

PERUBAHAN IKLIM DAN KEHIDUPAN BIOTA AKUATIK

(Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)

Etty Riani





© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin 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.



PERUBAHAN IKLIM DAN KEHIDUPAN BIOTA AKUATIK (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)

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 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

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 kritis 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.



PERUBAHAN IKLIM DAN KEHIDUPAN BIOTA AKUATIK (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)

Etty Riani



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.



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.

PERUBAHAN IKLIM DAN KEHIDUPAN BIOTA AKUATIK (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)

Etty Riani

Copyright © 2012 Etty Riani

Editor	: Elviana
Korektor	: Putri Komalasari
Desainer Sampul	: Sani Etyarsah
Penata Isi	: Sani Etyarsah, Ardhya Pratama
Sumber Foto Sampul	: http://www.hdwallpapersdesktop.com . http://www.sky-wallpaper.com

PT Penerbit IPB Press
Kampus IPB Taman Kencana Bogor

Cetakan Pertama: Juni 2012

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit

ISBN: 978-979-493-416-6



SAMBUTAN KETUA DEPARTEMEN PSL IPB

Saya sebagai Ketua Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Institut Pertanian Bogor (PS-PSL IPB) menyambut gembira kehadiran buku yang ditulis oleh ibu Dr. Ety Riani ini. Beliau merupakan salah seorang dosen di PS-PSL IPB yang menggeluti dan mendalami bidang ilmu pengelolaan pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air.

Buku ini mencoba mengupas tentang efek perubahan iklim yang disebabkan oleh pemanasan global akibat meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (GRK) di atmosfer dan limbah pencemaran air (B3/Bahan Berbahaya dan Beracun) terhadap kehidupan fauna air (ikan dan biota air lainnya) terutama terhadap proses metabolisme dan reproduksinya. B3 tersebut tidak hanya merugikan kehidupan fauna air tersebut berikut kelestariannya, tetapi juga mengancam terhadap keamanan konsumsi pangan (yang berasal dari biota air) bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lain yang mengonsumsinya.

Pencemaran air harus ditangani secara sungguh-sungguh karena air merupakan sumber penghidupan yang utama. Apabila kuantitas dan kualitas air terganggu, jaringan-jaringan kehidupan secara keseluruhan akan terganggu. Kondisi air yang tercemar diperparah oleh fenomena perubahan iklim global diprediksi akan mengganggu kelestarian hidup biota perairan.

Harapan kami semoga buku ini dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang pengelolaan pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air. Semoga buku ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang membacanya.

Prof. Dr. Ir. Cecep Kusmana, MS

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.



© 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 kritis 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.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah memberi nikmat sehat pada penulis, sehingga buku yang berjudul “Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi)” dapat diselesaikan. Buku ini pada dasarnya merupakan monograf yang disusun dari hasil beberapa hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis dan hasil kajian yang dilakukan pada saat penulis menjadi narasumber pada penelitian terkait dengan mata kuliah yang diampu oleh penulis seperti Ekofisiologi Hewan Air, Ekologi Perairan, Ekotoksikologi, Avertebrata Air, Pengelolaan Pencemaran serta Bioekologi dan Reproduksi Hewan Air. Penelitian tersebut dilakukan oleh penulis dengan dibiayai oleh berbagai instansi seperti oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Depdikbud, Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (Bapeda DKI Jakarta), Departemen Kelautan dan Perikanan, Dinas Perikanan dan Kelautan DKI Jakarta, BPLHD DKI Jakarta, serta penelitian dengan dana sendiri yang sangat minim dengan cara “*nebang*” dalam pengambilan data dan sampel penelitian yang sedang dilakukan mahasiswa. Selain itu, juga disarikan dari beberapa tulisan penulis yang dibuat oleh penulis dan disajikan pada beberapa seminar ilmiah dan pelatihan.

Perhatian penulis pada perubahan iklim diawali pada saat penulis mulai terlibat sebagai pengelola di PS-PSL, SPs-IPB, sehingga penulis berupaya untuk mengaitkan kejadian perubahan iklim dengan mata kuliah yang diampu penulis. Bersamaan dengan itu, muncul pula beberapa jurnal ilmiah yang mengaitkan kejadian perubahan iklim dengan *bioavailability* dan bioakumulasi bahan berbahaya dan beracun (B3) serta dengan berbagai aspek biologi hewan air dan kemungkinannya dapat mengakibatkan kegagalan reproduksi. Perubahan iklim menjadi daya tarik yang luar biasa untuk ditulis, mengingat perubahan iklim merupakan isu paling populer saat ini yang menyedot banyak perhatian para ilmuwan, pengambil kebijakan serta pemerhati lingkungan dari seluruh dunia. Oleh karena itu, semua elemen bersatu padu untuk bersama-sama meminimalkan terjadinya perubahan iklim.

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.

Ketertarikan penulis juga semakin besar, mengingat penulis juga dipercaya oleh Dirjen Dikti Kementerian Pendidikan Nasional menjadi anggota Kluster Perubahan Iklim dan Pelestarian Lingkungan, dan selanjutnya diberi kepercayaan oleh Ketua Kluster Prof. Dr. Bambang Hidayat untuk menjadi sekretaris kluster.

Buku ini disusun selama hampir tiga tahun, tetapi penyelesaian akhir, menjadi amat sangat lambat karena berperang melawan rasa malas dan tidak percaya diri. Namun, berkat Prof. Dr. Ir. Tun Tedja Irawadi yang selalu mengingatkan untuk membuat buku, *alhamdulillah* buku ini pada akhirnya dapat diselesaikan, walau di sana-sini banyak sekali kekurangan dan kesalahan. Untuk itu pada kesempatan ini dihaturkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Ibunda Prof Tun Tedja Irawadi yang selalu “memarahi” agar segera menulis buku dari berbagai penelitian yang selama ini seperti terserak di berbagai tempat tanpa ada yang mengumpulkan. Tanpa “omelan” beliau yang dilakukan secara kontinu, dan tanpa kelembutan beliau yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis dan menjawabnya dengan sangat bijaksana, buku ini mustahil dapat tersusun.

Pada kesempatan ini juga dihaturkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Prof. Dr. Ir. Cecep Kusmana, Ketua Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PS-PSL) SPs-IPB dan seluruh pengelola PS-PSL yang sangat mendukung pembuatan buku ini dan dari awal selalu memberi semangat untuk menyelesaikan buku. Ucapan terima kasih juga dihaturkan pada Ketua Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP)-FPIK, Dr. Ir. Yusli Wardiatno dan pengelola Departemen MSP yang juga sangat mendukung penyelesaian buku ini. Ucapan terima kasih juga dihaturkan pada Prof. Dr. Ir. Surjono H.S. yang telah memberi kepercayaan pada penulis untuk menjadi Sekretaris Executive dan Sekretaris I pada PS PSL, sehingga telah membuka wawasan yang lebih luas, sekaligus menyadarkan pada penulis bahwa ilmu tidak bisa dikotak-kotak, karena saling terkait antara satu dengan lainnya, tanpa kepercayaan beliau juga mustahil bisa terpikir menulis buku ini. Ucapan terima kasih yang tidak terhingga juga dihaturkan kepada Ibunda Prof. Dr. Ir. Syafrida Manuwoto yang selalu mengajak untuk berpikir secara logis dan berpikir secara ilmiah serta selalu mengajari penulis dengan berbagai hal dengan sangat bijaksana, selalu memberi semangat dan selalu



Kata Pengantar

membesarkan hati pada saat penulis terlihat tidak nyaman. Kepada Bapak Dekan FPIK, Prof Dr. Ir. Indrajaya, Prof. Dr. Ir. Endang Gumbira Said dan Prof. Dr. Ir. Hermanto Siregar dan Prof. Hadi Alikodra yang juga tidak bosan-bosannya selalu menanyakan kapan akan menulis buku dan mengurus kenaikan pangkat, juga dihaturkan terima kasih yang tidak terhingga.

Ucapan terima kasih juga tidak lupa disampaikan kepada guru-guru tercinta Prof. Dr. Sumardi Sastrakusumah alm., Ir. Pong Suwignyo, MSc dan Ibu Prof. Dr. Darnas Dana alm., Prof. Dr. M. Eidman alm, Prof. Dr. Mozes Toehiere alm., Prof. Dr. Tuty L. Yusuf, Dr. Srihadi Agungpriyono, Prof. Dr. Ir. Djamar Lumbanbatu, Prof. Dr. Ir. MF Rahardjo, Dr. Ir. Ridwan Affandi, Prof. Dr. Ir. Meno Fatria Boer, Prof. Dr. Ir. M. Ichsan Effendi alm., Dr. Ir. Djadja Sjafei alm., Ir. Saddon Silalahi, MS, Prof. Dr. Ir. Ismudi Muchsin, Dr. Bambang Purwantara, Prof. Dr. Ir. Kadarwan Suwardi, Ir. KA Aziz, MSc, Prof Dr. Bunasor, Prof. Aida Vitayala, Prof. Dr. Achmad Bey serta semua guru-guru lainnya yang tidak dapat disebut satu per satu dan telah menorehkan begitu banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada Rektor IPB beserta seluruh jajarannya yang telah memberi kepercayaan kepada penulis sebagai staf pengajar di IPB hingga saat ini.

Ucapan terima kasih juga tidak lupa disampaikan kepada Prof. Dr. Nizam, Prof. Dr. M. Munir, Prof. Dr. Bambang Hidayat, Prof. Dr. Haryoto Kusnoputranto, Prof. Dr. Nur Syam, Prof. Dr. Daud Silalahi, Dr. M. Nurdin, Bapak Dr. Abimanyu T. Alamsyah, Dr. Ispurwono Soemarno, Dr. Adi Pancoro, Dr. Agus Supangat, Dr. Edwin Aldrian, Dr. Suraya Afif dan Ir. Hadi Suyono, MS. yang telah banyak memberi literatur dan sekaligus telah banyak mewarnai monograf ini dari hasil diskusi yang dilakukan pada saat bersama-sama berdiskusi pada Kluster Perubahan Iklim. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada Dekan Sekolah Pascasarjana-IPB, Ketua PS-SDP, PS-IKL, PS-PSL dan Ketua Departemen SIL-IPB serta kepada Dekan dan Ketua Departemen Kesling, Dr. Arif Sumantri, Dr. Zulkifli Rangkuti FKIK-UIIN yang telah memberikan kepercayaan dan memberi kesempatan penulis walau mengajar pada hari libur, terkait mata kuliah yang berkaitan dengan monograf ini serta persahabatan yang tidak lekang oleh waktu. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada semua rekan-rekan sejawat di FPIK, di Fakultas lain



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
kegiatan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilan
b. Per
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

serta di universitas lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu baik, bersahabat, dan banyak memberikan inspirasi. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh handai taulan yang tidak dapat disebutkan satu per satu, serta semua mahasiswa Pascasarjana-IPB di terutama di PS PSL, PS SDP, PS IKL-IPB, serta mahasiswa S-1 dari Departemen MSP, ITK, BDP, THP, SIL-IPB dan mahasiswa Kesling UIN Jakarta, serta mahasiswa lain yang pada saat berdiskusi baik di dalam dan di luar kelas selalu banyak memberikan inspirasi. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada teman-teman di Direktorat SDM-IPB atas semua persahabatannya. Ucapan terima kasih juga dihaturkan kepada IPB Press yang telah membantu dalam penerbitan buku ini. Semoga semua amal baik Ibu dan Bapak mendapat balasan dari Allah Swt.

Pada kesempatan ini tak lupa penulis menghaturkan terima kasih kepada suami, Drs. H. Harsono Hadisumardjo, MM dan anak-anak tercinta M. Reza Cordova SPi MSi., Ramadhona Saville MSc., dr. M. Dzikrifishofa dan Farah Bilqistiputri, yang tidak bosan-bosannya selalu menanyakan kapan menulis buku, ayo semangat untuk nulis, kapan mau menulis, serta selalu mengingatkan agar selalu menjaga kesehatan dan tidak selalu membaca dan menulis hingga dini hari. Tidak ada gading yang tidak retak, dan tidak pernah ada manusia yang sempurna dan luput dari kesalahan, khilaf dan ketidaksempurnaan, begitu pula halnya pada saat menulis monograf ini. Salah, khilaf dan ketidaksempurnaan monograf ini, semata-mata berasal dari keterbatasan penulis. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mohon dibukakan maaf yang seluas-luasnya, dan tak lupa penulis juga menunggu masukan, kritik, dan saran yang sifatnya membangun. Penulis berharap semoga monograf ini dapat memberi manfaat terutama kepada mahasiswa-mahasiswa dan handai taulan yang mempelajari ekologi, ekotoksikologi, kimia lingkungan, bahan berbahaya dan beracun, pencemaran, keamanan pangan serta pengelolaan lingkungan. Selain itu monograf ini juga diharapkan akan lebih membuka wawasan bagi para pengambil kebijakan terkait dengan pengelolaan lingkungan, serta membuka wawasan para pencinta dan pemerhatilingkungan dan para pencinta ilmu pengetahuan

Bogor Mei 2012

Penulis



Pascasarjana IPB (Institut Pertanian Bogor)



Tulisan Ini Supersembahkan Untuk:

*Guru-guruku yang telah memberi harta tidak ternilai, berupa
ilmu pengetahuan
Almarhum Ayahanda dan almarhumah Ibunda tercinta
Suami dan anak-anak tercinta dan
Seluruh pencinta lingkungan dan pencinta kedamaian*

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© 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 kritis 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.



DAFTAR ISI

SAMBUTAN KETUA DEPARTEMEN PSL IPB	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II PEMBANGUNAN DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN.....	9
Pembangunan dan Modernisasi	9
Kesadaran Dunia terhadap Kerusakan Lingkungan.....	12
Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan.....	18
BAB III PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN	
IKLIM GLOBAL.....	27
Penggunaan Energi di Indonesia.....	27
Sifat Malas dan Gengsi dapat Memperbesar Penggunaan Energi.....	31
Kebijakan yang Kurang Mendukung Efisiensi Energi	32
Pertumbuhan Emisi Gas Rumah Kaca.....	35
Entropi Penyumbang Pemanasan Global	39
BAB IV PERUBAHAN IKLIM DAN LAUT.....	43
Kegiatan Antropogenik, GRK, dan Perubahan Iklim	43
Dampak Perubahan Iklim terhadap Laut dan Ketahanan Pangan	50
<i>El Nino, La Nina</i> , dan Perubahan Iklim	53

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
tindakan yang dapat merugikan kepentingan yang wajar IPB.
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Perubahan Iklim, Ekosistem Pesisir, dan Biota yang Ada
di Dalamnya 55

Adaptasi dan Resiliensi..... 58

Pemutihan Terumbu Karang 63

Perubahan Iklim dan Sumber Protein Ikan..... 66

BAB V IKAN DAN BIOTA AIR LAINNYA..... 69

 Ikan 70

 Krustase 78

 Moluska 80

 Coolenterata 81

 Echinodermata..... 82

 Amphibia 84

 Mamalia Air 85

 Reptilia 87

 Alga/Rumput Laut 89

 Tumbuhan Lamun 90

**BAB VI PERUBAHAN IKLIM GLOBAL DAN *BIOAVAILABILITY*
BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN..... 95**

 Limbah yang Dihasilkan dari Kegiatan Industri 96

 Limbah dan GRK 100

 GRK dan Hujan Asam..... 102

 Pencemaran Air dan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) 107

 Perubahan Iklim, Bioavailabilitas, dan Toksisitas B3..... 113

**BAB VII AKUMULASI BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN
PADA HEWAN AIR 123**

 Logam..... 125

 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): Benzo[a]pyrene 135



Daftar Isi

Metabolisme Bahan Berbahaya dan Beracun	143
Akumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun pada Hewan Air	145
Perubahan Iklim, Bioakumulasi, dan Keamanan Pangan	152

BAB VIII DAMPAK PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

TERHADAP KEGAGALAN REPRODUKSI	165
Reproduksi Hewan air	165
Peran Lingkungan dalam Proses Reproduksi Hewan Air	175
Perubahan Iklim Penyebab Gagal Reproduksi Biota Air	180
Gas Rumah Kaca, Hujan Asam, dan Kegagalan Reproduksi Biota Air	183
Dampak Perubahan Iklim Global terhadap Kelestarian Biota Air	193

DAFTAR PUSTAKA	197
----------------------	-----

PROFIL PENULIS	219
----------------------	-----

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

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



© 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 kritis 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.



DAFTAR TABEL

Tabel 1	<i>Global warming potential</i> (GWP) dari beberapa GRK utama di atmosfer	36
Tabel 2	Karakteristik tiga jenis gas rumah kaca utama	49
Tabel 3	logam berat yang sering terdapat di perairan alami, sumbernya, dan dampak yang ditimbulkannya.....	130
Tabel 4	Rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cr, Cd, dan Hg di Waduk Cirata	159
Tabel 5	Rata-rata konsentrasi logam berat Pb, Cr, Cd, dan Hg pada ikan mas yang dibudidayakan pada KJA di Waduk Saguling	160
Tabel 6	Kandungan logam berat di Perairan Muara Kamal	160
Tabel 7	Kandungan logam berat pada kerang hijau yang dibudidayakan di Perairan Muara Kamal.....	161

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

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 kritis 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.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Keterkaitan pembangunan, kerusakan lingkungan, dan perubahan iklim global (tanda + menunjukkan semakin meningkatkan dan tanda - semakin menurunkan).....	23
Gambar 2	Konsumsi energi per kapita di Indonesia menurut Bank Dunia 2012	29
Gambar 3	Konsumsi energi listrik per kapita di Indonesia menurut Bank Dunia 2012.....	30
Gambar 4	Emisi gas rumah kaca global menurut sektornya (%) dari penggunaan energi dan bukan penggunaan energi	38
Gambar 5	Daur karbon di alam.....	45
Gambar 6	Efek gas rumah kaca.....	47
Gambar 7	Beberapa jenis ikan konsumsi.....	71
Gambar 8	Beberapa jenis ikan hias	73
Gambar 9	Beberapa jenis Krustase.....	79
Gambar 10	Beberapa jenis Moluska.....	80
Gambar 11	Beberapa jenis Coelenterata	82
Gambar 12	Beberapa jenis Echinodermata.....	83
Gambar 13	Beberapa jenis Amfibi.....	85
Gambar 14	Beberapa jenis mamalia air.....	86
Gambar 15	Beberapa jenis Reptilia.....	88
Gambar 16	Dua jenis rumput laut	90
Gambar 17	Beberapa jenis tumbuhan lamun	92
Gambar 18	Asal bahan pencemar yang masuk ke dalam lingkungan.....	97

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor) | Bogor Agricultural University

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.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
tindakan yang merugikan kepentingan pendidikan, penelitian, pemulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 19	Nasib bahan pencemar B3 dalam ekosistem perairan	124
Gambar 20	Fotooksidasi benzo[a]pyrene	138
Gambar 21	Rute masuk, distribusi, dan eliminasi bahan toksik dalam tubuh	141
Gambar 22	Proses metabolime benzo pyrene	145
Gambar 23	Proses akumulasi secara fisik, kimia, dan biologi di laut	149
Gambar 24	Nasib bahan berbahaya dan beracun di dalam tubuh	150
Gambar 25	Rangkaian kejadian pada hewan setelah dilakukan pemaparan B3	151
Gambar 26	Penggantian ion Ca yang digantikan dengan ion Pb	152
Gambar 27	Kondisi hati ikan mas di Waduk Cirata.....	153
Gambar 28	Kondisi hati ikan petek (<i>Leiognathus equulus</i>).....	154
Gambar 29	Kondisi ginjal ikan mas	154
Gambar 30	Kondisi insang kerang hijau.....	155
Gambar 31	Cacat bawaan pada antena sironomus	157
Gambar 32	Cacat bawaan pada cangkang kerang hijau	157
Gambar 33	Proses spermatositogenesis.....	170
Gambar 34	Proses oogenesis.....	171
Gambar 35	Proses pembuahan yang dilanjutkan dengan embriogenesis pada ikan.....	174
Gambar 36	Proses pematangan gonad pada ikan betina.....	176
Gambar 37	Proses pemijahan pada ikan betina.....	178
Gambar 38	Peran sinyal lingkungan dalam reproduksi ikan	179
Gambar 39	Deformasi embrio ikan mas yang terpapar logam	191
Gambar 40	Deformasi larva ikan mas yang terpapar logam.....	192



Bab I

PENDAHULUAN

Hewan air, baik yang hidup di perairan yang ada di darat maupun di laut seperti ikan, udang, kepiting, lobster, kerang, keong, cumi-cumi, timun laut, dan sebagainya merupakan salah satu sumber protein hewani yang murah dan mudah didapat. Menurut Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 Pasal 1 Ayat 4 dikatakan bahwa ikan adalah segala jenis organisme yang seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya berada di dalam lingkungan perairan. Berdasarkan definisi yang terdapat pada Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004, biota air seperti ikan, udang, kepiting, lobster, kerang, keong, cumi-cumi, timun laut, rumput laut, dan sebagainya tersebut diberi nama umum sebagai ikan, sehingga pada buku ini penamaan umum untuk biota air akan disebut sebagai ikan.

