



**MODEL DAMPAK PENCEMARAN  
UNTUK PENYUSUNAN KEBIJAKAN PENGENDALIAN  
DIOKSIN/FURAN  
(STUDI KASUS INDUSTRI LOGAM DI KAWASAN CILEGON)**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

**LINA WARLINA**



**SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2008**

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam disertasi saya yang berjudul "MODEL DAMPAK PENCEMARAN UNTUK PENYUSUNAN KEBIJAKAN PENGENDALIAN DIOKSIN/FURAN (STUDI KASUS INDUSTRI LOGAM DI KAWASAN CILEGON)" merupakan gagasan atau hasil penelitian hasil disertasi saya sendiri, dengan pembimbingan Komisi Pembimbing, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya. Disertasi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar pada program sejenis di perguruan tinggi lain.

Semua sumber data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Bogor, Mei 2008

Lina Warlina

P062034034

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## ABSTRACT

LINA WARLINA. Model of Pollution Impact for Policy Design in Controlling Dioxin/furan (Case study : Metal (Ferrous and Non Ferrous) Industry in Cilegon) ERLIZA NOOR, as Chairman; AKHMAD FAUZI. RUDY C. TARUMINGKENG. and SURJONO H. SUTJAHJO. as Members of the Advisory Committee.

Industrial development, not only produces positive impact, but also the negative ones that is the existence of pollution. Metal industry produce dioxin/furan air pollution that POP's (Persistent Organic Pollutants) group. Dioxin/furan adversely affect living organism, both long term or short term.

This research generally aim at developing a model of the impact of dioxin/furan pollution on environment, social and economy, in order to provide inputs upon the policy governance in controlling dioxin/furan pollution. Specific steps were executed for to estimate/calculate the emission of dioxin/furan discharged from metal industry; development dynamic model and computing the level of emission impact of dioxin/furan on social, economy and environment factors; analyzing and calculating economic loss on the impact of dioxin/furan pollution; and establishing the concept of the policy for decreasing dioxin/furan pollution. The methods used in this research were the emission factor, dispersion method, system dynamics and Multi Criteria Decision Analysis (MCDA).

The result of the research showed that the dioxin/furan emission in the assessed area had reached 9.38–13.54 gTEQ per year for the annual production as much as 1.874– 2.152 millions ton. Based on the simulation outcome, provided that if there was no emission reduction policy, the result would be an emission increase of 278% from 1995 up to the end of 2025, a decrease in the air quality by 0.45–0.49; 1,092 potential cancer cases, as well as the social cost of Rp. 5.86–358.16 billions. However, by the emission reduction of 46.1%, there would be a significant improvement.

Based on MCDA analysis, the best alternative policy is environmental-based policy, compared to “Do Nothing” and “economic-based policy”. Environmental-based policy, that are control and reduction of dioxin/furan emission may be conducted by Command and Control (CAC) and Economic Instrument (EI) policy system. On CAC, there should be emission standard to be determined, as well as ambient concentration and the utilized technology; while on IE, there should be a penalty for the industry going beyond the limit.

*Key words : dioxin/furan, POP's, emission factor, dispersion, system dynamics*



## RINGKASAN

LINA WARLINA. Model Dampak Pencemaran untuk Penyusunan Kebijakan Pengendalian Dioksin/furan (Studi Kasus Industri Logam di Kawasan Cilegon). ERLIZA NOOR, sebagai ketua; AKHMAD FAUZI. RUDY C. TARUMINGKENG. dan SURJONO H. SUTJAHJO. sebagai anggota komisi pembimbing.

Peningkatan industri, selain memberikan dampak positif, juga memberikan dampak negatif, yaitu adanya pencemaran. Pencemaran udara dari industri logam diantaranya adalah dioksin/furan, yang merupakan salah satu senyawa golongan POP's (*Persistent Organic Pollutants*). Dioksin/furan akan berdampak pada makhluk hidup baik untuk jangka panjang maupun jangka pendek. Pemerintah dalam hal ini belum memberi perhatian pada emisi dioksin/furan, terlihat dari belum adanya perangkat kebijakan untuk pengendalian emisi dioksin/furan.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan alternatif kebijakan untuk pengendalian dioksin/furan dengan pendekatan sistem menggunakan model dinamik untuk melihat dampak pencemaran dioksin/furan pada lingkungan, sosial dan ekonomi. Secara khusus, penelitian bertujuan untuk memperoleh nilai emisi dan konsentrasi dioksin/furan ke udara yang berasal dari industri logam besi dan non besi; memperoleh tingkat dampak dari emisi dioksin/furan pada faktor sosial, ekonomi dan lingkungan dan memberi rekomendasi alternatif kebijakan dioksin/furan dari segi pengendalian pencemaran.

