitung *net present value* dan *benefit cost ratio analysis* (Bergh, 2002).
2. Analisis baku mutu terhadap lingkungan ditujukan untuk mengetahui batas aman dari bahan yang membahayakan dalam pengelolaan limbah baja terhadap degradasi kelestarian wilayah pesisir atau terhadap ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat (Sumirat, 2003).
3. 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).



Gambar 1. Alur Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi eksisting Kawasan Industri PT. Krakatau Steel memiliki luas lahan  $\pm$  1.500 ha dan Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon yang dikelola oleh PT. KIEC sebuah anak perusahaan PT. Krakatau Steel mengelola luas lahan  $\pm$  2.000 ha dengan total luas lahan  $\pm$  3.500 ha. Jumlah limbah baja yang disimpan ke lahan pembuangan akhir berdasarkan limbah baja yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik baja sebagai sumber limbah dalam ukuran waktu 10 tahun terakhir (1996 – 2006) masing-masing menghasilkan jenis limbah: (1) Debu EAF yang berasal dari sumber limbah: BSP, SSP I/II, menghasilkan  $\pm$  415.000 ton limbah, (2) Sludge yang berasal dari sumber limbah: DR plant dan WRM plant menghasilkan  $\pm$  400.000 ton limbah, dan (3) Slurry yang berasal dari sumber limbah CRM plant menghasilkan  $\pm$  1.100.000 ton limbah.

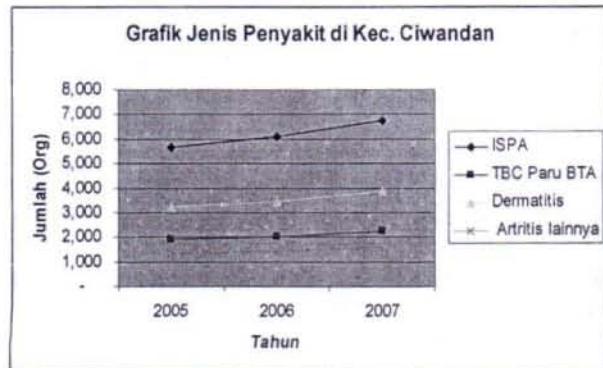
Analisis kelayakan pengelolaan limbah memperlihatkan bahwa pada analisis *net present value* dengan tujuan agar semua investasi, pengeluaran dan penerimaan dalam pengelolaan limbah baja yang berbentuk *cash flow* untuk periode waktu tertentu sampai ekonomis proyek dan nilai suatu proyek diubah ke dalam nilai sekarang dengan menggunakan tingkat suku bunga yang SBI sebesar 14 %, MARR (*minimum attractive rate of return*) sebesar 25 %, dan laju inflasi 6 %, menghasilkan sebesar 1,885,022 USD dan *benefit cost ratio*  $> 3$ . 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 *benefit* dan *cost* dan matriks awal penilaian terhadap pengelolaan limbah industri baja di Kawasan Industri Krakatau Cilegon

No	Pengelolaan Limbah	NPV (USD)	BCR	Kriteria		Peringkat
				NPV (USD)	BCR	
1.	Debu EAF BSP	10,915,180	3,6	480	100	290
2.	Debu EAF SSP1	20,695,574	3,6	911	100	506
3.	Debu EAF SSP2	17,065,852	3,6	751	100	426
4.	Sludge DR	4,582,612	3,7	202	103	153
5.	Sludge WRM	2,271,962	3,7	100	103	102
6.	Slurry CRM	21,279,605	3,7	937	103	520
Kriteria bobot		0,5	0,5			

Berdasarkan Tabel 1 di atas, maka peringkat terbaik (1) adalah limbah slurry CRM dengan nilai kriteria NPV sebesar 937 USD dan BCR sebesar 103.