Selain merupakan sumber protein hewani yang harganya terjangkau dan jumlahnya melimpah, ikan juga merupakan bahan pangan yang mengandung berbagai sumber nutrisi yang sarat gizi, mengingat pada ikan terkandung beranekaragam gizi seperti lemak, protein, vitamin dan mineral, serta rendah kolesterol. Hewan air, baik yang hidup di darat maupun yang hidup di laut, umumnya kaya akan mineral. Oleh karena itu, hewan air, terutama yang berasal dari laut, sering kali menjadi sumber mineral dalam jumlah yang cukup tinggi dan diperlukan untuk kesehatan. Selain itu, hewan air terutama yang berasal dari laut yang bersifat *herbivore* (pemakan tumbuh-tumbuhan) dan *plankton feeder* (pemakan plankton dengan cara menyaring plankton melalui insangnya) serta hewan laut dalam, pada umumnya kaya akan asam lemak tidak jenuh, seperti golongan asam lemak tidak jenuh ω_3 , ω_6 , DHA, EPA, dan sebagainya. Oleh karena itu, ikan pada umumnya merupakan protein yang

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.

sehat dan menyehatkan, sehingga sering kali dianjurkan untuk dikonsumsi oleh penderita yang bermasalah dengan hatinya seperti penderita penyakit kuning (hepatitis). Ikan juga dianjurkan untuk dikonsumsi oleh penderita tekanan darah tinggi, kolesterol tinggi, dan sebagainya. Selain itu, ikan yang sarat gizi tersebut (terutama asam lemak tidak jenuh, asam amino esensial, dan mineral) juga merupakan bahan pangan yang dapat mencerdaskan bangsa, terutama apabila dikonsumsi oleh anak-anak balita yang sedang memasuki *golden age period* (ada berbagai pendapat tentang *golden age period*, ada yang mengatakan hingga usia dua tahun, hingga tiga tahun, hingga empat tahun, hingga usia lima tahun, bahkan ada yang mengatakan hingga enam tahun) yang relatif masih mengalami pertumbuhan otak. Oleh karena itu, tidak salah jika Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perikanan dan Kelautan selalu berupaya untuk meningkatkan produksi perikanan, mengingat ikan selain sebagai sumber devisa melalui ekspor nonmigas (meningkatkan ekonomi), ikan juga digunakan sebagai sumber protein hewani yang murah, mudah didapat, menyehatkan dan mencerdaskan bangsa. Oleh karena itu, maka ikan yang harganya murah dan sarat dengan gizi ini dapat dimanfaatkan sebagai komoditas untuk memenuhi sumber protein hewani, dalam rangka melaksanakan program kecukupan gizi seperti yang tercantum pada Agenda 21 Indonesia Bab 2, Bidang Program A yakni tentang Pola Produksi dan Konsumsi Pangan, dan Kecukupan Gizi.

Ikan merupakan sumber pangan yang murah dan sarat gizi. Di lain pihak, ikan yang hidupnya di perairan, baik yang hidup di air tawar, air payau, maupun di laut, sering kali menjadi tempat pembuangan sampah dan limbah, sehingga hidup dan kehidupan ikan menjadi terganggu akibat menumpuknya sampah dan limbah (Riani dan Sutjahjo 2004). Kondisi tersebut juga semakin diperparah oleh adanya pembangunan ekonomi yang semakin gencar dilakukan, terutama gencarnya aktivitas industri dan pembangunan lainnya. Hal ini ada kaitannya dengan negara kita yang saat ini sedang giat-giatnya melaksanakan pembangunan di bidang ekonomi, terutama dalam hal menggenjot kegiatan industri. Sering kali aktivitas industri dan pembangunan lainnya membuang limbah cair yang dihasilkan dari kegiatannya langsung ke ekosistem perairan terutama sungai, yang akhirnya bermuara ke rawa, danau, waduk, dan akhirnya



masuk ke laut. Selain itu, dalam melaksanakan kegiatannya, kegiatan industri dan pembangunan ekonomi lainnya melakukan konversi energi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, giatnya pembangunan ekonomi tersebut sering kali menimbulkan tekanan-tekanan terhadap lingkungan (Riani dan Sutjahjo 2005).

Adapun salah satu ekosistem yang menderita dengan adanya buangan limbah dari hasil berbagai kegiatan ekonomi adalah ekosistem perairan. Hal ini terjadi karena sifat fisika kimia air sangat istimewa, yakni sebagai pelarut yang baik, sehingga air juga sering kali dimanfaatkan untuk mencuci berbagai peralatan pada hampir semua kegiatan antropogenik yang memerlukan kegiatan pencucian. Kondisi ini sering kali mengakibatkan berbagai bahan akan larut dan tersuspensi dalam air, dan selanjutnya hasil pencucian tersebut akan masuk ke dalam ekosistem perairan (perairan umum seperti sungai, danau, waduk, rawa, muara, dan laut). Hal yang sama juga dilakukan pada saat membuang bahan-bahan yang sudah tidak terpakai lagi, yang disebut sebagai limbah. Limbah-limbah tersebut ada yang sudah tercampur dalam air, sehingga limbah tersebut pada umumnya dibuang dalam bentuk cair, yang sering kali disebut sebagai limbah cair. Limbah cair tersebut untuk saat ini umumnya masih dibuang langsung ke perairan umum dengan tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu, sehingga jumlahnya dalam air menjadi banyak, melebihi kapasitas asimilasi (daya pulih diri) ekosistem perairan tersebut (Riani *et al.* 2004).

Adanya buangan limbah dari kegiatan antropogenik akan mengakibatkan ekosistem perairan menjadi paling menderita. Hal ini disebabkan letak topografi ekosistem perairan yang umumnya terletak di bagian bawah, sehingga limbah yang berasal dari manapun, baik yang berasal dari kegiatan pembangunan yang terjadi di daratan maupun dari kegiatan pembangunan yang terjadi di ekosistem perairan itu sendiri akan masuk ke dalam ekosistem perairan. Oleh karena itu, pada ekosistem perairan sering kali terjadi perubahan kualitas air yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya pencemaran di ekosistem perairan tersebut. Bahan-bahan pencemar yang tidak terabsorpsi oleh makhluk hidup cepat atau lambat akan masuk (mengendap) ke dalam sedimen (Riani 2004a).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 itipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 itipan tidak merugikan kepentingan yang wajar (PB).
 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pada dasarnya limbah dapat dibedakan menjadi dua jenis, yakni limbah organik dan limbah anorganik. Limbah organik umumnya ada dalam jumlah yang jauh lebih banyak daripada limbah anorganik. Namun demikian, cukup banyak limbah anorganik yang termasuk dalam kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga walaupun jumlahnya sedikit apabila dalam kondisi *bioavailable* dapat sangat membahayakan kehidupan makhluk hidup yang ada di dalamnya.

Limbah yang sudah mengendap di dasar perairan, pada umumnya akan tersimpan dengan baik di dasar perairan. Kalaupun ada yang terlepas lagi ke dalam air, dalam keadaan normal, umumnya hanya terlarut dalam jumlah yang relatif sangat kecil. Dalam kondisi normal, bahan-bahan yang sudah mengendap ke dasar perairan, apalagi pada laut dalam, relatif aman tersimpan di dasar perairan, sehingga berbagai literatur menyebutnya “hilang” ke dasar perairan. Hal ini terjadi karena B3 yang sudah tersimpan dalam sedimen tersebut relatif stabil, dan hanya dalam jumlah yang relatif sangat kecil yang mampu terlepas kembali ke dalam perairan (Riani 2004). Namun, tidak demikian halnya dalam kondisi ekstrem seperti yang terjadi saat ini, yakni saat tingginya pembangunan ekonomi. Pada saat pembangunan dilakukan secara terus menerus, dari kegiatan pembangunan akan dihasilkan limbah dalam jumlah yang banyak, dan pada akhirnya akan mengakibatkan terakumulasinya B3 di dasar perairan, dan suatu saat jumlahnya akan sampai pada tingkat yang melampaui daya dukung lingkungan (di luar batas toleransinya) (Riani 2002).

Pada kegiatan pembangunan ekonomi, seperti kegiatan industri, konversi energi yang paling aktif dilakukan antara lain adalah pembakaran bahan bakar fosil (BBF) untuk menjalankan roda industri dan roda ekonomi yang mengonversi energi, dari energi yang terkandung pada bahan bakar menjadi berbagai jenis energi lain. Pembakaran BBF tersebut paling dominan dimanfaatkan untuk menggerakkan berbagai mesin industri serta untuk transportasi dan distribusi produk yang dihasilkan, dan untuk mendatangkan bahan baku. Pembakaran bahan bakar fosil yang jumlahnya banyak, pada akhirnya akan mengakibatkan melimpahnya gas karbon dioksida (CO₂), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) yang sering kali disebut sebagai



1. Ditara
2. Dilara

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

gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Melimpahnya GRK di atmosfer akan menyebabkan terjadinya pemanasan global, dan selanjutnya berpotensi mengakibatkan terjadinya perubahan iklim global, serta terjadinya hujan asam di lokasi tersebut. Apabila hal tersebut terus-menerus terjadi, akan mengakibatkan terjadinya pengasaman air laut (Marques *et al.* 2010). Di lain pihak, terjadinya perubahan derajat keasaman air laut menyebabkan bahan-bahan yang sudah “hilang” ke dasar perairan tersebut akan lepas kembali (terlarut) ke dalam air (Marques *et al.* 2010) sehingga konsentrasinya dalam perairan melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Selanjutnya dikatakan bahwa bahan-bahan yang termasuk ke dalam kategori B3 tersebut, dalam kondisi terjadi perubahan iklim, *bioavailibility*-nya akan meningkat, sehingga menjadi lebih mudah terakumulasi dalam biota perairan. Kondisi tersebut mengakibatkan ikan yang hidupnya di perairan, baik yang hidup di air tawar, air payau, maupun di laut, dapat mengakumulasi bahan berbahaya dan beracun (B3) seperti logam berat, poliaromatik hidrokarbon, pestisida, dan sebagainya dalam tubuhnya, sehingga ikan dapat menjadi sumber pangan yang tidak aman untuk dikonsumsi (Riani 2004).

Mengingat B3 bersifat akumulatif, apabila B3 dalam ekosistem laut telah melampaui batas ambangnya, akan mengganggu, atau merusak, atau bahkan menghancurkan kehidupan organisme yang ada di dalamnya, serta akan menurunkan nilai guna ekosistem laut untuk peruntukan lainnya seperti untuk konservasi, budi daya, rekreasi, atau untuk keperluan lain. Selain itu, organisme laut yang hidup di dalamnya, baik yang dibudidayakan maupun yang hidup bebas di dalam perairan tersebut, seperti udang, kerang, keong, kepiting, ikan dan tumbuhan air, dapat mengakumulasi B3 melebihi ambang batas, sehingga akan sangat membahayakan kehidupan yang ada di dalamnya. Hal ini terjadi karena B3 selain akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada organ tubuh; juga akan sangat mengganggu proses reproduksi, bahkan berpotensi menyebabkan gagalnya reproduksi yang akan berdampak pada menurunnya produksi perikanan dan pada akhirnya akan berakibat pada menurunnya ketahanan pangan. Produksi yang sudah rendah ini juga diperparah oleh tingginya akumulasi B3 dalam tubuh “ikan”, melewati batas aman untuk konsumsi manusia, sehingga jika biota tersebut dikonsumsi (manusia) dapat membahayakan kesehatannya, mulai dari sebatas hanya

mengganggu kesehatan, karena dapat mengakibatkan rusaknya organ tubuh (Klaassen and Amdur 1986; Riani 2010a dan 2010b), hingga menjadi karsinogenik (pencetus kanker) (Klaassen dan Amdur 1986), teratogenik (pencetus cacat bawaan pada embrio) yang akan membahayakan keturunannya (Klaassen dan Amdur 1986; Riani dan Cordova 2011; Cordova 2011), dan berbagai dampak buruk lainnya.

Ikan umumnya merupakan sumber protein hewani yang sarat nutrisi. Selain mengandung protein, juga kaya akan berbagai jenis mineral dan asam lemak tidak jenuh. Oleh karena itu, iklan “**ingin sehat? makanlah ikan**” bukan hanya isapan jempol, mengingat dengan **mengonsumsi ikan**, akan **menghindari** terjadinya **peningkatan kolesterol** dalam darah. Selain itu, untuk anak-anak terutama pada masa *golden age period* akan **meningkatkan kecerdasan**, sehingga ikan merupakan sumber protein yang dapat **menyehatkan dan mencerdaskan bangsa**. Namun demikian, dengan adanya kegiatan pembangunan yang mengakibatkan meningkatnya pencemaran, terutama B3 serta adanya perubahan iklim mengakibatkan B3 yang sudah tersimpan di dasar perairan menjadi lepas kembali ke dalam air. Tidak hanya akan mengancam ketahanan pangan ditinjau dari ketersediaannya, tetapi juga akan mengancam keamanan pangan sehingga dapat mengganggu kesehatan manusia yang mengonsumsinya. Oleh karena itu, pencemaran B3 dan perubahan iklim sudah sangat mendesak untuk dicarikan solusinya sesegera mungkin.

Saat ini isu pemanasan global dan isu perubahan iklim merupakan isu yang sangat hangat diperbincangkan di berbagai kalangan, mengingat dampaknya bukan hanya terjadi secara lokal, tetapi terjadi secara global. Selain itu, pemanasan global dan perubahan iklim tersebut dapat mengganggu, bahkan meluluhlantakkan berbagai kehidupan mulai dari hewan tingkat rendah, hewan tinggi, tumbuhan tingkat rendah, tumbuhan tingkat tinggi, hingga manusia. Terjadinya perubahan iklim mengakibatkan terganggu atau bahkan gagal proses reproduksi, sehingga berbagai tumbuhan gagal membuat sel reproduksi seperti gagal membentuk bulir padi, gagal memproduksi buah, dan sebagainya. Kondisi yang sama juga dapat terjadi pada ikan (hewan air). Hal ini terjadi karena proses reproduksi ikan yang hidup di alam selalu dimulai apabila



terdapat sinyal lingkungan yang tepat. Oleh karena itu, dengan terjadinya perubahan iklim, sinyal lingkungan untuk terjadinya reproduksi bisa datang pada saat yang tidak tepat, sehingga reproduksi ikan akan terganggu. Lebih jauh dari itu, pada ikan yang rangsangan reproduksinya berupa iklim misalnya awal musim penghujan, dengan tidak datangnya awal musim penghujan pada saat yang tepat, akan mengakibatkan ikan harus menunda pemijahannya pada musim berikutnya. Apabila pada tahun berikutnya terjadi hal yang sama, ikan akan mengalami gagal reproduksi.

Reproduksi pada makhluk hidup manapun merupakan satu mata rantai kehidupan yang harus dijalani oleh semua makhluk hidup dalam rangka melestarikan jenisnya. Oleh karena itu, makhluk apapun akan selalu berupaya melakukan proses reproduksi; bahkan pada saat menghadapi situasi sangat genting sekali pun, makhluk hidup akan melakukan berbagai strategi, sehingga pada akhirnya dapat melakukan proses reproduksi. Khusus pada hewan air, apabila ada hal-hal yang tidak mendukung proses reproduksi seperti lingkungan yang tidak optimum atau bahkan keluar dari batas toleransi untuk mendukung kehidupan keturunannya, hewan air (ikan) akan menunda proses reproduksinya dan menyimpan kembali nutrisinya untuk persediaan reproduksi pada musim berikutnya. Kegiatan tersebut dilakukan mengingat pada proses reproduksi diperlukan persiapan yang relatif panjang, terutama dalam hal penyediaan materi dan energi untuk keperluan reproduksi tersebut. Selain materi dan energi yang sesuai, ikan juga akan memijah pada tempat yang lingkungannya paling cocok untuk kelangsungan hidup anaknya. Oleh karena itu, cukup banyak ikan yang pada saat akan memijah, melakukan perpindahan yang dikenal sebagai ruaya pemijahan. Pada ruaya pemijahan ini bahkan ada yang melakukan perpindahan begitu jauh (mencapai puluhan kilometer) dan melintasi berbagai lokasi penuh tantangan dan bahaya, yang semuanya ditujukan untuk kelangsungan hidup anaknya, demi menjaga keberlangsungan keturunannya. Sebagai contoh, induk ikan salmon pada saat melakukan reproduksi akan melakukan ruaya pemijahan dari laut dalam menuju hulu sungai, dan induk ikan sidat melakukan ruaya dari perairan tawar menuju ke laut dalam. Hal ini dilakukan dalam rangka melestarikan jenisnya, karena apabila reproduksi gagal, bukan tidak mungkin ikan tersebut pada akhirnya akan punah. Oleh karena itu, perubahan iklim global dapat menyebabkan terjadinya perubahan periode waktu rangsangan lingkungan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

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

untuk terjadinya proses pemijahan, sehingga dapat mengakibatkan gagalnya reproduksi yang berujung pada terjadinya kepunahan. Oleh karena itu, kejadian perubahan iklim perlu sangat diwaspadai.