Emisi diperkirakan dari perkalian antara faktor emisi dengan aktivitas industri. Nilai faktor emisi bergantung pada jenis teknologi. Untuk perhitungan konsentrasi, digunakan metode dispersi, yang pada perhitungannya selain bergantung pada kondisi fisik industri, misalnya tinggi cerobong, juga bergantung pada faktor meteorologi, yaitu kestabilan cuaca, temperatur, kecepatan angin serta arah angin. Berdasarkan simulasi *system dynamics* dapat diperkirakan dampak emisi pada faktor lingkungan, ekonomi dan sosial. Hasil perhitungan simulasi dinamik digunakan untuk masukan pada model alternatif kebijakan dengan menggunakan analisis multi kriteria (*Multi Criteria Decision Analysis, MCDA*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi dioksin/furan di daerah penelitian telah mencapai 9,38-13,54 gTEQ per tahun untuk produksi sebesar 1,874-2,152 juta ton per tahun, dengan paparan per orang per hari telah mencapai 205,13-325,96 pgTEQ. Produksi dan emisi mempunyai hubungan yang linier, sedangkan hubungan antara emisi dan konsentrasi ambien mempunyai hubungan dengan persamaan pangkat tiga (model kubik). Tinggi cerobong dan jarak penyebaran sangat berpengaruh pada besarnya konsentrasi emisi yang diterima reseptor dengan hubungan yang linier. Jarak penyebaran hingga 50 km dari sumber, menyebabkan berkurangnya konsentrasi emisi sebesar 87,5%.

Dampak emisi pada faktor lingkungan dikaji berdasarkan degradasi lingkungan atau penurunan kualitas udara, banyaknya emisi yang dilepaskan serta konsentrasi di ambien. Dampak terhadap faktor sosial dikaji berdasarkan potensi kasus kanker, kasus kematian dan *social cost*, sedangkan faktor ekonomi dikaji berdasarkan *abatement cost*, keuntungan industri, manfaat bersih, dan *PV NetBen*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Berdasarkan hasil simulasi, bila tidak ada kebijakan pengurangan emisi, akan terjadi peningkatan emisi sebesar 278% dari tahun 1995 hingga akhir tahun 2025, degradasi lingkungan udara mencapai 0,45-0,49; terjadi potensi kasus kanker sebanyak 1092 kasus, potensi kematian sebanyak 175 kasus, *social cost* sebesar Rp.5,86-358,16 Milyar. dan manfaat bersih sebesar Rp.172,19-298,61 Milyar hingga tahun 2018, lalu mengalami penurunan kembali pada tahun 2019. Adanya pengurangan emisi 46,1% melalui introduksi perbaikan teknologi proses akan memberikan hasil yang signifikan pada dampak yang ditimbulkan, yaitu mengurangi penurunan kualitas udara sebesar 0,63-3,75%, konsentrasi ambien 5,61-80,01%, dan mengurangi kasus kanker dan kematian sebesar 69%. *Social cost* dan *abatement cost* jauh lebih kecil dari keuntungan bersih industri. Pengurangan emisi yang disertai dengan peningkatan produksi akan memberikan hasil yang lebih baik.

Ada 3 skenario alternatif kebijakan yang digunakan sebagai pertimbangan, yaitu bila tidak melakukan apa-apa (alternatif *Do Nothing*), alternatif kebijakan berbasis lingkungan dan alternatif kebijakan berbasis ekonomi. Berdasarkan analisis multi kriteria, alternatif kebijakan yang terbaik adalah kebijakan berbasis lingkungan dibandingkan dengan *Do Nothing* dan kebijakan berbasis ekonomi. Implikasi dari adanya kebijakan pengurangan emisi tersebut yaitu, adanya penentuan standar emisi, konsentrasi ambien dan teknologi; adanya kebijakan jarak pemukiman terdekat serta tinggi cerobong. *Best Available Technology* (BAT) dan *Best Environmental Practises* (BAP) yang diusulkan pada Konvensi Stockholm secara signifikan dapat mengurangi dampak pencemaran yang diakibatkan emisi dioksin/furan.