Dinas Kesehatan Kota Cilegon tercatat sepuluh besar jenis penyakit yang hampir ditemukan pada setiap empat kecamatan yang merupakan wilayah pesisir kawasan industri Krakatau Cilegon, yaitu penyakit: ISPA, Tukak lambung, TBC paru BTA, Dermatitis (penyakit kulit), Myalgia, Hipertensi esensial, Diare & Gastroentritis, Arthritis (radang), Demam, dan gejala penyakit lainnya. Berdasarkan sepuluh jenis penyakit tersebut, selanjutnya dapat diidentifikasi menjadi empat jenis penyakit yang diakibatkan oleh pengaruh pencemaran limbah industri (polusi udara, air, dan tanah). Gambar 2 dan Tabel 2 merupakan salah satu kecamatan di Kota Cilegon yang banyak terkena dampak pencemaran lingkungan.



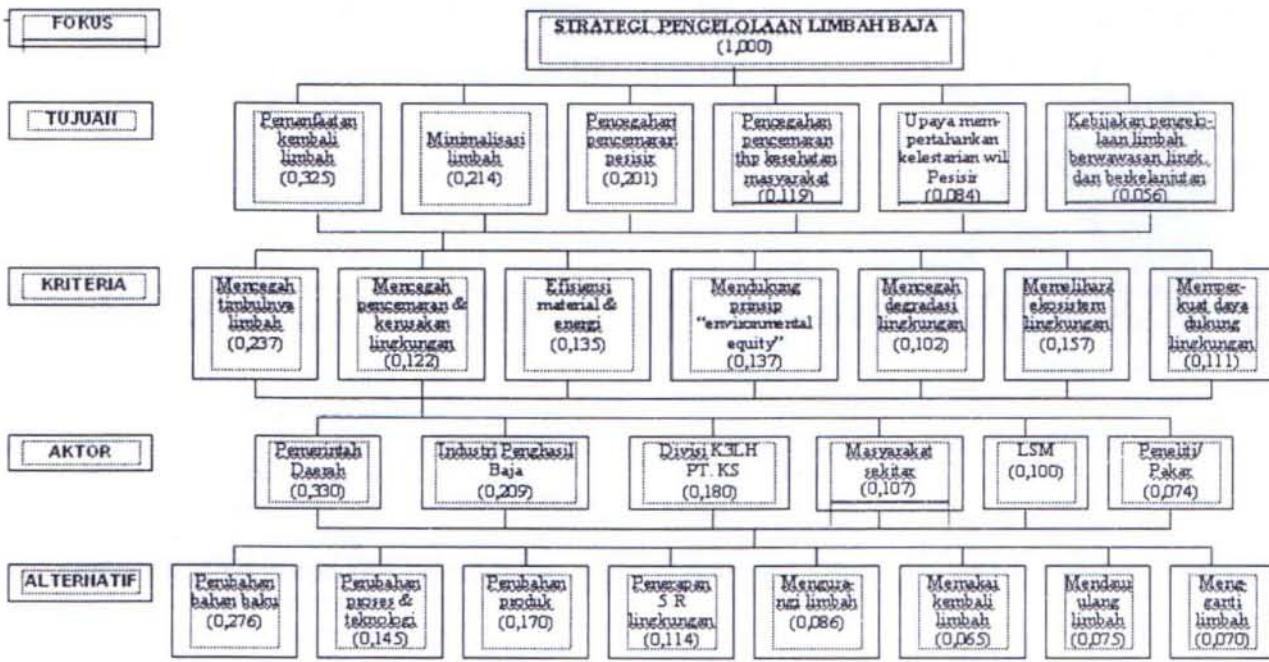
Gambar 2. Jenis penyakit di Kec. Ciwandan

Tabel 2. Frekuensi (%) jenis penyakit dengan penduduk di Kecamatan Ciwandan

No.	URAIAN	FREKUENSI (%) JENIS PENYAKIT (Org) DENGAN PENDUDUK (Org) DI KECAMATAN CIWANDAN				
		2005	%	2006	%	2007
1	ISPA	5.671	14,71	6.098	15,68	6.775
2	TBC Paru BTA	1.890	4,90	2.032	5,22	2.258
3	Dermatitis	3.212	8,33	3.453	8,88	3.837
4	Arthritis lainnya	1.301	3,37	1.399	3,60	1.554
5	Penduduk	38.552		38.898		39.800

Berdasarkan Tabel 2 tersebut, frekuensi (%) perbandingan jenis penyakit dengan jumlah penduduk di Kecamatan Ciwandan menunjukkan persentase (%) jenis penyakit ISPA yang paling tinggi, mengingat di wilayah empat kecamatan tersebut terdapat industri-industri yang berdiri terdiri dari industri menengah hingga industri berat.