Adanya gangguan atau bahkan terjadinya gagal reproduksi merupakan hal yang sangat berpengaruh pada tinggi rendahnya keanekaragaman hayati (keanekaragaman spesies), mengingat apabila terjadi kepunahan pada spesies tertentu, keanekaragaman hayati juga akan menurun. Di lain pihak, bisa saja spesies yang hilang tersebut merupakan spesies yang bernilai ekonomis penting, sehingga hilangnya spesies tertentu akan dapat mengganggu perekonomian suatu wilayah. Spesies yang hilang tersebut juga terjadi pada spesies yang tidak bernilai ekonomis penting, tetapi dalam ekosistem semua spesies mempunyai makna yang sangat penting, mengingat spesies tersebut saling memengaruhi dan saling bergantung antara satu dengan lainnya. Oleh karena itu, kehilangan spesies tersebut akan dapat mengubah sistem yang ada di dalamnya, termasuk mengubah rantai makanan, jala makanan, dan berbagai hal dalam ekosistem, yang pada akhirnya akan sangat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Mengingat perubahan iklim dapat mengganggu berbagai aspek kehidupan, penulis merasa perlu mengungkap kaitan aspek perubahan iklim dengan terganggu atau gagalnya reproduksi dan menurunnya keanekaragaman hayati, terutama pada ikan dan hewan air lainnya, yang umumnya dalam menjalankan reproduksinya sangat bergantung pada iklim. Tulisan ini diharapkan akan memberi pengetahuan tentang betapa penting dan berpengaruhnya perubahan iklim pada ketersediaan bahan-bahan toksikan di lingkungan perairan, yang bukan saja akan merugikan hewan air, tetapi dapat berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Buku ini diharapkan akan memberi wawasan, sekaligus dapat menjadi dasar atau pegangan dalam melakukan pengelolaan lingkungan perairan dan pengelolaan sumber daya perikanan yang hidup di alam (perairan umum), baik di perairan tawar, perairan pesisir dan laut, sehingga ikan akan tetap lestari, keanekaragamannya tetap tinggi dan aman dikonsumsi. hal ini terjadi karena pada dasarnya perubahan iklim tidak dapat kita hentikan, yang paling memungkinkan hanya mencoba untuk meminimalkannya.



Bab II

PEMBANGUNAN DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN

Pada dasarnya manusia selalu melakukan berbagai upaya untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melaksanakan pembangunan di segala bidang. Tidak hanya pada kegiatan pembangunan, bahkan semua kegiatan pengelolaan lingkungan hidup juga ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia. Hal ini dapat disimak pada Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan, bahwa pengelolaan merupakan upaya sistematis dan terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup, yang meliputi aspek perencanaan, penataan ruang, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan dan pemulihan, pengawasan dan pengendalian serta perlindungan. Namun, definisi lainnya adalah keseluruhan tindakan manajemen terhadap sumber daya alam hayati dan nonhayati dalam rangka mendapatkan totalitas barang, manfaat, dan nilai-nilai yang dapat diperoleh dengan tetap mempertahankan kelestariannya untuk generasi sekarang dan generasi pada masa yang akan datang. Berdasarkan definisi tersebut, tersirat di dalamnya bahwa apapun yang dilakukan oleh manusia, semuanya ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia (Riani 2011a).

Pembangunan dan Modernisasi

Menurut Harding (1998) yang dimaksud dengan pembangunan adalah berbagai upaya yang dilakukan oleh manusia yang ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraannya, sehingga dapat mengurangi kemiskinan,

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.

meningkatkan kualitas hidup, melakukan modernisasi, memenuhi pendidikan, mencapai keadilan, berupaya untuk selalu sehat, berupaya agar dapat mencapai demokrasi dan kebebasan, berupaya untuk melakukan perdagangan yang adil serta berupaya untuk melakukan konservasi. Dalam melaksanakan pembangunan dan meningkatkan kesejahteraan manusia tersebut, umumnya dilakukan dengan melaksanakan modernisasi di segala bidang. Oleh karena itu, umumnya pembangunan relatif identik dengan modernisasi.

Saat ini modernisme sering dianggap sebagai sebuah keharusan yang tidak bisa ditahan oleh sebuah bangsa, sehingga gelombang modernisasi telah merambah ke berbagai pelosok negeri; sekalipun dalam modernisasi tersebut harus mengabaikan aspek lain, seperti aspek geografis, aspek lingkungan, dan sebagainya. Oleh karena itu, dalam rangka meningkatkan harmonisasi berbagai aspek, modernisasi harus dihadapi melalui strategi yang arif dan bijaksana. Modernisme itu sendiri secara definitif sering diartikan sebagai cara pandang dari suatu masyarakat atau bangsa untuk meraih cita-cita menuju kemajuan. Di lain pihak, perubahan menuju ke arah kemajuan tersebut pada kenyataannya sering kali diiringi oleh berbagai konsekuensi terhadap dampak yang akan ditimbulkan akibat kemajuan tersebut. Bahkan, dampak yang ditimbulkan dari adanya kemajuan tersebut, sering kali menghasilkan dualisme keberpihakan sehingga seperti dua belah mata uang yang berbeda antara satu dengan lainnya, yakni ada yang berdampak positif tetapi ada pula yang berdampak negatif. Namun demikian, kemunculan kedua sisi yang berbeda tersebut akan tergantung pada implementasi dan penyikapan di lapangan.

Berkenaan dengan hal tersebut, dalam melakukan pembangunan dan modernisasi, sering kali ada anggapan yang sangat instan yang mengatakan bahwa pengelolaan lingkungan dapat menghalangi pembangunan, sehingga aspek lingkungan sering kali dipertentangkan dengan pembangunan. Hal ini terjadi karena manusia yang bersifat serakah dan egois sering kali hanya berpikir jangka pendek dan berpikir secara instan, serta hanya mementingkan keuntungan sesaat tanpa memikirkan kejadian yang mungkin akan menimpa pada masa yang akan datang. Lebih ekstremnya, dikatakan bahwa manusia modern selalu mengagungkan materi dan energi, bahkan sadar atau tidak sadar **etika manusia modern** juga hampir selalu **mengagungkan orang yang**



mempunyai materi dan energi yang berlimpah, sehingga secara tidak sadar pada akhirnya kita sudah “**menuhkan materi dan energi**”. Oleh karena itu, kepemilikan materi yang berlimpah merupakan **cita-cita** hampir semua manusia “normal” (Riani 2011d). Hal tersebut dapat diamati pada kebiasaan yang hampir melanda semua golongan masyarakat di berbagai belahan bumi bahwa **kepemilikan materi yang berlimpah merupakan suatu kebanggaan, walau materi tersebut didapatkan dengan cara yang amoral**.

Kondisi tersebut terjadi karena paradigma pada kebanyakan manusia modern bahwa materi adalah sumber daya, kekuatan, dan kebanggaan. Oleh karena itu, selama materi tersebut dapat dimanfaatkan secara ekonomi dan akan menguntungkan, materi tersebut akan dieksploitasi sebanyak-banyaknya, mengingat pemikiran kebanyakan manusia modern bahwa alam dibuat untuk manusia dalam rangka meningkatkan kesejahteraan umat manusia, sehingga sumber daya alam harus diambil dan dimanfaatkan. Adanya paradigma tersebut pada akhirnya akan menuntun sebagian besar manusia modern menjadi sangat rakus terhadap materi dan energi, serta berperilaku yang “merusak” sehingga pada akhirnya mengakibatkan terjadinya krisis ekologi (Riani 2011d).

Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa pada umumnya manusia modern relatif **kurang mempunyai kesalehan terhadap lingkungan**. Hal ini terbukti dari cara memandang manusia modern terhadap sesuatu yang sering kali lebih memandang pada sisi kemanusiaannya, dan bukan memandang dari sisi kearifannya. Hal tersebut juga terlihat jelas dari keinginan manusia modern untuk selalu mengeksploitasi materi dan energi dalam jumlah yang terlalu banyak, tanpa diikuti oleh pemikiran tentang kemampuan alam untuk mengimbangi eksploitasi yang sangat berlebih tersebut. Selain itu, manusia sering kali juga tidak pernah memikirkan bahwa alam menjadi tidak berdaya menghadapi keserakahan manusia modern. Kondisi tersebut juga dibuktikan dari perbuatan kita sehari-hari bahwa pada setiap detik manusia modern berjalan, bahkan pada setiap desahan napas yang dilakukan, bukan tidak mungkin semuanya akan menimbulkan risiko (dampak negatif) pada lingkungan. Oleh karena itu, secara perlahan akan terjadi berbagai kerusakan di muka bumi, yang pada akhirnya juga akan berdampak negatif pada manusia itu sendiri (Riani 2011b).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

Kesadaran Dunia terhadap Kerusakan Lingkungan

Iklim didefinisikan sebagai hasil interaksi antara proses-proses fisik dengan kimia fisik yang meliputi suhu, kelembaban, angin, dan pola curah hujan, yang terjadi pada suatu tempat di muka bumi. Oleh karena itu, perubahan iklim merupakan proses yang sangat kompleks, dipengaruhi banyak faktor dan saling berinteraksi dalam waktu panjang (Winarso 2002). Dalam kondisi normal, iklim tidak berubah, tetapi dalam kondisi yang tidak biasa dapat terjadi perubahan iklim. Salah satu penyebab dari terjadinya perubahan iklim adalah terjadinya pemanasan global (kenaikan suhu), dan salah satu penyebab pemanasan global adalah meningkatnya gas rumah kaca (GRK) di atmosfer. Hal tersebut sesuai dengan pendapat EPA (2006) yang mengatakan bahwa terkait dengan emisi GRK yang terus bertambah akibat semakin meningkatnya kegiatan manusia, beberapa ilmuwan menyatakan bahwa manusia dapat mengubah suhu global dan iklim bumi pada laju yang belum pernah terjadi sebelumnya. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa akar permasalahan dari terjadinya perubahan suhu global dan perubahan iklim global adalah kegiatan antropogenik yang dilakukan secara tidak bijaksana dan jauh dari sifat kesalehan terhadap lingkungan (Riani 2011a).

Adanya berbagai kerusakan dan dampak negatif yang dirasakan oleh manusia tersebut, pada akhirnya menimbulkan kesadaran pada individu-individu manusia untuk bersama-sama menyelamatkan lingkungan. Oleh karena itu muncul kesadaran dunia terhadap kerusakan lingkungan yang puncaknya tercermin dengan dilaksanakannya Konferensi Internasional tentang Lingkungan Hidup dan Pembangunan atau Konferensi Tingkat Tinggi (KTT) yang dilaksanakan di Rio de Janeiro, Brazil pada tanggal 3 hingga 14 Juni 1992 dan dikenal dengan nama KTT Bumi. KTT Bumi menghasilkan beberapa hal penting, di antaranya adalah dua kesepakatan internasional, dua pernyataan tentang prinsip dan sebuah agenda utama tentang pembangunan berkelanjutan di seluruh dunia. Adapun kelima dokumen yang dihasilkan tersebut adalah:



1. Deklarasi Rio
2. Konvensi Perubahan Iklim
3. Konvensi Keanekaragaman Hayati
4. Agenda 21
5. Prinsip-prinsip Pengelolaan Hutan

Pada pertemuan negara-negara di KTT Bumi tersebut, masing-masing peserta menyadari bahwa alam semesta dan seluruh makhluk yang tinggal di dalamnya merupakan satu kesatuan yang saling bergantung, saling terpadu, dan saling terkait antara satu dengan lainnya. Oleh karena itu, KTT Bumi menetapkan serangkaian asas-asas, sebagai pedoman untuk melaksanakan pembangunan pada masa yang akan datang. Pada asas-asas tersebut juga dinyatakan adanya hak-hak manusia atas pembangunan, juga sekaligus memuat tanggung jawab manusia terhadap pelestarian lingkungan. Pada pertemuan tersebut juga digambarkan betapa sulitnya pembangunan lingkungan pada masa yang akan datang apabila negara-negara maju masih tetap mengonsumsi sumber daya secara berlebihan, mengingat jika kondisi tersebut berlangsung terus, negara-negara berkembang akan menjadi lebih miskin akibat semakin sulitnya melakukan pengelolaan terhadap sumber daya yang dimilikinya. Kondisi tersebut juga tertuang dalam prinsip tentang hak dan kewajiban umat manusia terhadap lingkungan, yang selanjutnya dikembangkan dalam Agenda 21 yang tidak lain merupakan salah satu produk dari lima dokumen yang dihasilkan oleh KTT Bumi. Adapun yang dimaksud dengan Agenda 21 adalah dokumen kesepakatan yang ditandatangani oleh 178 kepala negara, dan di dalamnya memuat program kerja pelaksanaan pembangunan negara secara berkelanjutan. Namun demikian, mengingat kondisi sosial-ekonomi pada masing-masing negara berbeda antara satu dengan lainnya, program kerja tersebut masih harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi pada masing-masing negara tersebut.

Mengingat lingkungan sering kali diperlakukan sebagai sektor yang dipertentangkan dengan pembangunan, padahal lingkungan merupakan bagian integral dari pembangunan, maka lingkungan hidup dimasukkan dalam Agenda 21 dan sekaligus menjadi isu yang paling diperhatikan. Berdasarkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

hal tersebut, Agenda 21 merupakan dokumen yang cukup komprehensif karena di dalamnya memuat program aksi pembangunan berkelanjutan secara global menjelang abad 21 (*a Programme of Action for Environment and Development Worldwide*). Oleh karena itu, Agenda 21 sering kali dianggap sebagai tonggak kebangkitan manusia untuk keberlanjutannya pembangunan, mengingat salah satu hasil dari KTT Bumi yang berupaya diimplementasikan pada seluruh sendi kehidupan adalah konsep pembangunan berkelanjutan. Sebenarnya, Agenda 21 merupakan program aksi pembangunan berkelanjutan secara global menjelang abad 21. Namun, hingga kita memasuki abad 21, program aksi pembangunan berkelanjutan tersebut terasa masih relevan untuk selalu diimplementasikan pada kehidupan sehari-hari.

Berkaitan dengan pembangunan berkelanjutan tersebut, pada dasarnya ada dua isu utama yang sangat ditekankan yaitu masalah lingkungan hidup dan masalah pembangunan. Dalam Agenda 21, kedua isu yang dianggap saling bertentangan tersebut dipersatukan pada satu kesatuan, dengan tujuan untuk saling mendukung dan saling melengkapi, sehingga menjadi satu kesatuan yang akan membuat dunia dapat dinikmati oleh generasi manapun yang hidup di dalamnya. Apabila pembangunan dilaksanakan dengan mengikuti petunjuk dari Agenda 21 secara baik dan benar, kedua permasalahan yang saling bertentangan tersebut akan dapat diselesaikan dengan baik. Hal tersebut sangat mungkin terjadi, karena pada Agenda 21 terdapat berbagai petunjuk dan tata cara yang sangat komprehensif dan sangat baik dalam rangka melindungi bumi dari kerusakan lingkungan, sehingga jika Agenda 21 tidak lagi bersifat preskriptif, tetapi sudah dapat diimplementasikan dengan baik, kerusakan lingkungan akan dapat diminimalisir.

Pada dasarnya Agenda 21 terdiri atas 4 bagian yang keseluruhannya diuraikan dalam 38 bab. Bagian pertama yang berisi tentang masalah pembangunan yang dititikberatkan pada sumber daya manusia yang berkaitan dengan kegiatannya dan dampak dari kegiatan tersebut terhadap lingkungan, serta dampak dari kerusakan lingkungan tersebut terhadap manusia. Bagian pertama ini diberi nama Dimensi Sosial Ekonomi (*Social Economic Dimension*), yang terdiri dari 7 bab. Adapun topik-topik yang dibahas dalam bagian ini adalah sebagai berikut.