Kebijakan pengendalian dan pengurangan emisi dioksin/furan dapat dilakukan dengan sistem kebijakan *Command and Control* (CAC) dan Instrumen Ekonomi (IE). Pada CAC, dilakukan penentuan standar emisi, konsentrasi ambien serta teknologi yang digunakan, sedangkan untuk IE digunakan instrumen denda untuk industri yang melebihi ambang batas. Hasil dari pendapatan denda, dikembalikan pada kebutuhan untuk perbaikan lingkungan, misalnya untuk perbaikan sarana/prasarana atau teknologi. Pada pelaksanaannya, peran pemerintah merupakan hal yang utama. Koordinasi antar instansi sangat mendukung akan terlaksananya kebijakan ini.

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengurniakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



**@ Hak Cipta milik Institut Pertanian Bogor, Tahun 2008**

***Hak Cipta dilindungi Undang-undang***

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumber*

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah*
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar bagi IPB*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa izin IPB*

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



MODEL DAMPAK PENCEMARAN  
UNTUK PENYUSUNAN KEBIJAKAN PENGENDALIAN  
DIOKSIN/FURAN  
(STUDI KASUS INDUSTRI LOGAM DI KAWASAN CILEGON)

Oleh :  
LINA WARLINA  
P062034034

DISERTASI  
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Doktor  
pada  
Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
2008

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Penguji Luar Komisi Ujian Tertutup : Dr. Ir. Zaenal Alim Mas'ud, DEA  
Penguji Luar Komisi Ujian Terbuka : 1. Prof. Dr. Ir. Eriyatno, MSAE  
2. Dr. dr. Budhi Soesilo, MSi

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





Judul Disertasi : Model Dampak Pencemaran untuk Penyusunan Kebijakan Pengendalian Dioksin/furan (Studi Kasus Industri Logam di Kawasan Cilegon)  
Nama : Lina Warlina  
NRP : P062034034  
Program Studi : Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

Disetujui  
Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Erliza Noor  
Ketua

Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MSc  
Anggota

Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, MF  
Anggota

Prof. Dr. Ir. Surjono H. Sutjahjo, MS  
Anggota

Diketahui

Ketua Program Studi  
Pengelolaan Sumberdaya Alam  
dan Lingkungan

Dekan Sekolah Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Surjono H. Sutjahjo, MS

Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, MS

Tanggal Ujian: 16 April 2008

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



## PRAKATA

Puji dan syukur panulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Berkat rahmat-Nya, penulis dapat mengikuti program pendidikan S3 sampai pada pelaksanaan penelitian dan penyelesaian penulisan disertasi ini.

Sebagai peminat bidang ilmu lingkungan, khususnya bidang kebijakan manajemen lingkungan dan yang berhubungan dengan kimia lingkungan, maka judul disertasi yang dipilih adalah : "Model Dampak Pencemaran untuk Penyusunan Kebijakan Pengendalian Dioksin/furan (Studi Kasus Industri Logam di Kawasan Cilegon)". Berdasarkan disertasi ini, telah dikembangkan 2 (dua) naskah artikel yang diajukan ke jurnal ilmiah. Naskah pertama berjudul "Estimasi Emisi Dioksin/furan dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi Konsentrasi Emisi ke Udara yang Berasal dari Industri Logam" sedang menunggu penerbitan pada Jurnal Matematika Sains dan Teknologi Volume 9, Nomor 1, Maret 2008. Naskah kedua berjudul "Kebijakan Manajemen Lingkungan untuk Emisi Dioksin/furan yang Bersumber dari Industri Logam" akan dimuat pada Jurnal Organisasi dan Manajemen Volume 4 Nomor 1, Maret 2008.

Terima kasih yang setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Ir. Erliza Noor sebagai ketua pembimbing serta Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, MF, dan Prof. Dr. Ir. Surjono H. Sutjahjo, MS sebagai anggota pembimbing atas bimbingan, arahan, saran dan bantuan sejak dalam persiapan hingga penulisan disertasi ini. Di samping itu, penulis juga sampaikan terimakasih kepada Direktur Program Pascasarjana IPB dan Ketua Program Studi PSL yaitu Prof. Dr. Ir. Surjono H. Sutjahjo, MS yang telah menerima penulis untuk mengikuti Program S3 pada Program Studi tersebut pada tahun 2004, kepada Dr. Ir. Zaenal Alim Mas'ud, DEA sebagai penguji pada ujian tertutup, juga kepada Prof. Dr. Eriyatno dan Dr. dr. Budhi Soesilo, MSi sebagai penguji luar komisi pada ujian terbuka.