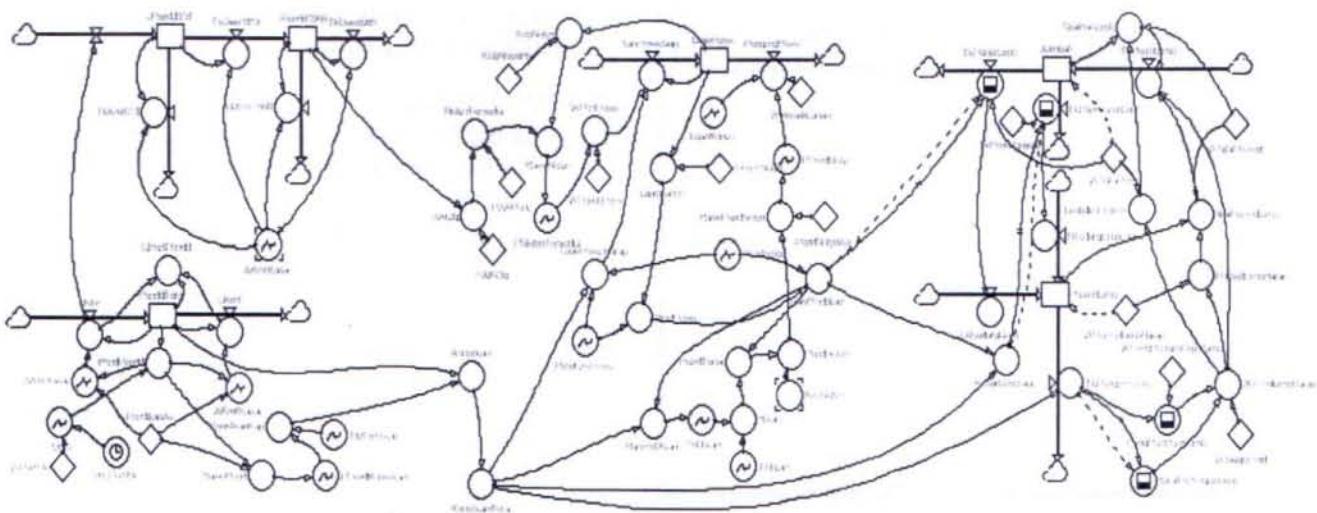
Analisis penentuan pemilihan prioritas dengan model AHP Cdplus3.0 dari pendapat para pakar lingkungan diperoleh hasil perhitungan bobot kepentingan variabel fokus terhadap variabel tujuan adalah 0,325, 0,214, 0,201, 0,119, 0,084, dan 0,056 dengan *consistency ratio* = 0,099 atau urutan tingkat kepentingannya 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. Hasil perhitungan bobot kepentingan variabel tujuan terhadap variabel kriteria adalah 0,237, 0,157, 0,137, 0,135, 0,122, 0,111, dan 0,102 atau urutan kepentingannya adalah: (1) mencegah timbulnya limbah, (2) memelihara ekosistem lingkungan, (3) mendukung prinsip "environmental equity", (4) mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan, (5) efisiensi material dan energi, (6) memperkuat daya dukung lingkungan, (7) mencegah degradasi lingkungan. Hasil perhitungan bobot kepentingan selengkapnya dilihat pada Gambar 3.