1. Ditara
- a. Per
- b. Per
2. Dilanc

1. *International cooperation to accelerate sustainable development in developing countries and related domestic policies*
2. *Combating poverty*
3. *Changing consumption pattern*
4. *Demography dynamic and sustainability*
5. *Protecting and promoting human health*
6. *Promoting sustainable human settlement development*
7. *Integrating environment and development in decision making*

Bagian kedua, tentang Konservasi dan Pengelolaan SDA untuk Pembangunan (*Conservation and Management of Resources for Development*). Bagian ini menekankan pada pengelolaan dan konservasi sumber daya alam, ekosistem, dan isu penting lainnya. Bagian kedua ini merupakan bagian terbesar yang membahas berbagai permasalahan sumber daya alam dan lingkungan. Bagian ini terdiri dari 17 bab dan membahas topik-topik:

1. *Protecting of the atmosphere*
2. *Integrated approach to the planning and management of the land resources*
3. *Combating deforestation*
4. *Managing fragile ecosystem: combating desertification and drought*
5. *Managing fragile ecosystem: sustainable mountain development*
6. *Promoting sustainable agriculture and rural development*
7. *Conservation of biological biodiversity*
8. *Environmentally sound management of biotechnology*
9. *Protection of ocean and seas*
10. *Protection of the quality and supply of fresh water resources*
11. *Environmentally sound management of toxic chemical including prevention, of illegal international traffic in toxic and dangerous product*
12. *Environmentally sound management of hazardous wastes including prevention of illegal international traffic in hazardous wastes*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pe
b. Pe
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

13. *Environmentally sound management of solid waters and sewage*
14. *Safe and environmentally sound management of radio active wastes*

Bagian ketiga membahas tentang isu kemitraan antarpengelola lingkungan dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Bagian tiga ini terdiri dari 9 bab yang mengutarakan Peranan Kelompok Utama (*Strengthening the role of major groups*). Adapun topik yang dibahas pada bagian ketiga ini adalah:

1. *Global action for women*
2. *children and youth in sustainable development*
3. *Strengthening the role of indigenous people*
4. *Strengthening the role of non governmental organization*
5. *Local authorities*
6. *Strengthening the role of workers and trade union*
7. *Strengthening the role of business and industry*
8. *Scientific and technological community*
9. *Strengthening the role of farmers*

Bagian keempat menggambarkan tentang penerapan Agenda 21 melalui pengkajian dan analisis pertanyaan tentang bagaimana mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan. Bagian ini pada dasarnya menawarkan kegiatan-kegiatan konstruktif dan inovatif yang dapat diimplementasikan pemerintah, baik pemerintahan negara maju maupun pemerintahan negara berkembang. Bagian empat terdiri dari 8 bab mengenai Sarana Implementasi (*Means of Implementation*). Adapun topik-topik yang dibahas pada bagian empat adalah:

1. *Financial resourcies and mechanism*
2. *Transfer of environmentally sound technology, cooperation, and strengthening the role of capacity building*
3. *Science for sustainable development*
4. *Promoting education public, awareness and training*



5. *National mechanism and international cooperation for capacity building in developing countries*
6. *International institutional arrangement*
7. *International legal instrument and mechanism*
8. *Information for decision making*

Indonesia merupakan salah satu negara peserta *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED), juga merupakan negara yang menerima sejumlah perjanjian tidak mengikat, sehingga Indonesia juga harus melaksanakan perjanjian tersebut. Dalam rangka menindaklanjuti, menerapkan serta menyesuaikan dengan situasi dan kondisi di Indonesia, Pemerintah Indonesia menjabarkan dan menindaklanjuti dengan cara membuat Agenda 21 Indonesia. Agenda 21 Indonesia pada dasarnya sama dengan Agenda 21 dunia, yakni merupakan landasan untuk melakukan pengelolaan lingkungan dan pemanfaatan sumber daya alam dalam menghadapi abad 21 (tetapi masih relevan untuk saat ini). Agenda 21 Indonesia berisikan langkah-langkah utama untuk melaksanakan pembangunan berkelanjutan dan sekaligus memberikan serangkaian pandangan dan inspirasi untuk diadopsi pada setiap proses perencanaan di setiap tingkatan pembangunan di Indonesia. Oleh karena itu, dokumen tersebut memuat berbagai aspek terkait dengan kebijakan, pengembangan program, dan strategi yang meliputi hampir seluruh perencanaan pembangunan bidang sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Agenda 21 Indonesia terdiri dari 18 bab yang terbagi dalam 4 bagian. Bagian pertama yang membahas tentang pelayanan masyarakat, terdiri atas 6 bab yaitu:

1. Pengentasan kemiskinan
2. Perubahan pola konsumsi
3. Dinamika kependudukan
4. Pengelolaan peningkatan kesehatan
5. Pengembangan perumahan dan permukiman
6. Sistem perdagangan global

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pelanggaran hancu untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pelanggaran tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

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

Bagian kedua membahas tentang pengelolaan limbah, terdiri atas 5 bab, yakni:

1. Perlindungan atmosfer
2. Pengelolaan bahan kimia beracun
3. Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun
4. Pengelolaan limbah radioaktif
5. Pengelolaan limbah padat dan cair

Bagian ketiga membahas tentang pengelolaan sumber daya tanah yang terdiri atas 4 bab, yaitu:

1. Perencanaan sumber daya lahan
2. Pengelolaan hutan
3. Pengembangan pertanian dan pedesaan
4. Pengelolaan sumber daya air

Bagian keempat membahas tentang pengelolaan sumber daya alam yang terdiri dari 3 bab, yaitu:

1. Konservasi keanekaragaman hayati
2. Bioteknologi
3. Pengelolaan terpadu daerah pesisir dan laut

Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan

Lingkungan hidup menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang memengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Hal itu mengandung arti bahwa lingkungan hidup pada dasarnya merupakan suatu sistem yang saling berhubungan dan saling bergantung antara satu dengan lain yang tidak dapat dipisah-pisahkan, sehingga membentuk suatu kesatuan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
tindakan hancur untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
tindakan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

berbagi dengan alam. Meskipun teknologi yang ada sekarang sudah cukup banyak yang ramah lingkungan karena memanfaatkan teknologi (produksi) bersih, sehingga dapat meminimalkan limbah yang dihasilkan, tetapi pada kenyataannya masih cukup banyak teknologi yang kurang atau bahkan tidak ramah lingkungan. Hal itu terjadi karena teknologi ramah lingkungan harganya sangat tinggi, sehingga tidak terjangkau oleh perusahaan menengah ke bawah.

Berdasarkan pernyataan Harrison dan Pearce (2001) tersebut, dapat dikatakan bahwa terjadinya kerusakan lingkungan salah satunya diduga karena hingga saat ini dunia internasional tidak dapat menekan pertumbuhan penduduk. Kebutuhan hidup berbanding lurus dengan pertumbuhan penduduk. Semakin meningkat jumlah penduduk, kebutuhan hidup pun semakin meningkat. Kebutuhan hidup itu sendiri salah satunya dipenuhi dengan cara melakukan eksploitasi sumber daya alam, dengan melakukan berbagai upaya, baik melalui upaya mendapatkan berbagai inovasi maupun melalui penciptaan teknologi-teknologi baru. Meningkatnya jumlah penduduk juga akan meningkatkan kebutuhan akan papan (rumah tempat tinggal) dan pangan. Dalam rangka meningkatkan kebutuhan akan papan dan pangan tersebut, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengalih fungsikan lahan yang tadinya hutan menjadi kawasan permukiman, atau menjadi kawasan pertanian, perkebunan, pertambangan atau untuk berbagai kegiatan ekonomi lainnya (pembangunan ekonomi). Kondisi tersebut pada akhirnya akan mengakibatkan lahan hutan menjadi sangat berkurang. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Tuner dan Meyer (1991) dan Stern *et al.* (1992) yang mengatakan bahwa ada enam hal yang merupakan faktor pendorong terjadinya penggunaan dan perubahan (alih fungsi) lahan atau tanah yakni populasi, tingkat dari kemakmuran, teknologi, struktur politik, tingkah laku, dan nilai-nilai. Hal tersebut sejalan dengan pendapat Sunu (2001) bahwa modernisasi yang sering kali dicirikan dengan terjadinya industrialisasi, pada umumnya selalu diikuti dengan alih fungsi lahan untuk tujuan pembangunan fisik, tetapi umumnya tanpa didukung oleh usaha kelestarian lingkungan, sehingga akan mempercepat terjadinya kerusakan alam.



Pernyataan tersebut sejalan dengan yang terjadi di Indonesia, karena menurut Aldrian (2011) Indonesia yang merupakan salah satu negara tropis penyandang paru-paru dunia dengan hutan tropis basahnya, sejak masa reformasi ditengarai telah terjadi penurunan kualitas hutan dan tutupan lahan di wilayah Indonesia. Selanjutnya dikatakan bahwa penurunan penutupan lahan paling tinggi terjadi pada periode waktu 1997–2000 yakni penurunan luasnya mencapai 3,5 juta ha (lahan hutan dan nonhutan) per tahun dengan laju penurunan tertinggi terjadi di Pulau Sumatera yakni 1,15 juta ha per tahun, Kalimantan 1,12 juta ha per tahun, Sulawesi 692 ribu ha per tahun, Maluku 294 ribu ha per tahun, dan Papua 156 ribu ha per tahun. Namun demikian, menurut FAO (2010) khusus untuk Indonesia justru ada berita menggembirakan, saat ini telah terjadi pengurangan alih fungsi lahan hutan dan pengurangan perusakan hutan hingga menjadi 0,5 juta ha per tahun. Di lain pihak, terjadinya alih fungsi dan terjadinya perusakan lahan hutan ini berakibat pada terjadinya ketidakseimbangan alam dan terganggunya siklus nutrien, misalnya dalam hal penyerapan karbon yang dihasilkan oleh kegiatan antropogenik. Dalam hal ini, CO₂ yang dihasilkan dari kegiatan antropogenik yang seharusnya habis dimanfaatkan kembali oleh jasad autotrof (tumbuhan) melalui siklus karbon menjadi tersisa di atmosfer, semakin lama semakin menumpuk dan pada akhirnya menimbulkan masalah tersendiri yang berakibat merugikan manusia. Di lain pihak dengan meningkatnya jumlah manusia, makin majunya teknologi, juga semakin mempertinggi proses pembakaran BBF, sehingga penumpukan CO₂ di atmosfer juga akan semakin meningkat.

Menurut Harrison (2000) sebenarnya dalam waktu lebih dari tiga dasawarsa yang lalu, masalah lingkungan seperti pembabatan hutan, telah terjadi secara marak. Bahkan lebih jauh dari itu juga telah terjadi desertifikasi, hujan asam, lubang ozon, dan pemanasan global yang tidak saja mengakibatkan munculnya dampak pada skala lokal, tetapi telah memberikan dampak pada skala global. Namun demikian, perjalanan mulai dari dampak yang muncul hanya secara lokal hingga menjadi skala global tersebut, tidak lain dipicu oleh tidak terkendalinya kecepatan pertumbuhan penduduk, dari 3 miliar jiwa di tahun 1970 menjadi lebih dari 6 miliar jiwa pada tahun 2000.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

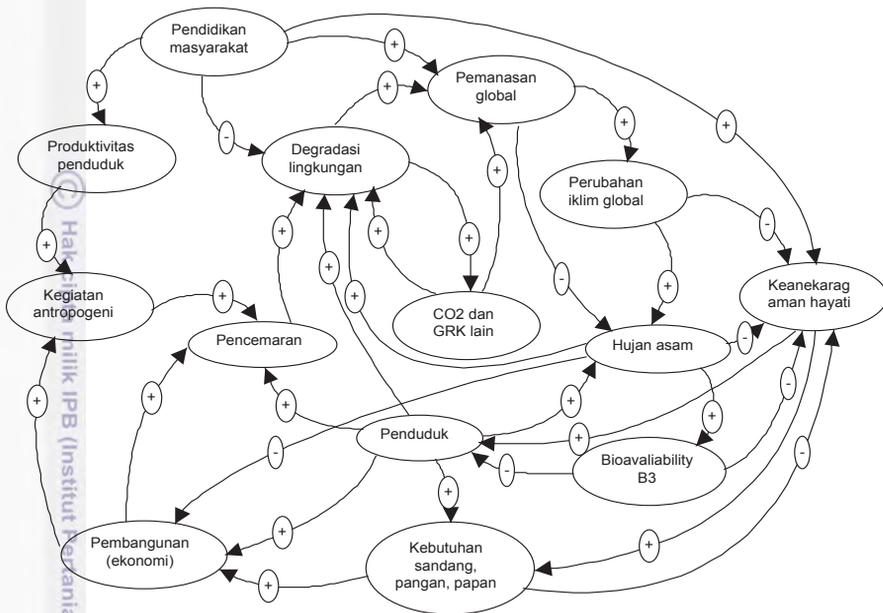
a. Untuk keperluan pengutipan untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Untuk kepentingan pengutipan yang merugikan.

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



1. Ditara
- a. Per
- b. Per

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Per
b. Per
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 1 Keterkaitan pembangunan, kerusakan lingkungan, dan perubahan iklim global (tanda + menunjukkan semakin meningkatkan dan tanda - semakin menurunkan)

Menurut Riani (2011d) dicetuskannya pembangunan berkelanjutan yang tidak mengakibatkan pembangunan benar-benar berkelanjutan dan cenderung lebih mementingkan pembangunan ekonomi, merupakan satu petunjuk bahwa pembangunan berkelanjutan belum merupakan pembangunan yang betul-betul berkelanjutan, tetapi masih bersifat preskriptif serta belum diimplementasikan pada kehidupan sehari-hari dalam bermasyarakat dan bernegara. Selain hal tersebut, penyebab lainnya diduga karena belum berlakunya *reward* dan *punishment* bagi yang telah dan yang belum melaksanakan pembangunan berkelanjutan serta belum dilaksanakannya sanksi pidana bagi yang telah melanggar. Sebagai contoh pada Bab IX Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 terdapat ketentuan pidana bagi pencemar lingkungan misalnya pada:

Pasal 41

1. Dengan sengaja merusak atau mencemari lingkungan diancam pidana maksimal 10 tahun dan denda maksimal Rp500.000.000,-.
2. Dengan sengaja merusak atau mencemari dan mengakibatkan kematian diancam pidana maksimal 15 tahun dan denda maksimal Rp750.000.000,-.

Pasal 42

1. Tidak dengan sengaja merusak atau mencemari lingkungan diancam pidana maksimal 3 tahun dan denda maksimal Rp100.000.000,-.
2. Tidak dengan sengaja merusak atau mencemari dan mengakibatkan kematian diancam pidana maksimal 5 tahun dan maksimal denda Rp150.000.000,-.

Pasal 43

1. Melanggar ketentuan B3 diancam pidana maksimal 6 tahun dan denda maksimal Rp300.000.000,-.
2. Memberikan informasi palsu mengenai B3 diancam pidana maksimal 6 tahun dan denda maksimal Rp300.000.000,-.
3. Untuk butir 5 dan 6 diancam pidana maksimal 9 tahun dan denda maksimal Rp450.000.000,-.

Sanksi pidana yang terdapat pada Bab IX Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997, masih dirasakan relatif belum terlaksana dengan baik, mengingat hingga saat ini informasi tentang pencemar lingkungan yang dikenakan sanksi pidana seperti tersebut relatif masih minim. Belum dapat diberlakukannya sanksi pidana seperti tersebut, diduga karena nominal sanksi tersebut terlalu tinggi, sehingga untuk individu atau untuk perusahaan kecil, sanksi tersebut malah menjadi tidak masuk akal. Kondisi tersebut juga memungkinkan munculnya kecurangan dengan dalih sama-sama untung. Untuk itu, mungkin pada masa yang akan datang sanksi yang diberikan harus yang lebih masuk akal dan menimbulkan efek jera. Sebagai contoh, jika ada yang membuang sampah (bagian dari mencemari lingkungan) diduga akan



1. Ditara
- a. Per
- b. Per
2. Ditara

lebih baik jika didenda bukan dengan membayar (uang), tetapi sanksinya diberi baju khusus yang bertuliskan pelanggaran pembuangan sampah, dan selanjutnya diminta untuk membersihkan WC umum dengan jumlah dan tenggang waktu berlakunya sanksi yang ditentukan, disesuaikan dengan berat ringannya pelanggaran. Namun, bagi yang mentaati aturan, misalnya membuang sampah pada tempatnya selama kurun waktu tertentu dapat diberikan penghargaan misalnya berupa piagam atau bentuk lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa hingga saat ini pembangunan berkelanjutan masih merupakan slogan yang dipampang di mana-mana, tetapi masih tersimpan di hati yang paling dalam sehingga sangat sulit untuk dikeluarkan dan pada akhirnya menjadi teramat sangat sulit untuk diimplementasikan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, walaupun Indonesia merupakan negara yang ikut serta membidani lahirnya pembangunan berkelanjutan, tetapi ada indikasi bahwa hingga saat ini pembangunan berkelanjutan hanya sebatas dipahami sebagai pengetahuan kita sehari-hari karena selalu dipelajari di berbagai perguruan tinggi yang ada kaitannya dengan lingkungan, bahkan juga mulai dikenalkan pada pendidikan menengah. Sayangnya kita masih belum dapat memaknai arti pembangunan berkelanjutan tersebut dengan hati yang bening, sehingga pembangunan berkelanjutan belum menjadi perilaku yang mendarah daging khususnya untuk manusia Indonesia, maupun bagi manusia-manusia dari negara lainnya, baik yang merupakan negara maju maupun yang merupakan negara berkembang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

a. Pe
b. Pe
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© 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 kritis 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.



Bab III

PEMANASAN GLOBAL DAN PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

Pemanasan global dan perubahan iklim global merupakan salah satu peristiwa penting yang cukup banyak ditakuti, bukan saja di Indonesia, tetapi juga berkembang menjadi isu global yang dibicarakan oleh hampir seluruh kalangan di tingkat internasional. Hal ini dapat dipahami mengingat terjadinya pemanasan global yang diikuti dengan perubahan iklim global dapat menimbulkan berbagai bencana seperti terjadinya kenaikan paras muka air laut, terjadinya kekeringan yang panjang, terjadinya bencana banjir pada musim hujan, gagalnya reproduksi berbagai jenis hewan yang hidup di alam bebas, melemahnya ketahanan pangan, menjadi tidak amannya pangan, menurunnya keanekaragaman hayati, dan sebagainya. Adapun salah satu penyebab terjadinya pemanasan global yang diikuti dengan perubahan iklim global adalah tingginya penggunaan energi yang pada akhirnya akan menghasilkan gas rumah kaca dan panas yang tidak dapat dimanfaatkan, tetapi hilang ke lingkungan (entropi).

Penggunaan Energi di Indonesia

Saat ini Indonesia merupakan negara agraris, yang paradigma pembangunan ekonomi nasionalnya bertumpu pada konsep *resource based industry*. Paradigma tersebut "dianggap" cocok untuk Indonesia saat ini, mengingat Indonesia merupakan negara berkembang yang sedang berupaya melakukan pembangunan di segala bidang untuk mengejar ketertinggalannya. Selain itu, Indonesia juga harus menanggulangi dampak sistemik yang

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.

diakibatkan oleh adanya perubahan ekonomi global. Oleh karena itu, sangat wajar apabila cukup banyak ahli dan para pengambil kebijakan berpendapat bahwa dengan diterapkannya konsep *resource based industry* dapat memberikan harapan terhadap perbaikan ekonomi Indonesia di masa yang akan datang dan terhadap kesejahteraan rakyatnya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Allenby (1999) yang mengatakan bahwa perkembangan industri yang pesat ditujukan untuk mendapatkan kualitas hidup yang lebih baik.

Pada dasarnya, kegiatan industri melakukan berbagai aktivitas secara terus-menerus dengan menggunakan peralatan serba mesin, sehingga industri merupakan salah satu pengguna energi yang cukup banyak dalam proses produksinya. Terkait dengan Instruksi Presiden No.10 Tahun 2005 tentang Penghematan Energi, yang menghimbau agar semua instansi pemerintah dan swasta, termasuk industri, agar melakukan penghematan energi, pada dasarnya merupakan salah satu upaya pemerintah agar industri (dan kegiatan lainnya) selalu berupaya melakukan konservasi energi. Namun, kenyataan yang dihadapi, dapat dikatakan bahwa hanya industri besar yang mempunyai kemampuan untuk melakukan hal tersebut, sedangkan industri kecil dan menengah belum dapat melaksanakan efisiensi energi dan konservasi energi. Hal ini terjadi karena untuk melakukan kegiatan tersebut dibutuhkan bantuan baik berupa keuangan, konsultasi, dan bimbingan teknis. Oleh karena itu, pelaksanaan efisiensi energi dan konservasi energi pada kegiatan industri, saat ini diduga masih menghadapi berbagai kendala (Riani 2011c).