Ungkapan rasa terimakasih juga penulis sampaikan kepada jajaran Pimpinan Universitas Terbuka yang telah memberi kesempatan dan dorongan moril ataupun finansial kepada penulis untuk melanjutkan studi S3 ini. Terimakasih juga penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



sampaikan kepada seluruh teman-teman kelas Kimpraswil dan para sahabat yang telah mendorong, memotivasi dan memberikan semangat pada penulis dalam menyelesaikan disertasi ini, khususnya pada Sri Listyarini dan Nuraini Soleiman.

Secara khusus, tak terhingga penulis sampaikan terimakasih kepada suami tercinta (Sachrianto) dan anak-anak tercinta (Angga Hudaya, Andika Rizki, Annisa Rahmah, dan Afiiii Nuryati) yang tiada henti-hentinya selalu memberikan dorongan, dukungan, harapan, doa, perhatian dan kasih sayang selama penulis menjalani hari-hari yang secara signifikan mengurangi waktu kebersamaan kita, juga pada kakak dan adik-adik penulis (Lie Widaningsih, Dadan Darmasujana, Dedi Drajat Kurniawan dan Dian Damayanti). Termakasih, hormat dan doa juga penulis sampaikan kepada kedua orangtua penulis yang telah tiada, yang selama hidupnya selalu memberikan dorongan, kasih sayang dan semangat kepada penulis.

Mudah-mudahan disertasi ini dapat bermanfaat. Kiranya Allah SWT akan memberikan balasan kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan disertasi ini.

Bogor, Mei 2008

Lina Warlina

1. Diararang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Padang Panjang pada tanggal 7 Januari 1961 sebagai anak kedua dari ayah yang bernama U. Djunaedi (almarhum) dan ibu bernama Yati Ruhyati (almarhumah). Penulis bersuamikan Sachrianto dan mempunyai empat orang anak, yaitu Angga Hudaya, Andika Rizki, Annisa Rahmah dan Afinii Nuryati.

Pada tahun 1973 penulis lulus dari Sekolah Dasar (SD) Bhakti di Cipinang Cempedak, Jatinegara, selanjutnya masuk Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri IV di Jalan Perwira, Jakarta Pusat dan lulus pada tahun 1976. Pada tahun 1977, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri I Jakarta di Jalan Budi Utomo dan lulus pada tahun 1980. Setelah lulus SMA, tahun 1980 penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Indonesia dengan memilih jurusan Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan lulus sarjana Kimia pada tahun 1985.

Setelah lulus Sarjana Kimia, yaitu tahun 1985, penulis bekerja di Universitas Terbuka sebagai staf akademik di Fakultas MIPA hingga sekarang. Tahun 1988, penulis mempunyai kesempatan untuk melanjutkan studi S2 di Simon Fraser University, Canada pada Faculty of Education, dengan mengambil jurusan Management of Distance Education dan lulus pada tahun 1990. Pada tahun 2004, penulis mengikuti program Doktor (S3) pada Sekolah Pascasarjana IPB, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL).

Selama bekerja di Universitas Terbuka, pada tahun 1995-1999, penulis menjabat sebagai Sekretaris Jurusan Statistika pada FMIPA UT, lalu pada tahun 1999-2001, penulis menjadi Ketua Jurusan pada Jurusan Statistika tersebut. Dan dari tahun 2001-2004, penulis diberi kepercayaan menjadi Pembantu Dekan II pada FMIPA UT.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI .....	i
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
GLOSSARY .....	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	5
1.3. Kerangka Pemikiran.....	6
1.4. Perumusan Masalah.....	9
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	10
1.6. Manfaat Penelitian.....	10
1.7. Novelty Penelitian .....	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Dioksin Furan dan Dampaknya pada Lingkungan, Kesehatan dan Sosial Ekonomi .....	12
2.1.1 Estimasi Emisi dan Konsentrasi Dioksin/Furan di Lingkungan.....	18
2.1.2 Dampak Pencemaran Dioksin/Furan pada Kesehatan.....	21
2.1.3 Dampak Pencemaran Dioksin/Furan pada Faktor Sosial Ekonomi.....	24
2.2. Teknologi Mengurangi Pencemaran Dioksin/Furan.....	28
2.3. Konvensi Stockholm .....	29
2.4. Kebijakan terhadap Pengelolaan Lingkungan .....	30
2.4.1 Kebijakan Pencemaran Dioksn/Furan di Indonesia .....	32
2.4.2 Peraturan Mengenai Dioksin/Furan di Beberapa Negara .....	34
2.5. Analisis <i>System Dynamics</i> .....	36
2.6. Analisis Kebijakan.....	37
2.7. Pengembangan Model Pencemaran Dioksin/furan ...	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