Hasil analisis penentuan parameter kunci kebijakan pengelolaan limbah industri baja dalam upaya mempertahankan kelestarian 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 parameter tersebut adalah pabrik baja, area penyimpanan limbah, pembangunan area limbah yang jauh dari pemukiman, pengolahan yang dapat dipertanggungjawabkan, Jaringan pembuatan *waste water*, kecepatan waktu pengolahan limbah, membangun prasarana pengolahan limbah yang aman, penerapan 3 R (*reuse, recycling, recovery*), studi pemanfaatan limbah, dan mendatangkan pakar. Hasil analisis penentuan parameter kunci dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 tersebut di atas, menunjukkan grafik hasil analisis penentuan parameter kunci model pengelolaan limbah baja menempati posisi *dependent* (saling bergantungan).

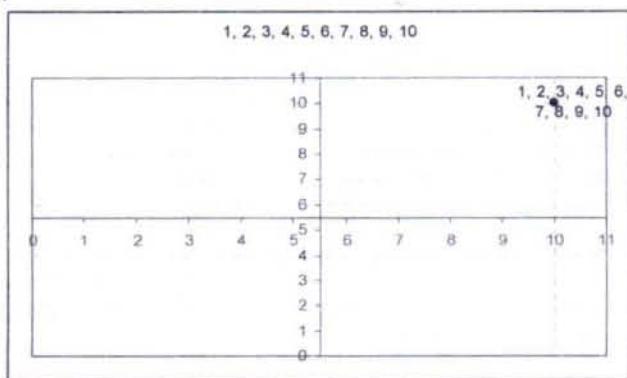
Hasil pengembangan model pengelolaan limbah dirancang dengan struktur model keseluruhan meliputi sub model penduduk, sub model pesisir laut, dan sub model limbah industri diperlihatkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tersebut memperlihatkan struktur model yang menghubungkan variable-variabel saling mempengaruhi dalam pengelolaan limbah baja pada periode tertentu. Sedangkan Tabel 4 dan Gambar 6 memperlihatkan secara kuantitatif analisis hasil/out put program struktur model sehingga kondisi akhir jumlah limbah baja dapat diketahui pada periode yang ditentukan.



Gambar 5. Struktur model pengelolaan limbah industri baja

Tabel 3. Menentukan hasil pengolahan ISM VAXO

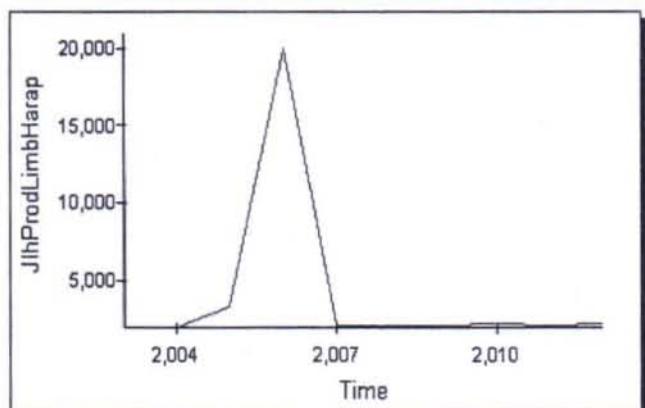
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		X	X	A	X	V	X	V	V	V
2			X	A	X	O	A	O	V	O
3				X	X	X	A	O	O	X
4					X	X	V	X	X	X
5						A	X	O	O	A
6							O	O	O	O
7								O	X	X
8									O	X
9										X
10										



Gambar 4. Grafik hasil analisis penentuan parameter kunci (ISM VAXO)

Tabel 4. Out put struktur model

Time	JlhProdLimbHarap	PersedLimbHarap
2,003	2,025.45	810.18
2,004	2,035.73	814.29
2,005	3,404.47	1,361.79
2,006	20,153.23	8,061.29
2,007	2,136.99	854.80
2,008	2,124.34	849.73
2,009	2,210.05	884.02
2,010	2,255.76	902.30
2,011	2,201.52	880.61
2,012	2,286.55	914.62