Selain hal tersebut, industri di Indonesia juga relatif masih menghadapi permasalahan lain, terutama berkaitan dengan mesin-mesin yang digunakan saat ini pada umumnya masuk pada kategori berusia tua bahkan berusia sangat tua. Kondisi ini menjadi kendala tersendiri dalam penghematan energi, mengingat mesin tua umumnya boros energi dan sering kali pembakarannya tidak sempurna, sehingga menghasilkan emisi dalam jumlah yang lebih banyak. Sebagai contoh, hasil inventarisasi Kementerian Perindustrian pada tahun 2006 terhadap industri tekstil yang merupakan salah satu industri strategis karena dapat menyerap tenaga kerja yang cukup banyak, sehingga dapat mengurangi pengangguran; mendapatkan hasil bahwa pada industri tekstil—dari 8,38 juta unit mesinnya—kurang lebih 80%-nya berusia lebih

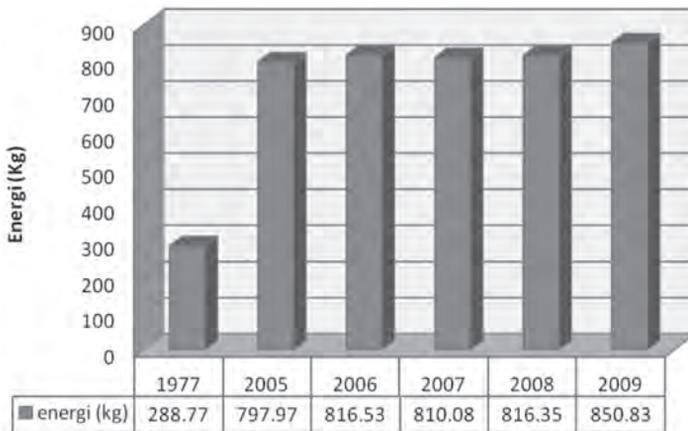


1. Ditara
- a. Per
- b. Per

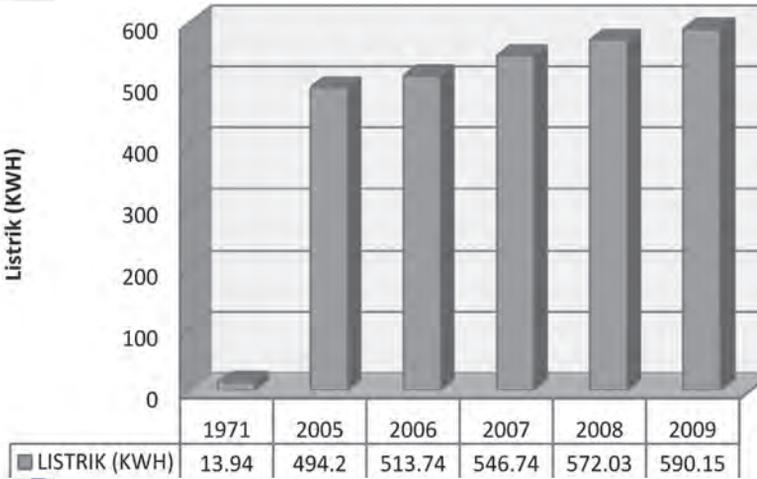
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Per
b. Per
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dari 20 tahun, kondisi yang hampir sama juga terjadi pada industri gula yang hampir semua mesinnya masuk pada kategori tua (Sudrajat 2010), serta masih banyak industri lainnya. Kondisi tersebut mengakibatkan konsumsi energi semakin meningkat.

Konsumsi energi Indonesia per kapita pun juga dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan, bahkan ada indikasi peningkatannya setelah tahun 2000 jauh lebih tinggi dibanding tahun 1970-an. Data dari Bank Dunia (2012) tentang konsumsi energi per kapita di Indonesia pada tahun 1977 adalah 288,77 kg, tetapi pada tahun 2005 menjadi 797,97 kg dan pada tahun 2009 mencapai 850,83 kg (Gambar 2). Kondisi yang sama juga terjadi pada konsumsi energi listrik per kapita, pada tahun 1971 adalah 13,94 kwh, sedang pada tahun 2005 sudah mencapai 494,2 kwh; dan pada tahun 2009 mencapai 590,15 kwh (Gambar 3).



Gambar 2 Konsumsi energi per kapita di Indonesia menurut Bank Dunia 2012 (www.google.co.id/publicdata)



Gambar 3 Konsumsi energi listrik per kapita di Indonesia menurut Bank Dunia 2012 (www.google.co.id/publicdata)

Pada dasarnya kenaikan penggunaan energi tersebut bukan hanya untuk keperluan industri dan domestik saja, tetapi juga sebagai akibat terjadinya kenaikan konsumsi energi dari sektor transportasi. Seiring dengan terjadinya pertumbuhan penduduk yang cukup pesat (± 100 ribu jiwa/tahun) dan pesatnya pembangunan ekonomi, mengakibatkan kebutuhan akan alat transportasi penduduk juga meningkat. Di lain pihak, salah satu moda transportasi yang paling diminati adalah kendaraan bermotor terutama sepeda motor dan mobil pribadi, sedangkan penggunaan transportasi massal relatif hanya diminati oleh kalangan menengah ke bawah. Tingginya penggunaan mobil pribadi dan sepeda motor tersebut diduga karena minimnya transportasi umum yang nyaman, aman, dan tepat waktu, serta sistem transportasi tersebut belum terintegrasi dengan pengembangan wilayah. Meningkatnya jumlah kendaraan motor tersebut berdampak pada penggunaan energi (bahan bakar minyak/bahan bakar fosil/BBF) dari sektor transportasi semakin tinggi. Semakin meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor untuk kepentingan pribadi ini, memperlihatkan bahwa transportasi merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan, mengingat penggunaan energi yang sangat tinggi pada sektor transportasi akan menyumbang GRK dan panas (entropi) yang juga tinggi, bahkan bisa jadi lebih tinggi dibanding kegiatan antropogenik lainnya.



Sifat Malas dan Gengsi dapat Memperbesar Penggunaan Energi

Pada dasarnya borosnya konsumsi energi ini bukan hanya berasal dari mesin industri yang sudah tua, rumah tangga, dan dari transportasi saja, tetapi disebabkan oleh sifat malas dan gengsi. Seperti kita ketahui bersama, Indonesia merupakan negeri yang makmur, kaya akan sumber daya alam hayati, dan sumber daya alam nonhayati seperti mineral, minyak dan gas bumi, dan sebagainya. Namun demikian, ada indikasi bahwa pada negara yang kaya akan sumber daya alam sering kali mengakibatkan baik pemerintah maupun masyarakatnya menjadi terlena karena dimanjakan oleh alam. Dalam hal ini semua yang dibutuhkan sudah tersedia, sehingga bukan tidak mungkin ada pemikiran bahwa tanpa perlu bersusah payah, hanya dengan melempar tongkat kayu saja sudah menjadi tanaman. Setiap saat kita juga bisa mandi di pemandian air panas yang mengandung berbagai bahan seperti sulfur yang dapat menyehatkan badan dan dipercaya dapat menjadi obat bagi berbagai macam penyakit. Indonesia juga memiliki mata air yang begitu banyak dan menyegarkan siapa pun yang menggunakannya. Oleh karena itu, Indonesia bagai mutu manikam yang mempunyai kolam susu dan kolam untuk mandi madu. Semua yang dibutuhkan selalu tersedia, tanpa harus bersusah payah untuk mendapatkannya, sehingga kurang ada tantangan baik untuk masyarakat maupun pemerintah karena sudah sangat dimanjakan oleh alam yang begitu indah dan sumber daya alam yang begitu berlimpah.

Sifat inilah yang diduga mengakibatkan cukup banyak masyarakat kita mempunyai sifat malas dan rasa gengsi yang cukup tinggi. Sebagai contoh, hanya untuk sekedar kegiatan berjalan kaki atau naik sepeda ontel pada jarak yang relatif dekat, sudah malas melakukannya, apalagi ditambah dengan sarana dan prasarana untuk pejalan kaki dan untuk yang bersepeda masih minim, ditambah dengan teriknya sinar matahari pada siang hari yang semakin panas akhir-akhir ini, akan membuat masyarakat semakin malas untuk berjalan kaki atau naik sepeda, bahkan untuk jarak yang sangat dekat sekalipun. Hal ini tentunya akan semakin meningkatkan konsumsi BBM, mengingat untuk jarak dekat, akan ditempuh dengan menggunakan kendaraan bermotor baik mobil maupun motor.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

Bagi masyarakat kita yang selalu menuhankan materi dan energi selain adanya rasa malas, bukan hal yang aneh juga jika penggunaan kendaraan bermotor tersebut didorong oleh gengsi. Hasil komunikasi pribadi dengan masyarakat pedesaan (masyarakat yang tinggal di desa yang banyak masyarakatnya berprofesi sebagai tukang ojek) dan yang tinggal di pinggiran kota, yang di dalamnya cukup banyak masyarakat yang berprofesi sebagai tukang ojek sepeda motor, pada umumnya masyarakat desa tertentu merasa tidak siap jika tidak menggunakan jasa ojek, karena khawatir dibilang pelit, dibilang tidak punya uang, dan sebagainya yang dapat menurunkan gengsinya. Sementara pada masyarakat menengah ke atas, juga cukup banyak yang merasa gengsinya turun apabila harus berjalan kaki, bersepeda atau naik sepeda motor, sehingga mereka cenderung menggunakan mobil pribadi. Hal tersebut mengandung arti bahwa akan ada tambahan penggunaan BBF yang dibakar akibat dari adanya rasa malas dan demi mempertahankan gengsi, sehingga GRK akan semakin menumpuk yang mengakibatkan udara semakin panas. Semakin panasnya bumi juga akan mengakibatkan penggunaan BBF semakin meningkat, mengingat masyarakat yang biasa berjalan kaki dan naik sepeda pun mungkin semakin merasa tidak betah untuk berjalan kaki dan bersepeda dengan menantang udara yang makin panas di bawah paparan sinar matahari yang semakin tinggi. Bukan hanya itu, penggunaan AC, kipas angin dan sejenis juga akan semakin meningkat, sehingga penggunaan BBF juga semakin meningkat.

Kebijakan yang Kurang Mendukung Efisiensi Energi

Pada dasarnya emisi yang keluar dari industri selama ini relatif lebih dipandang sebagai emisi yang keluar dari cerobong asap, atau pada transportasi relatif hanya dipandang sebagai emisi yang keluar dari knalpot kendaraan bermotor akibat pembakaran bahan bakar fosil. Oleh karena itu, pada kegiatan yang tidak melakukan pembakaran langsung (tidak memiliki cerobong/knalpot) relatif dianggap tidak mengeluarkan emisi gas rumah kaca (GRK). Bahkan saat ini masih ada kebijakan pemerintah yang relatif kurang



1. Ditara
- a. Pe
- b. Per
2. Dilan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

- a. Pe
- b. Per
2. Dilan

sesuai dengan semangat untuk menurunkan GRK 26% dan pemanasan global. Hal ini dapat dilihat dari fakta yang ada di lapangan, kegiatan-kegiatan yang dilakukan masih ada yang bukan menurunkan GRK dan pemanasan global, tetapi malah dapat semakin meningkatkan terjadinya pemanasan global. Sebagai contoh, dalam beberapa tahun terakhir ada kebijakan lalu lintas untuk pengendara kendaraan sepeda motor harus menyalakan lampu di siang hari. Padahal semua aktivitas yang menggunakan energi, baik pembakaran langsung maupun tidak langsung misalnya penggunaan listrik PLN akan menimbulkan emisi gas rumah kaca (GRK). Selain itu, saat terjadi perubahan energi dari bentuk yang satu menjadi bentuk yang lain (pada motor, energi dari BBF menjadi energi cahaya), akan dikeluarkan panas yang tidak dapat dimanfaatkan lagi, sehingga panas tersebut akan masuk ke lingkungan dan menyumbang pemanasan global. Kondisi yang sama juga akan terjadi pada semua kegiatan yang mengubah bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain, semuanya akan mengeluarkan energi dalam bentuk panas yang tidak dapat dimanfaatkan lagi dan keluar ke lingkungan (Hukum Termodinamika II atau entropi). Oleh karena itu, efisiensi dan konservasi energi harus dilakukan terhadap semua kegiatan yang menggunakan energi dalam bentuk apa pun, sehingga kita dapat meminimalkan terlepasnya GRK dan energi panas (entropi) ke atmosfer, dapat meminimalkan terjadinya pemanasan global, yang pada akhirnya akan dapat meminimalkan terjadinya perubahan iklim global.

Borosnya konsumsi energi (BBF) juga dapat disebabkan oleh tidak efisiennya penggunaan kendaraan pribadi. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh belum adanya kendaraan yang dapat mengangkut masyarakat secara massal yang relatif aman dan nyaman untuk ditumpangi serta tepat waktu. Hasil komunikasi pribadi penulis dengan beberapa orang yang tinggal di Bogor, tetapi bekerja di ibukota (Jakarta) memperlihatkan bahwa cukup banyak masyarakat yang menganggap bahwa transportasi massal (kereta api) yang ada saat ini, pada saat jam berangkat dan pulang kerja, sangat tidak nyaman, bahkan beberapa di antaranya mengatakan “tidak manusiawi”, sehingga cukup banyak pengguna transportasi massal, beralih kembali ke menggunakan kendaraan pribadi.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
tindakan hancur untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Sangat minimnya transportasi massal yang aman, nyaman, dan tepat waktu serta jumlahnya memadai ini memperlihatkan bahwa kebijakan pemerintah di negara kita juga masih relatif kurang mendukung atau masih relatif kurang sejalan dengan keinginan pemerintah untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26%. Hal ini juga memperlihatkan bahwa kebijakan di negara kita hingga saat ini relatif kurang berlandaskan pada pengalaman nyata yang dialami masyarakat. Selain itu juga relatif belum berlandaskan kajian literatur serta pengalaman negara lain dan belum berlandaskan kajian yang dilakukan di negara Indonesia sendiri. Berbagai literatur dan kajian-kajian yang dilakukan di Indonesia telah lama menyerukan bahwa penggunaan transportasi massal sebagai moda transportasi telah terbukti dapat mewujudkan transportasi berkelanjutan. Hal ini disebabkan pengadaan transportasi massal yang relatif sesuai (mendekati) keinginan para pengguna jasa transportasi, merupakan salah satu strategi yang dapat memengaruhi pergerakan dan ketergantungan pada kendaraan pribadi (Amin 2009). Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa adanya penggunaan transportasi massal yang nyaman dan tepat waktu, walau jumlahnya masih belum memadai memperlihatkan hasil yang sangat positif, terutama dalam mengurangi GRK dan bahan pencemar yang dikeluarkan akibat terjadinya pembakaran BBF.

Adanya transportasi massal seperti halnya Transjakarta di Kota Metropolitan, Transpakuan di Kota Bogor, komuter, kereta api ekonomi, dan berbagai angkutan massal lainnya sebenarnya bukan hanya berdampak sangat positif pada penurunan GRK, juga akan menurunkan pencemaran udara. Sayangnya, hingga saat ini pengadaan transportasi massal yang aman, nyaman, tepat waktu dan memadai masih relatif belum diperhatikan secara maksimal. Kondisi ini antara lain diduga karena relatif masih belum maksimalnya perhatian terhadap penyediaan transportasi massal yang jumlahnya memadai, aman, nyaman dan tepat waktu dengan jumlah yang cukup memadai serta dapat melayani berbagai lokasi yang disesuaikan dengan perencanaan pengembangan wilayah.

Dua contoh kebijakan yang diambil tersebut, yakni menyalakan lampu pada pengendara sepeda motor di siang hari dan relatif rendahnya ketersediaan transportasi massal yang jumlahnya memadai, aman, nyaman dan tepat waktu serta dapat melayani berbagai lokasi sesuai dengan perkembangan



1. Ditara
 - a. Pe
 - b. Pe
2. Dilan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

wilayah, merupakan contoh kegiatan yang relatif kurang mendukung janji pemerintah kepada dunia internasional untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26%. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa hingga saat ini ada indikasi masih adanya kebijakan pemerintah yang relatif kurang mendukung secara maksimal terlaksananya pelaksanaan efisiensi energi. Lebih jauh dari semuanya, hal ini memperlihatkan bahwa janji menurunkan emisi GRK sebesar 26% masih sebatas pengetahuan yang belum dimaknai oleh hati yang paling dalam, sehingga janji tersebut masih kurang didukung oleh kebijakan pemerintah terkait, yang pada akhirnya mengakibatkan pemerintah sendiri belum dapat mengimplementasikan janjinya pada kehidupan bermasyarakat dan bernegara. Selain itu, contoh tersebut juga mengindikasikan bahwa hingga saat ini pemerintah masih belum dapat mengimplementasikan hasil kajian anak bangsa yang sudah dilakukan di berbagai perguruan tinggi dan departemen atau dinas terkait. Sebenarnya apabila hasil-hasil kajian tersebut diimplementasikan, akan dapat membantu pemerintah dalam mewujudkan niat baik, sekaligus membayar hutang yang sudah diucapkan yakni berupa janji untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26%.

Pertumbuhan Emisi Gas Rumah Kaca

Meningkatnya konsumsi energi baik untuk industri, transportasi, konsumsi rumah tangga atau pun kegiatan lainnya, pada dasarnya bukan hanya akan berdampak pada semakin menipisnya cadangan energi Indonesia, tetapi lebih jauh dari itu juga akan berdampak pada hal lain, di antaranya peningkatan emisi gas, terutama emisi gas CO₂ (karbondioksida), dan jenis GRK lainnya.