III.	METODE PENELITIAN	
3.1.	Tempat Penelitian .....	42
3.2.	Metode Pengumpulan Data.....	42
3.3.	Metode dan Pemetaan Penelitian .....	44
3.4.	Teknik Analisis dan Tools yang Digunakan	
3.4.1.	Analisis Emisi dan Ketidakpastian.....	46
3.4.1.1.	Metode OLS.....	46
3.4.1.2.	Metode Monte Carlo.....	47
3.4.2.	Analisis <i>System Dynamics</i> .....	47
3.4.3.	Analisis Kebijakan .....	49
IV.	KONDISI PENELITIAN	
4.1.	Kondisi Geografis dan Iklim .....	50
4.2.	Kondisi Demografi dan Sosial-Ekonomi .....	53
4.2.1.	Penduduk.....	53
4.2.2.	Perkembangan Sosial-Ekonomi .....	55
4.3.	Kondisi Industri-industri Logam di Cilegon .....	58
4.4.	Kondisi Kualitas Udara.....	63
V.	MODEL ESTIMASI EMISI DAN KONSENTRASI DIOKSIN/FURAN	
5.1.	Sub model Produksi dan Estimasi Emisi .....	66
5.2.	Sub model Dispersi untuk Estimasi Konsentrasi.....	72
5.2.1.	Pengaruh tinggi cerobong pada konsentrasi emisi.....	74
5.2.2.	Pengaruh jarak penyebaran pada konsentrasi emisi .....	76
VI.	MODEL DAMPAK EMISI DIOKSIN/FURAN DAN HASIL SIMULASI	
6.1.	Model <i>System Dynamics</i> .....	79
6.1.1	<i>Stock Flow Diagram (SFD)</i> model <i>system dynamics</i>	79
6.1.2	Asumsi-asumsi yang digunakan dalam <i>system dynamics</i> .....	81
6.1.3	Simulasi model .....	86
6.1.4	Validasi model <i>system dynamics</i> .....	86
6.1.5	Sensitivitas model <i>system dynamics</i> .....	87
6.2.	Hasil Simulasi .....	91
6.2.1	Estimasi dampak lingkungan .....	91
6.2.2	Estimasi dampak sosial .....	95
6.2.3	Estimasi dampak ekonomi.....	99

#### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

VII	MODEL ALTERNATIF KEBIJAKAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN	
7.1	Model Alternatif Kebijakan .....	108
7.2	Implikasi Kebijakan .....	116
	7.2.1 Kebijakan Makro .....	119
	7.2.1 Kebijakan Mikro .....	122
VIII.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	126
	DAFTAR PUSTAKA .....	129
	LAMPIRAN .....	140