Gambar 6. Grafik out put struktur model

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

1. Jenis dan jumlah limbah industri baja PT. Krakatau Steel masih bernilai ekonomis, karena dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pabrik semen di dalam negeri maupun untuk kebutuhan pabrik baja di China yang kebutuhannya dapat mencapai ± 3.000 ton per bulan.
2. Tingkat pencemaran lingkungan terhadap kesehatan masyarakat pada penduduk dipemukiman wilayah pesisir di empat Kecamatan Ciwandan, Citangkil, Grogol, dan Pulomerak berkecenderungan mengalami penyakit ISPA, bahkan jenis penyakit tersebut dapat meningkat setiap tahunnya, mengingat di wilayah ini banyak berdiri industri yang berkecenderungan menimbulkan pencemaran lingkungan.
3. Rumusan kebijakan pengelolaan limbah industri baja yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan, dapat melakukan strategi kebijakan pengelolaan limbah agar kualitas pesisir laut yang sehat dan aman.
4. Alternatif kebijakan untuk pengelolaan limbah baja adalah mencegah timbulnya limbah, untuk itu parameter kunci yang harus diperhatikan adalah pabrik baja, area penyimpanan limbah, pembangunan area limbah yang jauh dari pemukiman, pengolahan yang dapat dipertanggungjawabkan, Jaringan 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 struktur model yang terdiri dari sub model penduduk, sub model pesisir laut, dan sub model limbah industri.

### Saran

1. Perlu dicari alternatif penggunaan lain dari limbah baja yang bernilai ekonomis namun dapat menambah pendapatan masyarakat sekitarnya.
2. Dalam melakukan pengelolaan masalah limbah industri baja, hendaknya sangat diperhatikan karena dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitarnya.
3. Dalam mengelola limbah industri baja hal utama yang harus diperhatikan adalah membangun prasarana pengolah limbah pada lokasi yang paling aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bergh J and CJM Ven Den. 2002. Hanbook of Environmental and Resaource Economics. MPG Books Ltd. Bodmin. Cornwall.
- Dahuri R, J Rais, P Ginting dan MJ Sitepu. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Terpadu. Pradya Paramita. Jakarta.
- Darmono. 2006. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press. Jakarta.
- Djajadiningrat S.T. 2001. Pemikiran, Tantangan dan Permasalahan Lingkungan, Penerbit Studi Tekno Ekonomi. Departemen Teknik Industri, ITB.
- Eriyanto. 1998. Analisa Sistem Industri Pangan, PAU Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Galeotti BSL, F Lombardi, E Mogensen, and P Sirini. 1997. Mass Balance and Heavy Metals Distribution in Municipal Solid Waste Incineration. The Journal of

- solid waste Technology and Management. Volume 24 Number 1. Rome. Italia.
- Kallio R and M Makikyro. 2005. The Utilization and Status of Steel Industri Slags: A Perspective from Finland. The Journal of waste Tchnology and Management. Volume 32 Number 2. Finland.
- Maduka HC. 2006. Water Pollution and Man's Health. Department Of Biochemistry College Of Medical Sciences University Of Maiduguri Borno State Nigeria. The Internet Journal of Gastroenterology. Volume 4 Number 1.
- Marimin. 2005. Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. PT. Gramedia. Jakarta.
- McDonald RB. 2005. Managing Marine Misbehavior: Good Science, Good Policy, Bad Human. Journal of International Affairs (59).
- Muhammad, E Aminullah, dan B Susilo. 2001. Analisis Sistem Dinamis: Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen. Penerbit UMJ. Jakarta.
- Ottosson S. and E. Bjorg. 2003. Research on Dynamic Systems-Some Considerations. Technovation 24: 863 – 869.
- Samsudin AR, B Elwali AR, W Zuhairi WY, and U Hamzah. 2006. Mapping of contamination plumes at municipal solid waste disposal sites using geoelectric imaging technique: Case studies in Malaysia, Journal of Spatial Hydrology Vol.6, No.2, School of Environment & Natural Resources Sciences, Faculty of Science & Technology National University of Malaysia
- Saaty TL. 1999. Fundamental of Decision Making The Analytic Hierarchy Process and Priority Theory, Vol. VI. RWS Publication.
- Sheehan B. 2000. Zero Wast., Recycling and Climate Change. Grass Roots Recycling Network. The United States.
- Sumirat J. 2003. Taksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wardhana WA. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi. Yogyakarta.