Sebenarnya gas rumah kaca (GRK) yang terdapat di atmosfer sudah ada secara alami, dalam jumlah yang tidak mengakibatkan terjadinya gangguan pada lingkungan, mengingat gas rumah kaca pada umumnya bukan merupakan bahan toksik. Namun, dengan banyaknya kegiatan antropogenik, jumlah GRK tersebut di atmosfer dapat meningkat jauh melebihi jumlah yang seharusnya ada. Penyebab terjadinya peningkatan GRK di atmosfer tersebut pada umumnya didominasi dari kegiatan manusia (kegiatan antropogenik). Menurut UNFCC, ada berbagai jenis GRK yang terdapat di atmosfer, gas

rumah kaca utamanya antara lain adalah karbondioksida (CO_2), metan (CH_4), oksida nitrogen (N_2O), perflouorocarbon (PFCs), hydroflouorocarbons(HFCs) dan sulfur heksaflorida (SF_6). Di antara GRK utama tersebut, GRK yang jumlahnya paling melimpah adalah CO_2 . Oleh karena itu, hingga saat ini CO_2 dipakai sebagai acuan dengan angka efek pemanasan global (*global warming potential*/GWP) dianggap satu. Berdasarkan acuan tersebut, Algas (1997) menyusun angka GWP dari setiap gas rumah kaca dengan membandingkannya dengan angka GWP karbondioksida, sehingga setiap jenis GRK memiliki angka GWP yang berbeda-beda. Sebagai contoh, gas metan GWP-nya 24,5, artinya setiap molekul metan berpotensi memanaskan bumi 24,5 kali lipat karbondioksida, *nitrous oxide* (N_2O) berpotensi memanaskan bumi 320 kali CO_2 , CO berpotensi memanaskan bumi tiga kali lipat karbondioksida (GWP-nya = 3), NO_x berpotensi memanaskan bumi 290 kali lipat karbondioksida (GWP-nya = 290), dan sebagainya, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 *Global warming potential* (GWP) dari beberapa GRK utama di atmosfer

No.	Jenis GRK	GWP
1	CO_2	1
2	Metan	245
3	N_2O	320
4	CO	3
5	NO_x	290

Konsentrasi CO_2 di atmosfer semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, sehingga kegiatan antropogenik yang dilakukan juga akan meningkat. Kondisi ini juga telah dibuktikan oleh hasil kajian Bank Dunia tahun 2012 tentang penggunaan energi dan listrik per kapita di Indonesia (Gambar 2 dan Gambar 3). Selain itu juga sesuai dengan hasil kajian Pusdatin Kementerian ESDM yang memperlihatkan bahwa emisi GRK dari sektor energi mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, dan sejak tahun 1990 pertumbuhannya mencapai 7% per tahun. Hal ini juga



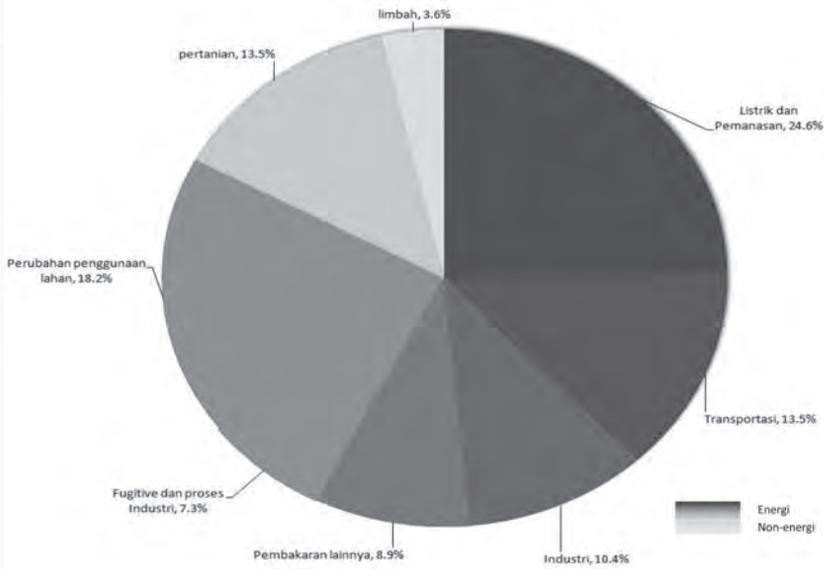
sejalan dengan pertumbuhan pemakaian energi Indonesia (yang umumnya didominasi oleh energi fosil/BBF), yang nilainya juga mencapai 7% per tahun. Penggunaan BBF untuk berbagai kegiatan tersebut pada umumnya dimanfaatkan dengan cara dibakar. Mengingat BBF adalah rantai karbon, jika dilakukan pembakaran pada BBF tersebut akan dihasilkan CO₂.

Dalam kondisi normal, CO₂ akan dimanfaatkan oleh jasad autotrof (tanaman baik yang ada di ekosistem daratan maupun di ekosistem perairan) untuk keperluan pembentukan makanan melalui proses fotosintesis. Oleh karena itu, sangat wajar jika dikatakan bahwa penyebab utama melimpahnya CO₂ di atmosfer diduga berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang dibarengi dengan sangat menurunnya jumlah tanaman (terutama hutan) yang berperan dalam menyerap CO₂ tersebut untuk keperluan proses fotosintesis. Melimpahnya CO₂ tersebut di atmosfer pada akhirnya akan mengakibatkan terjadinya pemanasan global. Hal di atas sejalan dengan hasil penelitian Kevin *et al.* (2005) yang mengatakan bahwa lebih kurang 61,4% gas rumah kaca yang memenuhi atmosfer, berasal dari produksi dan pembakaran bahan bakar fosil (batubara, minyak, dan gas). Namun demikian, emisi GRK tersebut berdasarkan sektornya dapat dibedakan menjadi dua, yakni yang berasal dari penggunaan energi dan yang berasal dari bukan penggunaan energi. Selanjutnya dikatakan bahwa sumbangan GRK dari penggunaan energi, berturut-turut dari besar ke kecil melalui penggunaan listrik dan pemanasan transportasi; industri; pembakaran lainnya, *fugitative* dan proses industri. Sumbangan GRK dari non-energi dapat berasal dari perubahan penggunaan lahan, pertanian, dan limbah. Untuk lebih jelasnya, sumbangan emisi gas rumah kaca global menurut sektornya dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan gambar tersebut, kegiatan pembakaran bahan bakar fosil dan buangan industri serta buangan kegiatan lainnya akan mempercepat terjadinya proses pemanasan global.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak milik (IPB) Institut Pertanian Bogor
Agribusiness Agricultural University

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



Gambar 4 Emisi gas rumah kaca global menurut sektornya (%) dari penggunaan energi dan bukan penggunaan energi (Kevin *et al.* 2005)

Khusus untuk Indonesia, sejak tahun 1990–2002 mengalami pertumbuhan emisi CO₂ yang cukup pesat. Hal ini sesuai dengan pendapat Kevin *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara yang berkontribusi terhadap GRK yang cukup besar. Pada tahun 2005 saja, dari 25 negara penghasil gas rumah kaca terbesar, Indonesia menyumbang 97%, Korea Selatan 97%, Iran 93%, dan Saudi Arabia 91%. Selanjutnya dikatakan bahwa negara yang berkontribusi terhadap gas rumah kaca utama secara berturut-turut dari penghasil terbesar hingga terkecil urutannya adalah: China, Amerika Serikat, India, Korea Selatan, Iran, Indonesia, Saudi Arabia, dan Brazil.

Walaupun Pemerintah Indonesia sudah berjanji di dunia internasional akan menurunkan emisi GRK-nya sebesar 26%, tetapi seperti telah dijelaskan sebelumnya ada indikasi kebijakan ke arah penurunan emisi GRK tersebut relatif kurang mendukung kebijakan tersebut. Hal ini sesuai dengan proyeksi yang dilakukan oleh BPPT-KFA (*Environmental Impacts of Energy for Indonesia*



1. Ditara
- a. Pe
- b. Pe
2. Dilan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1993) yang mengatakan bahwa permintaan-penawaran (*demand-supply*) emisi CO₂ Indonesia akan meningkat dari 219.68 juta ton per tahun pada pertengahan tahun 1996 menjadi 1.076,16 juta ton per tahun pada tahun 2021. Selanjutnya dikatakan bahwa pada masa yang akan datang perbandingan atau komposisi konsumsi energi di Indonesia cenderung akan berubah. Dalam hal ini, pada masa yang akan datang penggunaan energi batubara akan lebih mendominasi dibanding penggunaan bahan bakar lainnya, sehingga emisi CO₂ pada tahun 2021 diperkirakan akan meningkat, yakni 54% berasal dari batubara, 35% dari minyak, dan 11% dari gas. Hal ini didukung oleh hasil kajian PIE (*Centre for Energy Information*) yang mendapatkan hasil bahwa emisi CO₂ diestimasi akan meningkat dua kali lipat dari nilai tahun 2000. Kondisi yang serupa juga ada pada kajian yang dilakukan oleh BAPENAS, yang dalam hasil kajiannya memperlihatkan bahwa pada masa yang akan datang akan terjadi peningkatan kegiatan antropogenik yang di dalamnya melakukan kegiatan pembakaran bahan bakar fosil. Adanya peningkatan pembakaran bahan bakar fosil ini, mengakibatkan GRK jenis CO₂, NO_x dan SO_x meningkat menjadi dua kali lipat pada tahun 2020 dibandingkan dengan tahun 2003.

Entropi Penyumbang Pemanasan Global

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang yang mempunyai jumlah penduduk sangat tinggi. Hal ini terjadi karena Indonesia belum mampu menurunkan pertumbuhan penduduk, sehingga jumlah penduduknya dari waktu ke waktu semakin meningkat. Terjadinya kenaikan jumlah penduduk tersebut merupakan masalah tersendiri, karena akan berdampak pada berbagai hal, salah satunya akan mengakibatkan semakin meningkatnya konsumsi energi.

Terjadinya peningkatan konsumsi energi ini juga akan berdampak pada terjadinya peningkatan emisi gas, di antaranya adalah emisi gas CO₂ (karbon dioksida). Selain dihasilkan emisi gas CO₂ yang berlimpah, akibat dari pembakaran energi tersebut juga akan menyumbang panas ke lingkungan. Selain menghasilkan emisi GRK, pembakaran BBM/BBF juga akan menghasilkan panas yang tidak dapat dimanfaatkan. Hal ini bukan saja



terjadi pada pembakaran BBF, tetapi akan terjadi pada semua kegiatan yang akan mengubah bentuk energi yang satu menjadi bentuk energi yang lain seperti perubahan energi dari BBF menjadi energi gerak atau energi cahaya, perubahan energi dari energi listrik menjadi cahaya, dan semua kegiatan yang mengubah bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain. Entropi (panas) tersebut selanjutnya akan masuk ke dalam lingkungan dan menyumbangkan panas yang sudah ada di lingkungan tersebut, sehingga panas di lingkungan meningkat. Hal ini juga mengandung arti bahwa dengan semakin tingginya entropi, akan semakin meningkatkan pemanasan global.

Tingginya entropi di negara kita dapat dimaklumi, mengingat dengan semakin banyaknya penduduk, akan semakin meningkatkan konsumsi energi untuk keperluan kegiatan domestik. Hal ini juga terlihat dari data jumlah penduduk Indonesia yang semakin lama semakin meningkat, bahkan dengan adanya modernisasi mengakibatkan rakyat semakin makmur yang terlihat dari pendapatan nasional dan pendapatan per kapita yang semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Kevin *et al.* (2005) yang memperlihatkan bahwa penggunaan energi listrik dan kejadian proses pemanasan jumlahnya relatif paling tinggi dibanding kegiatan lainnya, yakni mencapai 24,6% (Gambar 4). Kondisi tersebut akan semakin dipertinggi oleh adanya perkembangan industrialisasi mengingat terjadinya pertumbuhan industri dapat meningkatkan kemakmuran.

Pertumbuhan industri yang pesat dapat merangsang terjadinya pertumbuhan sektor pertanian untuk menyediakan bahan baku, dapat merangsang pengembangan sektor jasa seperti lembaga keuangan, pemasaran, perdagangan, periklanan dan transportasi, akan meningkatkan *land rent* di lokasi tersebut. Selain hal tersebut, adanya industri akan dapat lebih meluaskan kesempatan kerja, mengingat masyarakat seperti ibu rumah tangga yang tadinya tidak mempunyai kegiatan dapat melakukan kegiatan ekonomi misalnya menjadi produsen makanan, menjadi penjual atau penjaja makanan atau barang lain, rumah yang tadinya nganggur dapat dibuat tempat kost/dikontrakan dan sebagainya, sehingga pada akhirnya akan meningkatkan pendapatan dan daya beli masyarakat. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Barlowe (1986) yang mengatakan bahwa sumber daya lahan mempunyai nilai



ekonomi yang berbeda-beda bergantung pada peruntukannya. Adapun nilai ekonomi yang paling tinggi akan terjadi jika lahan tersebut dimanfaatkan untuk kegiatan komersial dan industri, dan nilai tertinggi kedua akan terjadi jika lahan tersebut dimanfaatkan untuk perumahan dan permukiman. Oleh karena itu, industrialisasi dapat berdampak positif pada masyarakat berupa terjadinya kemakmuran pada masyarakat setempat. Namun di lain pihak, terjadinya peningkatan kemakmuran juga dapat berakibat pada terjadinya peningkatan pemanasan global, mengingat semakin makmur suatu bangsa umumnya konsumsi energi dan konsumsi sumber daya lainnya akan semakin meningkat.

Hal tersebut dapat diilustrasikan sebagai berikut. Pada keluarga yang sederhana, umumnya jumlah listrik (energi) yang tersedia sangat terbatas, begitupun dengan jumlah materi dan jumlah dana yang dimiliki. Oleh karena itu, pada saat keluarga sederhana melakukan kegiatan, misalnya makan malam, jumlah piring pada setiap anggota keluarga cukup satu buah yang dimanfaatkan untuk makan nasi, makan sayur, makan lauk, dan bukan tidak mungkin juga dipakai untuk tempat puding dan tempat buah. Berdasarkan hal tersebut, untuk kegiatan makan pada keluarga sederhana hanya diperlukan sedikit sumber daya air dan sedikit jumlah detergen, sehingga diduga tidak akan menimbulkan pencemaran. Detergen yang terbuang dalam jumlah sedikit tersebut melalui limbah domestik masih dapat dipurifikasi oleh lingkungannya yaitu air yang terdapat di dalam ekosistem tersebut atau dengan kata lain masih di bawah kapasitas asimilasinya.

Pada keluarga yang lebih makmur, untuk setiap anggota keluarga diperlukan piring paling tidak sebanyak tiga buah (untuk nasi dan lauk kering, sayur, dan buah). Berdasarkan hal tersebut, pada keluarga yang makmur diperlukan sumber daya air yang lebih banyak untuk mencuci bekas makan, yakni paling tidak tiga kali lipatnya keluarga yang sederhana. Selain itu juga, diduga akan mencemari lingkungan, akibat penggunaan detergen yang lebih banyak. Jika penggunaannya terlalu banyak, akan melebihi kapasitas asimilasinya yang berakibat pada tercemarnya ekosistem perairan tempat penerimanya. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Davis dan Cornwell (1991) serta Connell dan Miller (1995) yang mengatakan bahwa

1. Ditara
a. Pe
b. Pe
2. Dilan
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pe
b. Pe
mengutip tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Agri Horticulture University



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

apabila bahan pencemar yang dihasilkan dari aktivitas manusia dibuang ke lingkungan, akan menyebabkan perubahan yang buruk terhadap ekosistem penerimanya, apabila laju produksi suatu zat melebihi laju pembuangan atau penggunaan zat tersebut. Dalam kondisi tersebut, bahan-bahan pencemar akan menjadi racun bagi makhluk hidup yang ada di dalamnya (Klaassen *et al.* 1986).

Kondisi yang sama juga akan terjadi pada penggunaan energi. Pada keluarga makmur, untuk mandi umumnya digunakan *bath-tub*, sehingga diperlukan sumber daya air yang lebih banyak dan untuk menghangatkan airnya diperlukan energi yang cukup tinggi, begitu pula untuk mengeringkan rambut dan berbagai kegiatan lainnya yang sering kali menggunakan peralatan elektronik (mesin) yang serba modern. Pada keluarga sederhana, tidak terdapat fasilitas seperti itu, sehingga keluarga sederhana relatif hanya menggunakan sumber daya alam dan energi yang lebih rendah. Berdasarkan hal tersebut, keluarga sederhana akan relatif menggunakan sumber daya alam dan energi yang lebih sedikit dibanding keluarga makmur.



Daftar Pustaka

- Ahalya N, Ramachandra TV, Kanamadi RD. 2004. Biosorption of Heavy Metals. Online; <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/water/paper/biosorption/biosorption.htm>. (02/10/2007)
- Aida K, Shimizu A, Asahina K, Hanyu I. 1991. Photoperiodism in Reproduction in Bitterlings. p. 139–141. Proceedings of The Fourth International Symposium on The Reproductive Physiology of Fish. Univ. of East Anglia, Norwich, U.K. 7–12 July 1991.
- Aldrian E. 2011. PEAT Carbon, Fire, and Climate Interactions. *Jurnal Hidrosfir Indonesia* 3: 23–32.
- ALGAS. 1997. Taxonomy of Greenhouse Gases Mitigation Options for Energy and Non Energy Sectors. Technical Report TASK B 2. Jakarta.
- Allen JRL. 1993. Muddy Alluvial Coasts of Britain: Field Criteria for Shoreline Position and Movement in The Recent Past. *Proceedings of the Geologists' Association* 104: 241–262.
- Allenby BR. 1999 *Industrial Ecology: Policy Framework and Implementation*, Upper Saddle River. NJ: Prentice-Hall.
- Amiard JC, Amiard-Triquet C, Berthet B, Metayer C. 2008. Contribution to The Ecotoxicological Study of Cadmium, Lead, Copper and Zinc in The Mussel *mytilus Edulis*: Field study. *Mar. Biol.*, 90: 425–431.
- Amin N. 2009. Reducing Emissions from Private Cars: Incentive Measures for Behavioural Change. United Nations Environment Programme.
- Anna S. 1999. Analisis Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi Teluk Jakarta. Tesis. Tidak dipublikasikan. Institut Pertanian Bogor
- Arsyad L. 1999. *Ekonomi Pembangunan*. Yogyakarta: STIE YKPN.

Hal-hal 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Azahari DH. 2008. Membangun Kemandirian Pangan dalam Rangka Meningkatkan Ketahanan nasional. Analisis kebijakan Pertanian. Volume 6 No, 2, Juni 2008.
- Azkar MH. 1999. Pedoman Inventarisasi Lamun. Oseana 1: 1–16.
- Bakun A. 1996. Patterns in the Ocean Processes and Marine Population Dynamics. University of California Sea Grant, San Diego, 323p.
- Bank Dunia. 2012. Climate Change, Disaster Risk, and the Urban Poor. Edited by Judy L. Baker. World Bank. 316 pp
- Bank MS, Chesney E, Shine JP, Maage A, Senn DB. 2007. Mercury Bioaccumulation and Trophic Transfer in Sympatric Snapper Species from The Gulf Of Mexico. Ecological Applications 17:2100–2110
- Barlowe E. 1986. Land resource economics, The Economics of real estate. Fourth edition, p.13-15. New Jersey: USA Prentce Hall.
- Barlowe R. 1986. Land Resource Economics: The Economics of Real Estate (Fourth Edition). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Barreiro M, Giannini A, Chang P, Saravanan R. 2004. On the role of the South Atlantic atmospheric circulation in Tropical Atlantic Variability. In Earth's Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction, Eds. Wang, Xie and Carton, Geophysical Monograph Series 147, AGU, Washington DC, pp 143–156.
- Baynes RE, Hodgson E. 2010. Absorption and Distribution of Toxicants. In: Hodgson (Edited). A Textbook of Modern Toxicology. Four edition. North Caroline: John Wiley and Sons Inc., Publ. p 79–113
- Bengen DG. 2001. Sinopsis Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Bertrand M, Poirier I. 2005. Photosynthetic organismes and excess of metals. Photosynthetica, 43 (3): 345–353.