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Emisi dioksin furan dari berbagai negara .....	3
2	Sifat fisika dan kimia dioksin/furan.....	11
3	© Matrik kategori sumber emisi dioksin/furan beserta media penyebarannya .....	16
4	Konsentrasi standar dioksin/furan di beberapa negara.....	35
5	Matrik keputusan MCDA .....	38
6	Penelitian-penelitian pemodelan dioksin/furan.....	41
7	Data-data yang digunakan.....	43
8	Matrik PRIME untuk kebijakan dampak pencemaran dioksin/furan.....	49
9	Jarak antara kota Banten dan sekitarnya (km).....	50
10	Jumlah dan laju pertumbuhan penduduk di Cilegon dan Serang tahun 1995-2004 .....	54
11	Kepadatan penduduk Serang, Cilegon, dan Tangerang .....	54
12	Struktur PDRB kota Cilegon berdasarkan lapangan usaha adh Berlaku tahun 2000-2003 (%) .....	56
13	PDRB Cilegon dan Serang tahun 1995-2004 .....	57
14	Data-data kondisi <i>existing</i> masing-masing industri .....	60-61
15	Faktor emisi untuk kategori produksi logam besi dan non besi .....	62
16	Hasil produksi industri logam di Cilegon tahun 1995-2004 .....	63
17	Hasil pengukuran kualitas udara ambien tahun 1997.....	64
18	Banyaknya desa yang mengalami gangguan lingkungan pada tahun 2002 .....	64
19	Tingkat pertumbuhan ( <i>growth</i> ) produksi masing-masing industri .....	67
20	Harga per ton produksi industri I–VII .....	67
21	Estimasi emisi dioksin/furan indsutri I-VII .....	68
22	Estimasi emisi dioksin/furan berdasarkan simulasi Monte Carlo .....	70
23	Koefisien persamaan regresi antara emisi dan produksi .....	71

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



	Halaman
24	Konsentrasi emisi dioksin/furan dengan penyebaran 36 km ..... 73
25	Hubungan jarak penyebaran dan konsentrasi dioksin/furan ..... 76
26	Hubungan antara jarak penyebaran dengan persentase pengurangan konsentrasi..... 77
27	Nilai VOSL dari berbagai negara ..... 83
28	Nilai abatement dioksin/furan di Jepang dan UK ..... 84
29	<i>Abatement cost</i> dioksin/furan untuk sektor besi/baja serta reduksi emisi 84
30	Nilai AME untuk beberapa variabel ..... 87
31	Persentase dampak asumsi peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan emisi pada total emisi, konsentrasi di ambien dan laju degradasi ..... 94
32	Hasil simulasi estimasi potensi kasus kanker dan kasus kematian dengan asumsi pengurangan emisi tahun 1995-2025..... 96
33	Hasil simulasi estimasi potensi kasus kanker dan kasus kematian dengan asumsi peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan emisi tahun 1995-2025..... 97
34	Pengaruh peningkatan produksi 3,8% pada keuntungan bersih dan manfaat bersih ..... 104
35	Alternatif untuk analisis PRIME dengan nilai masing-masing kriteria ..... 110
36	Kebijakan makro dan mikro pengendalian pencemaran dioksin/furan ..... 117-118

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Estimasi emisi dioksin/furan di Indonesia tahun 2000 .....	4
2	Kerangka Pemikiran .....	8
3	Struktur dioksin dan furan .....	13
4	Reaksi-reaksi terbentuknya dioksin/furan .....	14
5	Skema penyebaran dioksin furan .....	17
6	Kurva Kuznet Lingkungan .....	24
7	Hubungan antara jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi, sumberdaya alam, dan lingkungan.....	25
8	Tingkat pencemaran yang efisien.....	27
9	Pemetaan proses penelitian .....	45
10	Peta kota penyebaran dioksin/furan dari Cilegon hingga Serang (36 km)..	51
11	Data metereologi Cilegon dan Serang dari tahun 1995-2004.....	53
12	Aliran proses pembuatan besi/baja .....	59
13	Hubungan konsentrasi dioksin/furan dengan tinggi cerobong .....	75
14	Hubungan konsentrasi dioksin/furan dengan jarak penyebaran.....	77
15	SFD model dampak emisi dioksin/furan .....	80
16	Hasil simulasi dampak perubahan konsentrasi standar di ambien pada laju degradasi .....	88
17	Hasil simulai dampak perubahan harga produksi pada keuntung- an bersih .....	89
18	Hasil simulasi dampak kebijakan pengurangan emisi pada kasus kanker .....	90
19	Hasil simulasi total emisi, konsentrasi di ambien, dan laju degradasi dengan berbagai pengurangan emisi .....	92
20	Hasil simulasi hubungan antara nilai produksi dengan konsentrasi emisi .....	93