DAFTAR PUSTAKA

- Bishoven LJ, Postma JP, Parren P, Timmermans KR, Ollevier F. 1998. Relation Between Heavy Metal in Aquatic Sediments in Chironomus Larvae of Belgian Lowland Rivers and Their Morphological Deformities. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 688–703.
- BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). 2009. Fenomena El Nino dan La Nina. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Pusat.
- Boisson F, Cotret O, Teyssi JL, El-Baradei M, Fowler SW. 2003. Relative Importance of Dissolved and Food Pathways for Lead Contamination in Shrimp. *Marine Pollution Bulletin.* 46:1549–1557.
- Bouzon ZL, Schmidt ÉC, Maraschin M. 2010. Effects of UVB radiation on the Carragenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales): changes in ultrastructure, growth, and photosynthetic pigments. *Hydrobiologia*, 649 (2010) pp. 171–182.
- BPS (Biro Pusat Statistik). 2007. Indonesia dalam angka 2007. BPS Indonesia, Jakarta.
- Brierley AS, Kingsford MJ. 2009. Impacts of Climate Change on Marine Organisms and Ecosystems. *Current Biology* 19 : 602–614.
- Brown BE. 1997. Coral Bleaching: Causes and Qonsequences. *Proc 8th Int. coral Reef Sym.* 1 : 65–74
- Bryan GW, Langston WJ. 1991. Bioavailability, Accumulation and Effects of Heavy Metals in Sediments With Special Reference to United Kingdom Estuaries: a review. *Environmental Pollution* 76, 89–131.
- Buckley DAH, Sekiguchi K, Motch C, O'Donoghue D, Chen AL, Schwarzenberg-Czerny A, Pietsch W, Harrop-Allin MK. 1995. a Polarized Intermediate Polar from the ROSAT Galactic Plane Survey. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 275, Issue 4*, pp. 1028–1048

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

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

- Buddemeier RW, Fautin DG. 1993. Coral Bleaching As an Adaptive Mechanism. *BioScience* 43: 320–326.
- Cairns JrJ, Heath AG, Parker BC. 1975. The Effects of Temperature Upon The Toxicity of Chemicals to Aquatic Organismes. *Hydrobiologia* 47 (1): 135–171.
- Calmano W, Ahlf W, Fostner U. 1997. Sediment Quality Assessment: Chemical and Biological Approach. Springer-verlag. Berlin Heidelberg. Germany. hlm 1–35.
- Carpenter P, Walker B, Anderies JM, Abel N. 2001. From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4: 765–781
- Casarett, Doull's. 1975. Toxicologi :The Basic Science of Poison. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) 2003. Guidance Document on Achievement Determination - Canada-wide Standards for Particulate Matter and Ozone. CCME. Kanada
- Chapman PM, Wang F, Janssen C, Persoone G, Allen HE. 1998. Ecotoxicology of Metals in Aquatic Sediments: Binding and Release, Bioavailability, Risk Assessment, and Remediation. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 55: 2221–2243.
- Chen C, Amirbahman A, Fisher N, Harding G, Lamborg C, Nacci D, Taylor D. 2008. Methylmercury in Marine Ecosystems: Spatial Patterns and Processes of Production, Bioaccumulation, and Biomagnification. *EcoHealth* 5:4, 399–408
- Chowdhury R, Gardner T, Gardiner R, Chong M, Tonks M. 2010. Catchment Hydrology Modelling for Stormwater Harvesting Study in SEQ: from instrumentation to simulation, Science Forum 2010, Urban Water Security Research Alliance, Brisbane, Australia
- Clermont Y. 1972. Kinetics of Spermatogenesis in Mammals, Seminiferous Epithelium Cycle, and Spermatogonial Renewal. *Physiol. Rev.*, 52, 198–236



DAFTAR PUSTAKA

- Collen J, Pinto E, Pedersen M, Colepicolo P. 2003. Induction of Oxidative Stress in the Red Macroalga *Gracilaria tenuistipitata* by Pollutant Metals. *Arch. Environ. Cont. Tox.*, 45: 337–342,
- Connell DW, Miller GJ. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Yanti Koestoer, penerjemah; Sahati, pendamping. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (Ui-Press). Terjemahan dari: *Chemistry and Ecotoxicology of Pollution*. 520 hlm.
- Cordova MR. 2008. *Kajian Limbah Domestik di Perumnas Bantar Kemang, Kota Bogor dan Pengaruhnya terhadap Sungai Ciliwung*. Tidak Dipublikasikan. Institut Pertanian Bogor.
- Cordova MR. 2011. *Bioakumulasi Logam Berat dan Malformasi Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Teluk Jakarta*. Tesis. Tidak Dipublikasikan. Institut Pertanian Bogor.
- Cordova MR, Riani E. 2011a. *Konsentrasi Logam Berat (Hg, Pb, Cd) pada Air dan Sedimen di Muara Angke, Jakarta*. *J. Hidrosfir Indonesia*. Vol 6(2): 107–112.
- Cordova MR, Haryadi S, Effendie H. 2012. *Kualitas Limbah Domestik Kota Bogor: Studi Kasus Perumnas Bantar Kemang Kota Bogor*. *J. Hidrosfir Indonesia*. Vol 7(1): 39–44
- Dahuri R, Rais J, Ginting SP, Sitepu MJ. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita. Jakarta
- Davis ML, Cornwell DA. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Second edition. New York: Mc-Graw-Hill, Inc.
- Den Hartog C. 1970. *The Seagrasses of the World*. Dalam: Azkab MH. 1999. *Pedoman Inventarisasi Lamun*. Oseana 1: 1–16.
- Desrosiers K, Ingraham W, Van Mate A 2006. *TiO₂ photocatalysis for organics*. [http:// Ceenv.Calpoly. Edu/cota/enve 436/Projectes/TiO2 b/ TiO2- Organics. html](http://Ceenv.Calpoly.Edu/cota/enve436/Projectes/TiO2b/TiO2-Organics.html)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pemanfaatan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemusatan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pemanfaatan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Bogor Agricultural University

- Djajadiningrat ST. 2001. Untuk Generasi Masa Depan: Pemikiran, Tantangan dan Permasalahan Lingkungan. Bandung: Aksara Buana.
- Djunaedi J. 2005. Hubungan antara Pengetahuan Lingkungan dan Kepedulian terhadap Lingkungan dengan Motivasi Memelihara Lingkungan Hidup. Parameter
- Eisler R. 1987. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: a Synoptic Review. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 85(1.11).
- El Nemr A. 2007. New Developments in Electrodeposition and Pitting Research. Research Signpost Publishers. Transworld Research Network. Kerala. India. 339 pp.
- Environmental Impacts of Energy Strategies for Indonesia (BPPT-KFA). 1993. Final Summary Report. BPPT-KFA
- EPA (Environmental Protection Agency). 2006. Benzo(a)pyrene (BaP). TEACH Chemical Summary. http://www.epa.gov/teach/chem_summ/BaP_summary.pdf [20 Januari 2011]
- Ericsson A, Mojzita D, Schmidt H, Hohmann S. 2008. Case study in Systematic Modelling: Thiamine Uptake in the Yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Essays Biochem.* vol 45:135–146. Great Britain
- Ernst J. 2005. Initiating Bus Rapid Transit in Jakarta, Indonesia. *Transportation Research Record* 1903: 20–26.
- Eswaran H, Van Den Berg E, Reich PF PF. 1993. Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 192–194
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Livestock in the balance. Food and Agriculture Organization
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2010. The State of Food and Agriculture 2010-11. Food and Agriculture Organization



DAFTAR PUSTAKA

- Faust RA. 1994. Toxicity summary for benzo(a)pyrene. Oak Ridge Reservation Environmental Restoration Program. Oak Redge National Laboratory. Oak Ridge, Tennessee. <http://cira.ornl.gov/documents/Benzoapyrene.pdf>.
- Feingold JS. 2001. Responses of three coral communities to the 1997–98 El Niño-Southern Oscillation: Galapagos Islands, Ecuador. *Bulletin of Marine Science* 69: 61–77.
- Ferraro MVM, Vicinus M. 2009. Genotoxic Evaluation of Divverent Doses of Inorganic Lead (Pb II) in Hosplias malabaricus, *Environ Monit Asses* (2009) 158: 77–85.
- Finley R. 2001. Reduction of Greenhouse Gas Emissions Through CO₂ EOR in Texas. *Environmental Geosciences* 8(3):187–199.
- Forstner U, F Prosi. 1979. Heavy Metal Pollution in Freshwater Ecosystem. Dalam O. Ravera (ed) *Biological Aspect of Freshwater Pollution*. P. 272–280
- Forstner U, Wittmann GTW. 1983. Toxic Metal. dalam Forstner U dan GTW Wittmann (ed) *metal Pollution in The Aquatic Environment*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Germany p 3–68
- Forstner U, Whittmann GTW. 1983. Toxic Metal. In *Metal Pollution in Aquatic Environment*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, Germany. hlm 3–68.
- Frazier JM. 1979. Bioaccumulation of Cadmium in Marine Organismes. *Environmental Health Perspectives* Vol 28, p: 75–79. February 1979
- Garner DL, Hafez ESE. 1987. Spermatozoa and seminal plasma, hlm. 189–209. Di dalam: Hafez ESE. (ed.), *Reproduction in Farm Animals*. Lea and Febiger, Philadelphia.
- Garza A, Vega R, Soto E. 2006. Cellular Mechanisms of Lead Neurotoxicity. *Med Sci Monit*. 12:57–65.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Penulisan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Penulisan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 Hak Cipta Ilmiah, IPB (Institut Pertanian Bogor)
 Bogor Agricultural University

- Gatten RE Jr, Echternatch AC, Wilson MA. 1988. Acclimatization versus acclimation of activity metabolism in a lizard. *Physiological Zoology* **61** (4): 322–329
- Genten F, Terwinghe E, Danguy A. 2009. Atlas of Fish Histology. Departmen of Histology and Biopathology of Fish Fauna Laboratory of Functional Morphology Universite Libre de Bruxelles (U.L.B). Brussels Belgium. Sciences Publ. 215p
- Glynn PW, Mate JL, Baker AC, Calderon MO. 2001. Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–98 El Niño-Southern Oscillation event: spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982–1983 event. *Bulletin of the Marine Sciences* 69: 79–109.
- Goreau, Hayes RL. 2005. Global Coral Reef Bleaching and Sea Surface Temperature Trends from Satellite-Derived Hotspot Analysis. *WORLD RESOURCE REVIEW*, 17: 254–293
- Gregory ID, Pinochet H, Gras N, Munoz L .1995. Variability of Cadmium, Copper and Zinc Level in Molluscs and Associated Sediments from Chile. *Environmental Pollution Vol 92 No 3*. p: 359–368. Elsevier Science Ltd. Printed in Great Britain.
- Grimsditch GD, Salm RV. 2006. Coral Reef Resilience and Resistance to Bleaching. IUCN Resilience Science Group Working Paper Series - No 1. IUCN, Gland, Switzerland. 52pp
- Gupta V, Singh S. 2011. Development of a Causal Framework Linking Leadership to Employee Creativity. Paper published in the Proceedings of the 2011 Meeting of Southern Management Association, Savannah, US, 13–18
- Harding S. 1998. Gender, Development, and Post-Enlightenment Philosophies of Science. *Hypatia*. Special Issue: Border Crossings: Multiculturalism and Postcolonial Challenges, Part 2. 13 (3): 146–167
- Harkin C. 2001. Harkin Calls for Expanded USDA Conservation Program. *National Journal's CongressDaily AM*. March 2, 2001.



DAFTAR PUSTAKA

- Harrison D. 2000. Design for Sustainability is a Reality, in Exploring Design and Innovation, (Tabor, E. et al, eds.), pub. Brunel University. P.5
- Harrison P, Pearce F. 2001. AAAS Atlas of Population and Environment. Berkeley and Los Angeles: University of California Press. 204 pp.
- Helmuth B, Broitman B, Yamane LA, Gilman SA, Mach K, Mislan KAS, Denny MW. 2010. Organismel climatology: analyzing environmental variability at scales relevant to physiological stress. J. Exp. Biol. 213, 995–1003.
- Hodgson E. 2010. Introductuon to Toxicology. In: Hodgson (Edited). A Textbook of Modern Toxicology. Four edition. A John Wiley and Sons, Inc., Publ. North Caroline. p 1–14.
- Huang Z, Morimoto H. 2002. Water Pollution Models Based on Stochastic Differential Equations. Japan: Department of Earth and Environmental Sciences, Nagoya University.
- Huerkamp C, Glynn P, D’Croz L, Mate JL, Colley SB. 2001. Bleaching and recovery of five eastern Pacific corals in an El Nino-related temperature experiment. Bulletin of Marine Science
- Hughes TP, Baird AH, Bellwood DR, Card M, Connolly SR, Folke C, R Grosberg, Hoegh-Guldberg O, Jackson JBC, Kleypas J, Lough JM, Marshall P, Nystrom M, Palumbi SR, Pandolfi JM, Rosen B, Roughgarden J. 2003. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. Science 301: 929–933.
- Hughes TP, Bellwood DR, Folke C, Steneck RS, Wilson J. 2005. New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. Trends Ecol. Evol. 20: 380-386.
- Imam A. 2010. Kualitas Air Perlu Perhatian Serius Untuk Tekan Resiko Kerugian. Peringatan Hari Air Dunia. Jakarta.
- IPCC. 2010: Workshop Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Workshop on Sea Level Rise and Ice. IPCC

1. Ditara mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pelitipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pelitipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

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

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Copyright © Institut Pertanian Bogor / Bogor Agricultural University

- ITDP (Institute for Transportation and Development Policy). 2007. *Bus Rapid Transit Guide Planning*.
- Jeremy BCJ, Pandolfi, John JM. 2006. Ecological persistence interrupted in Caribbean coral reefs. *Ecology Letters* 9: 818-826
- Jezierska B, Lugowska K, Witeska M. 2009. The effects of heavy metals on embryonic development of fish (a review). *Fish Physiol Biochem* 35: 625-640
- Johnson LL, Lomax DP, Myers MS, Olson OP, Sol SY, O'Neill SM, West J, Collier TK. 2008. Xenoestrogen exposure and effects in English sole (*Parophrys vetulus*) from Puget Sound, WA. *Aquatic Toxicology* 88 (2008) 29-38
- Kafilzadeh F, Shiva AH, Malekpour R. 2011. Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Water and Sediments of the Kor River, Iran. *Middle-East Journal of Scientific Research* 10 (1): 01-07
- Kennedy IR. 1992. *Acid Soil and Acid Rain*, 2 Ed. Taunton, United Kingdom: Research Studies Press Ltd.
- Kevin AB, Herzog T, Pershing J. *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy 2005*. World Resources Institute. Washington, DC
- Klaassen CD, Amdur MP, Doull J. 1986. *Toxicology The Basic Science of Poisons*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Klige RK. 1990. Influence of global climatic processes on the hydrosphere regime. In: Paepe, R., Fairbridge, R.W. and Jelgersma, S. (eds), *Greenhouse Effect, Sea Level and Drought*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, pp. 165-181.
- Landrum PF, Robbins. 1990. Bioavailability of Sediment-Associated Contaminant to Benthic Invertebrates: Chemistry and toxicity of in Place Pollutants. Lewis Publishers. Boca Raton. hlm 237-263.



DAFTAR PUSTAKA

- Largier JL, Cheng BS, Higgason KD. 2010. Climate Change Impacts: Gulf of the Farallones and Cordell Bank National Marine Sanctuaries. Report of a Joint Working Group of the Gulf of the Farallones and Cordell Bank National Marine Sanctuaries Advisory Councils, 121 pp.
- Law RJ, Kelly CA, Baker KL, Langford KH, Bartlett T. 2002. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments, mussels and crustacea around a former gasworks site in Shoreham-by-Sea, UK. *Marine Pollution Bulletin*.44 : 903–911.
- Lee JY, Kim YP. 2007. Source apportionment of the particulate PAHs at Seoul, Korea: impact of long range transport to a megacity. *Atmos. Chem. Phys.* 7 : 3587–3596.
- Lemon L, MD Valle, A Marcomini. 2009. Introducing an integrated climate change perspective in POPs modeling, monitoring and regulation. *Environmental Pollution*. 152:1971–1980.
- Lesser MP. 2004. Experimental coral reef biology. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 300: 227–252.
- Lesser MP. 2006. Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology. *Annual Review of Physiology* 68: 253–278.
- Li D, Lu C, Wang J, Hu W, Cao Z, Sun D. 2010. Developmental mechanisms of arsenite toxicity in zebrafish (*Danio rerio*) embryos. Elsevier. *Aquatic toxicology* 91: 229–237.
- Louma A, Campbell PCG. 1987. Partitioning of Trace Metals in sediments: relationship with bioavailability. *Hydrobiology*. Vol 149:43–52.
- Louma SN, Bryan GW. 1981. A Static Assessment of The Form of Trace Metal Partitioning in Oxydized Estuarine Sediments. *Marine Chemical* 12: 159–181.
- Lovejoy T, Hannah L. (Eds). 2005. *Climate Change and Biodiversity*. New Haven: Yale. 398pp

- Lu F. C. 2006. Toksikologi Dasar; Asas, Organ Sasaran dan Penilaian Resiko. Edisi Kedua. Penerjemah Edi Nugroho. Penerbit IU-Press, Jakarta.
- Luoma SN. 1995. Prediction of Metal Toxicity in Nature from Bioassay: Limitation and Research Needs. Di dalam: A. Tessier and D.R. Tuner, editor: Metal Speciation and Bioavailability in Aquatic System. John Wiley and Sons Ltd. hlm 609–659.
- Luoma SN. 1996. The developing framework of marine ecotoxicology: Pollutants as a variable in marine ecosystems?. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 200: 29–55.
- Luoma SN, Jenne EA. 1976. Estimating Bioavailaility of Sediment-Bound Trace Metals With Chemicals Extractans. Di dalam: Hemphill DD. Trace Substance in Environmental Health. University of Missouri. Columbia. 343-351.
- Luoma SN, Ho KT. 1993. Appropriate Uses of Marine and Estuarine Sediment Bioassays, Di dalam: Calow P., editor. *Handbook Ecotoxicology*. Vol 1. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 193–225.
- Luoma SN, Ho KT. 1993. Appropriate Uses of Marine and Estuarine Sediment Bioassays, Di dalam: Calow P., editor. *Handbook Ecotoxicology*. Vol 1. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 193–225.
- Luoma SN, Carter JL. 1991. Effect of Trace Metal on Aquatic Benthos. Di dalam M.C. Newman and A.W. McIntosh (eds): *Metal Ecotoxicology: 105 Concepts and Applications*. Lewis Publishers. Chelsea, Michigan. Hlm 261–300.
- MacKenzie GES. 2007. Skues on Trout-Observations from and Angler Naturalist (Schullery, Paul. ed.). Mechanicsburg, PA: Stackpole Books
- Maher W, Batley GE, Lawrence I. 1999. Assessing The Health of Sediment Ecosystem: Use of Chemical Measurements. *Freshwater Biology* 41:361–372.
- Mamboya FA. 2007. Heavy Metal Contamination and Toxicity: Studies of Macroalgae From the Tanzanian Coast. Stockholm University. Stockholm. 49 hal.