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

21	Hasil simulasi hubungan antara laju degradasi dengan konsentrasi di ambien .....	95
22	Hasil simulasi hubungan antara konsentrasi di ambien dengan kasus kanker .....	98
23	Hasil simulasi <i>social cost</i> dengan berbagai asumsi pengurangan emisi .	99
24	Hasil simulasi hubungan antara pengurangan emisi dengan <i>abatement cost</i> .....	100
25	Hasil simulasi total <i>abatement cost</i> dengan asumsi pengurangan emisi ...	101
26	Hasil simulasi keuntungan bersih, manfaat bersih, dan <i>PV NetBen</i> dengan berbagai asumsi pengurangan emisi .....	103
27	Hasil simulasi hubungan antara emisi dengan pendapatan .....	105
28	Hasil simulasi grafik fungsi kerusakan emisi .....	106
29	Hasil simulasi grafik fungsi kerusakan ambien.....	106
30	<i>Value tree</i> untuk kriteria dan sub kriteria kebijakan dioksin/furan .....	108
31	Informasi <i>preference</i> untuk menentukan <i>score assessment</i> .....	111
32	<i>Value interval</i> kebijakan dioksin/furan .....	112
33	Hasil <i>weight</i> (pembobotan) .....	113
34	<i>Dominance</i> alternatif kebijakan dioksin/furan .....	114
35	<i>Decision rules</i> untuk alternative kebijakan dioksin/furan .....	115



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1	Tabel kestabilan cuaca berdasarkan Pasquill .....	140
2	ANOVA dari industri I–VII .....	140
3	Data nilai produksi .....	141
4	Data Produksi dan Emisi dari tiap industri .....	143
5	Contoh hasil simulasi Monte Carlo emisi dioksin/furan .....	147
6	Data-data untuk persamaan Dispersi dan perhitungan konsentrasi.....	149
7	Hasil pendugaan parameter model konsentrasi dengan emisi, kecepatan angin dan suhu .....	158
8	<i>Curve Fit</i> SPSS untuk konsentrasi dengan emisi .....	158
9	Nilai VOSL pada tahun 2004 .....	159
10	Laba (Rugi) industri I–III tahun 1999-2004 .....	159
11	Regresi SPSS hubungan PDRB dengan keuntungan bersih .....	160
12	Hasil simulasi dengan pengurangan emisi 0% .....	161
13	Hasil simulasi dengan pengurangan emisi 30,3% .....	163
14	Hasil simulasi dengan pengurangan emisi 40,7% .....	165
15	Hasil simulasi dengan pengurangan emisi 46,1%.....	167
16	Hasil simulasi dengan peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan emisi 0% .....	169
17	Hasil simulasi dengan peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan emisi 30,3% .....	171
18	Hasil simulasi dengan peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan emisi 40,6% .....	173
19	Hasil simulasi dengan peningkatan produksi 3,8% dan pengurangan pengurangan emisi 46,1% .....	175
20	Algoritma Vensim .....	177
21	Hasil PRIME pembobotan kriteria .....	186
22	Perhitungan emisi yang diperbolehkan .....	188
23	Persentase <i>social cost</i> pada PDRB .....	189

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengurniakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



## GLOSSARY

**Abatement cost:** biaya yang harus dikeluarkan untuk mengurangi atau mereduksi jumlah pencemar, bukan untuk meniadakan pencemar

**AME:** *Absolute Means Error* yaitu penyimpangan nilai rata-rata simulasi terhadap nilai empiris (nilai aktual), makin kecil nilainya makin baik

**Batas mutu emisi:** batas kadar maksimum yang diperbolehkan masuk ke dalam udara ambien

**Benefit transfer:** suatu cara penggunaan data dalam penelitian yang berdasarkan penelitian dari negara lain dengan penyesuaian

**Baseline:** suatu acuan dalam penelitian yang berdasarkan keadaan saat ini (*existing condition*)

**B3:** Bahan beracun dan berbahaya

**CA:** *Command and Control* yaitu kebijakan yang lebih bersifat perintah, pengaturan dan pengontrolan.

**Dioksin/furan:** dioksin dan furan yaitu nama generik untuk mendeskripsikan senyawa organoklor dan mempunyai banyak derivat yang merupakan pencemar yang persisten

**DDT:** *Dichloro Diphenyl Trichlorethane*

**ECU:** *European Currency Unit*, mata uang Eropa

**Emisi:** zat atau energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

**Faktor emisi:** suatu angka/nilai yang didapat berdasarkan penelitian, yang menunjukkan emisi dioksin/furan per unit aktivitas (misal,  $\mu\text{g I-TEQ/ton}$ )

**Fungsi dose response:** fungsi untuk menghitung dampak emisi polutan pada organisme hidup

**HCB:** *hexachlorobenzene*

**Inventarisasi:** kegiatan untuk mendapatkan data dan informasi yang berkaitan dengan mutu udara.



**Laju degradasi:** adalah tingkat degradasi yang merupakan perbandingan antara konsentrasi standar ambien dengan konsentrasi sebenarnya (tak bersatuan)

**Lipofilik:** sifat senyawa yang dapat terakumulasi pada jaringan lemak

**MAC:** *Marginal Abatement Cost* yaitu perubahan 1 unit pencemaran yang menyebabkan perubahan biaya yang harus dikeluarkan industri

**Manfaat bersih:** nilai bersih akibat adanya emisi, yang merupakan selisih dari keuntungan bersih industri dengan *social cost*.

**MCA:** *Multi Criteria Decison Analysis*

**MDC:** *Marginal Damage Cost* yaitu perubahan 1 unit pencemaran terhadap biaya kerusakan

**MECU:** *Mega European Currency Unit* =  $10^3$  ECU

**Model dispersi:** model untuk memperkirakan pengaruh faktor iklim dan perubahan emisi polutan terhadap konsentrasi di atmosfer

**NIP:** *National Implementation Plan* atau Rencana Pelaksanaan Nasional (RPN)

**ng:** nano gram =  $10^{-9}$  gram

**OLS:** *Ordinary Least Square*

**PCB :** *polychlorinated biphenyls*

**PCDD :** *Polychlorinated Dibenzo p-Dioxin* atau dioksin

**PCDF:** *Polychlorinated Dibenzo Furan* atau furan

**PDRB:** Produk Domestik Regional Bruto

**Pencemaran udara:** adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara ambien akibat kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

**Persamaan dose response:** persamaan yang menunjukkan hubungan antara dosis dan konsentrasi pencemar terhadap akibat atau respon yang ditimbulkan terhadap manusia atau makhluk hidup lainnya

**pg:** pico gram =  $10^{-12}$  gram

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
  2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

**POP's:** *Persistent Organics Pollutants* yaitu pencemar-pencemar organik yang persisten atau sukar didegradasi

**PRIME:** *Preference ratios in multiattribute evaluation*, yaitu perangkat lunak untuk melakukan analisis multikriteria

**PV NetBen:** *Present Value Net Benefit* yaitu nilai manfaat bersih yang diperhitungkan untuk nilai masa kini

**Sosial cost:** biaya yang dikeluarkan akibat adanya pencemaran (dalam penelitian ini merupakan penjumlahan dari nilai akibat kanker, nilai kematian serta total *abatement cost*)

**Sumber emisi:** setiap usaha atau kegiatan yang mengeluarkan emisi

**TCDD:** 2,3,7,8 tetrachlorodibenzo-para-dioxin biasa disebut dioksin

**TCDF:** 2,3,7,8 tetrachloro dibenzofuran biasa disebut furan

**TDI:** *Tolerable Daily Intake* yaitu asupan rata-rata per hari yang diperbolehkan

**TEF:** *Toxic Equivalent*, menyatakan jumlah konsentrasi semua komponen dioksin/furan yang masing-masing telah dikalikan dengan TEF

**TEF:** *Toxic Equivalent Factor* yaitu menyatakan berapa kali tingkat toksisitas satu isomer dioksin atau furan terhadap tingkat toksisitas 2,3,7,8-TCDD apabila 2,3,7,8-TCDD sama dengan 1.

**Udara ambien:** udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

**UNEP:** *United Nation Environmental Protection*

**Vensim:** perangkat lunak untuk mengembangkan model *system dynamics*

**VOSL:** *Value of Statistical Life* yaitu nilai hidup per orang secara statistik

**VOI:** *Value of Injury* yaitu nilai sakit per orang secara statistik, dalam hal ini potensi terkena kanker

**Waktu paruh (*half life*):** waktu yang dibutuhkan oleh suatu zat untuk mengurangi konsentrasi hingga setengah dari konsentrasi awalnya



**WPM** (*weight product model*): menghitung nilai preferensi dari masing-masing alternatif dengan rumus perkalian

**WSM** (*weight sum model*): menghitung nilai preferensi dari masing-masing alternatif dengan rumus penjumlahan

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.