DAFTAR PUSTAKA

- Manabe K, Hibberd ML, Donaldson PT, Underhill JA, Doherty DG, Demaine AG, Mieli-Vergani G, Eddeleston ALWF, Williams R. 1994. T-cell receptor constant B germline polymorphism and susceptibility to autoimmune hepatitis. *Hepatology* 160:1321–1325
- Manahan SE. 1990. *Hazardous Waste Chemistry, Toxicology, and Treatment*. University of Missouri, Columbia: Lewis Publishers.
- Manahan SE. 2005. *Environmental Chemistry*. Eight Edition. Florida: CRC Press. 782 hal.
- Martínov D, Dueri S, Puillat I, Carafa R, Jurado E, Berrojalbiz N, Dachs J, Zaldívar JM. 2009. Integrated modelling of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the marine environment: Coupling of hydrodynamic, fate and transport, bioaccumulation and planktonic food-web models. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1554–1561.
- Marques TM, Wall R, Ross RP, Fitzgerald GR, Ryan CA, C Stanton C. 2010. Programming infant gut microbiota: influence of dietary and environmental factors. *Curr Opin Biotechnol* 21:149–156
- Marty M. 1990. Trip Report: Kenya, April 7-14, 1990. Abt Associates Inc
- Mason RP, Reinfelder JR, Morel FMM. 1996. Uptake, toxicity, and trophic transfer of mercury in a coastal diatom. *Environ Sci Technol*. 30(6):1835–1845
- Mason C. 2002. *Biology of Freshwater Pollution*. 4th edition. England: Prentice Hall.
- McMichael AJ. 1996. Human population health. In: *Climate Change 1995: Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate change*. Scientific Technical Analysis Watson, R. T. et al. (Eds.) Cambridge: Cambridge University Press.
- Meador JP, Casillas E, Sloan CA, Varanasi U. 1995. Comparative bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons from sediment by two infaunal invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol 123: 107–124.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, pemuisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Penutipan 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 Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
 Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural University

- Mennen B. 1996. Dietary Chromium: An Overview. The Chromium Information Bureau, Inc. <http://customers.hbci.com/~wenonah/hydro/crbacker.htm>
- Meyer JS. 2002. The Utility of The Terms “Bioavailability” and “Bioavailable Fraction” for Metals. *Marine Experimental Research* 53: 417–423
- Modassir Y. 2000. Effect of Salinity on the Toxicity of Mercury in Mangrove Clam, *Polymesoda erosa* (Lightfoot 1786). *Asian Fisheries Science*. 13: 335–341.
- Moore JW, Ramamoorthy S. 1984. Heavy metals in Natural Waters. Springer-Verlag. New York, Berlin, Heidelberg. Tokyo. 268p
- Mubiana VK, Blust R. 2007. Effects of temperature on scope for growth and accumulation of Cd, Co, Cu and Pb by the marine bivalve *Mytilus edulis*. *Marine Environmental Research*. 63:219–235.
- Murdiarso D. 2003. Protokol Kyoto: Implikasinya Bagi Negara Berkembang. Jakarta: Kompas.
- Murray KR, Granner DK, Mayes PA, Rodwell VW. 2003. Biokimia Harper. Edisi 25. Penerjemah Andry Hartono. Penerbit Buku Kedokteran, EGC, Jakarta
- Napitupulu A. 1989. Pengembangan Model Kebijakan Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan Pada PT (Persero) Kawasan Berikat Nusantara. Disertasi Sekolah Pasca Sarjana –IPB. Bogor
- Neff JM. 1979. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. London, Applied Science Publishers Ltd.
- Ng Meng Wai, Camerlengo A, Wahab, AKA, (2005). A Study Of Global Warming In Malaysia. *Jurnal Teknologi*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Nontji A. 1998. Variasi musiman beberapa faktor ekologi di perairan Teluk Jakarta. *Oseanologi*



DAFTAR PUSTAKA

- Novotny V, Olem H. 1994. *Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrans Reinhold. New York. 1054 hal.
- Noyes PD, McElwee MK, Miller HD, Clark BW, Van Tiem LA, KC Walcott KC, Erwin KN, Levin ED. 2009. The toxicology of climate change: Environmental contaminants in a warming world. *Environment International*. 35:971–986.
- Odum HT. 1971. *Environment, power, and society*. Wiley-Interscience Environmental Science and Technology Series. University of California
- Odum WE. 1976. *Ecological guidelines for tropical coastal development*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) Publisher. University of California. p.61
- Palmer TN, Raisanen. 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*. 415–512
- Panjiwibowo C, Soejachmoen MH, Tanujaya O, Rusmantoro W. 2003. *Mencari Pohon Uang: CDM Kehutanan di Indonesia*, Pelangi, Jakarta
- Perales-Vela HV, González -Moreno S, Montes-Horcasitas C, Cagizares-Villanueva RO. 2007. Growth, photosynthetic and respiratory responses to sub-lethal copper concentrations in *Scenedesmus incrasatulus* (Chlorophyceae). *Chemosphere*, v. 67, p. 2274–2281.
- Pernetta J. 2004. *Guide to the Oceans*. Firefly Pocket Series. Firefly Books
- Petersen MK, Burnham CJ, Day TJF, Voth GA,. 2005. The Properties of Ion-Water Clusters. I. The Protonated 21-Water Cluster. *J. Chem. Phys.*
- Peterson WF, Prevost EC, Edmunds FT, Hundley Jr, JM, Morris FK. 1956. Epidermoid carcinoma arising in a benign cystic teratoma. A report of 15 cases. *Am J Obstet Gynecol* 71:173–189
- Petroleum Report Indonesia. 2003. *The Mineral Industry of Indonesia in 2003*. U.S. Embassy Jakarta, Indonesia

1. Ditara
 a. Per
 b. Per
 2. Dilat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 mengutip sebagian atau seluruhnya karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Per
 b. Per
 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruhnya karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Post WM, Peng TH, Emanuel WR, King AW, Dale VH, DeAngelis DL. 1990. The global carbon cycle. *Am. Sci.* 78:310–326.
- Power EA, Chapman PM. 1992. Assessing Sediment Quality. In: A. Burton (Eds): *Sediment Toxicity Assessment*. Lewis Publishers. 1–16.
- Ramamoorthy S, Rust BR. 1976. Mercury sorption and desorption characteristics of some Ottawa river sediments. *Can J Earth Sci* 13: 530–536.
- Reina RD, Spotila JR, Paladino FV, Dunham AE. 2009. Changed Reproductive Schedule of Eastern Pacific Leatherback Turtle *Dermochelys coriacea*
- Reish DJ, Martin JM, Piltz FM, Word JQ. 1976. The effect of heavy metals on laboratory populations of two polychaetes with comparisons to the water quality conditions and standards in southern California marine waters. *Water Research* 10: 299–302.
- Riani E. 2002. Perubahan Kualitas Air dan Dampaknya Dalam Upaya Pemulihan Kerusakan Sumber daya Alam. Workshop Penetapan Kriteria Perhitungan Beban Biaya Kerusakan Sumber daya Alam. Kerjasama Fakultas Kehutanan–IPB - BAPEDAL 31 Oktober 2002
- Riani E. 2004. Melindungi Air Melindungi Kepunahan. Nuansa Biru. Seafood Ecolabelling. Edisi 4. Yayasan WWF Indonesia dan Yayasan Uli Peduli
- Riani E. 2004a. Pemanfaatan Kerang Hijau sebagai Biofilter Perairan Teluk Jakarta. Seminar Hasil Penelitian Provinsi DKI Jakarta, November 2004
- Riani E. 2006. Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Era Otonomi Daerah. Diklat Pim III Regional IV Bandung.
- Riani E. 2008. Kajian Limbah Domestik Cair pada Kawasan Perumahan dan permukiman. Laporan Akhir Pekerjaan Kementerian Perumahan Rakyat. Menpera. Jakarta



DAFTAR PUSTAKA

- Riani E. 2009. Kerang Hijau (*Perna viridis*) Ukuran Kecil sebagai “Vacuum Cleaner” Limbah Cair. *Jurnal Alami, Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana*. Vol.14., No. 3. Desember. 2009. p: 24–30
- Riani E. 2010. Ikan untuk Kesehatan, Kecerdasan, Kesejahteraan dan Implementasi Agenda 21. Technical Presentation Inovasi IPB “Meningkatkan Daya Saing Bangsa Melalui Penyediaan Protein Hewani yang Murah dan Berkualitas. Theater 7 Hall B. JCC Jakarta 10 Juli 2010
- Riani E. 2010a. Pencemaran Logam Berat Di Waduk Saguling, Jawa Barat. Konferensi Seminar Nasional Pengelolaan Sumber daya lingkungan Hidup Indonesia XX, 14–16 Mei, 2010.
- Riani E. 2010b. Heavy Metals Contamination In Fish Culture At Saguling Reservoir. International Conference on Indonesian Inland Waters II, Monday, Nov 29th 2010 at Ambassador Room. Palembang.
- Riani E. 2010c. Pencemaran Logam Berat Di Waduk Saguling, Jawa Barat. Proceeding Konferensi Seminar Nasional Pengelolaan Sumber daya lingkungan Hidup Indonesia XX, 14-16 Mei, 2010. Universitas Riau. P. 235–246.
- Riani E. 2010d. Kontaminasi merkuri (Hg) dalam Organ Tubuh Ikan Petek (*Leignathus equulus*) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. BPPT. Mei 2010. Vol 11 (2): 313–322
- Riani E. 2010e. Kontaminasi Logam Berat pada Ikan Budidaya dalam Keramba Jaring Apung di Waduk Cirata. *Teknobiologi* Vol. 1 (1): 51–61
- Riani E. 2011a. Peran Perempuan dalam Upaya Pelestarian Lingkungan. Bimbingan Teknis Program Pemberdayaan Perempuan bagi Organisasi Perempuan. Dirjen Pemberdayaan Masyarakat dan Desa, Kemendagri. 19 Oktober 2011

1. Ditara
a. Per
b. Per
2. Dilat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Per
b. Per
c. Per
d. Per
e. Per
f. Per
g. Per
h. Per
i. Per
j. Per
k. Per
l. Per
m. Per
n. Per
o. Per
p. Per
q. Per
r. Per
s. Per
t. Per
u. Per
v. Per
w. Per
x. Per
y. Per
z. Per

hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Untuk kepentingan lain.
 c. Untuk kepentingan lain.
 d. Untuk kepentingan lain.
 e. Untuk kepentingan lain.
 f. Untuk kepentingan lain.
 g. Untuk kepentingan lain.
 h. Untuk kepentingan lain.
 i. Untuk kepentingan lain.
 j. Untuk kepentingan lain.
 k. Untuk kepentingan lain.
 l. Untuk kepentingan lain.
 m. Untuk kepentingan lain.
 n. Untuk kepentingan lain.
 o. Untuk kepentingan lain.
 p. Untuk kepentingan lain.
 q. Untuk kepentingan lain.
 r. Untuk kepentingan lain.
 s. Untuk kepentingan lain.
 t. Untuk kepentingan lain.
 u. Untuk kepentingan lain.
 v. Untuk kepentingan lain.
 w. Untuk kepentingan lain.
 x. Untuk kepentingan lain.
 y. Untuk kepentingan lain.
 z. Untuk kepentingan lain.

Riani E. 2011b. Peran Pendidikan Dalam Membangun Perilaku Ramah Lingkungan (Green Behavior) untuk Mewujudkan Janji Pemerintah Menurunkan Emisi GRK 26%. Nizam M dan Munir E (Editors). Etika Abad XXI: Peran Manusia Dalam Perubahan Iklim dan Pengelolaan Lingkungan. Klaster Perubahan Iklim, DPT-Dirjen Pendidikan Tinggi. Depdikbud (in press)

Riani E. 2011c. Dampak Perubahan Iklim pada Reproduksi, Keamanan dan Ketahanan Pangan. Nizam M dan Munir E (Editors). Etika Abad XXI: Peran Manusia Dalam Perubahan Iklim dan Pengelolaan Lingkungan. Klaster Perubahan Iklim, DPT-Dirjen Pendidikan Tinggi. Depdikbud (in press)

Riani E. 2011d. Produksi Bersih Sebagai Wahana untuk Meminimalkan Perubahan Iklim. Nizam M dan Munir E (Editors). Etika Abad XXI: Peran Manusia Dalam Perubahan Iklim dan Pengelolaan Lingkungan. Klaster Perubahan Iklim, DPT-Dirjen Pendidikan Tinggi. Depdikbud (in press)

Riani E. 2011e. Gangguan Reproduksi Akibat Pencemaran Logam Berat Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Yang Dibudidaya Di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta. *Jurnal Moluska Indonesia*. Vol 3. Desember 2011: 65–69

Riani E, Ernawati Y. 2004. Hubungan Perubahan Jenis Kelamin dan Ukuran Tubuh Ikan Belut Sawah (*Monopterus albus*). *Jurnal Ilmu-ilmu perairan dan perikanan Indonesia* . Vol. 2 No.1

Riani E, Sutjahjo SH. 2004. Penentuan Komoditi Marikultur berdasarkan Bioekologi di Perairan Kepulauan Seribu. Seminar Hasil Penelitian Provinsi DKI Jakarta, Kerjasama LP-IPB dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta tahun 2004. Nopember 2004

Riani E, Sutjahjo SH. 2005 Kajian Pemetaan Potensi Pelabuhan di Wilayah Provinsi DKI Jakarta Dalam Rangka Pemanfaatannya. Pemda DKI Jakarta. Laporan Akhir Penelitian. Kerjasama LPPM-IPB dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta tahun 2005



DAFTAR PUSTAKA

- Riani E, Sutjahjo SH. 2006 Potensi Pencemaran di Pelabuhan Tanjung Priok dan Upaya Mewujudkan Pembangunan Pelabuhan yang Berkelanjutan. Seminar Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Ruang Rapat Wagub Provinsi DKI Jakarta. Jakarta 12 Desember 2006
- Riani E, Sutjahjo SH, Firmansyah I. 2004. Analisis Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi Teluk Jakarta. Kerjasama LPPM IPB dengan Pemerintah Provinsi DKI Jakarta tahun 2004
- Riani E, Sudarso Y, Amanda R. 2012. Pengaruh Pencemaran Logam Berat terhadap Cacat Bawaan pada Larva Diptera—Chironomidae: *Dicrotendipes simpsoni* (in press)
- Riani E, Cordova MR. 2011. Dampak Pencemaran Logam Berat terhadap Cacat Bawaan (Malformasi) pada Keturunan Kerang Hijau yang Dibudidayakan di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta. Seminar Nasional PPLH. Mengakrabi Paradigma dan Instrumen Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup Dalam UU No 32 tahun 2009. IICC–IPB, 20 Oktober 2011
- Riget F, Johansen P, Asmund G. 1996. Influence of length on element concentrations in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Mar Pollut Bull* 32:745–751
- Roessig JM, Woodley CM, JJ Cech Jr, Hansen LJ. 2005. Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 14: 251–275.
- Schiedek D, Sundelin B, Readman JW, Mcdonald RW. 2007. Interaction between climate change and contaminants. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 1845–1856.
- Sharma RE, Yoo KH. *Kehidupan dalam Air*. Subani W (Penterjemah). Jakarta: Tira Pustaka.
- Shea D. 2010. Transport and Fate of Toxicants in the Environment. In: Hodgson (Edited). *A Textbook of Modern Toxicology*. Four edition. A John Wiley and Sons, Inc., Publ. North Caroline. p549–569

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

- Shin PKS, Lam WKC. 2001. Development of a marine sediment pollution index. *Environ. Poll.* vol:113 (3)281–291
- Sitepu HT. 2008. Desain Kebijakan Pengelolaan Permukiman Berkelanjutan yang Berbasis Instalasi Pengolahan Air Limbah Mandiri. Disertasi Sekolah Pascasarjana—IPB. Bogor
- Skinner KM, Bennett JD. 2007. Altered Gill Morphology in Benthic macroinvertebrates from Mercury Enriched Streams in the Neversink Reservoir Watershed. *New York. Ecotoxicology.* Vol 16:311–316
- Soemawoto O. 1992. Indonesia dalam Kancah Isu Lingkungan Global. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Stern PC, Young OR, Druckman D. 1992. *Global Environmental Change: Understanding the Human Dimensions.* National Research Council (U.S.). Committee on the Human Dimensions of Global Change
- Sudrajat H. 2010. Model Pengelolaan Industri Gula yang berkelanjutan. Disertasi Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor
- Sugiyono A. (2006) Peluang Pemanfaatan Biodiesel dari Kelapa Sawit sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Solar di Indonesia, dalam Suharyono dan Nurrohim (Editor) *Prospek Pengembangan Bio-Fuel Sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak, PTPSE-BPPT, Jakarta.*
- Sunu P. 2001. Melindungi lingkungan dengan menerapkan ISO 14001. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta
- Thompson E. 2007. *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind.* Harvard University Press. pp 543
- Turner BL, Meyer WB. 1992. Human Population Growth and Global Land-Use/Cover Change. *Annu Rev. of Ecol. Syst.* Vol. 23: 39–61
- Uno S, Makishima M. 2009. Benzo[a]pyrene toxicity and inflammatory disease. *Current Rheumatology Reviews,* (5): 266–271



DAFTAR PUSTAKA

- Van Lipzig MMH. 2011. The estrogen receptor, environmental estrogens and the role of cytochrome P450 in bioactivation. Dissertation. Vrije Universiteit, De Boelelaan, Amsterdam: 208 pp.
- Vargas-Angel B, Zapata F, Hernandez H, Jimenez J. 2001. Coral and coral reef responses to the 1997-1998 El Niño event on the Pacific coast of Colombia. *Bulletin of the Marine Sciences* 69: 111–132.
- Vilchis LI, Tegner MJ, Moore JD, Friedman CS, Riser KL, Robbins TT, Dayton PK. 2005. Ocean warming effects on growth, reproduction, and survivorship of Southern California abalone. *Ecol. Appl.* 15:469–480
- Walker G. 2009. Environmental justice and normative thinking. *Antipode* 41(1):203–205
- WCDE (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our Common Future*. Oxford University Press.
- Weber N. 2006. Dose Dependent Effect of Developmental Mercury Exposure on C-start Escape Responses of Larval Zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*. Volume 69 Issue 1. p: 75–94
- West JM, Salm RV. 2003. Resistance and Resilience to Coral Bleaching: Implications for Coral Reef Conservation and Management. *Conservation Biology*. Vol 17:956–967
- Wikipedia. 2011. The Carbon Cycle, updated primer by NASA Earth Observatory on 2011
- Wilson SK, Dolman AM, Cheal AJ, Emslie M, Pratchett MS, Sweatman HPA. 2010. Maintenance of fish diversity on disturbed coral reefs. *Coral Reefs* 28: 3–14.
- Winarso PA. 2002. Peluang Munculnya Cuaca Ekstrem Akhir 2002 dan Awal 2003. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Winarso PA. 2009. *Bukti Perubahan/Pemanasan Iklim*. Anggota Komteks sains dasar. BMG Jakarta

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

- Yoneda M, Wright PJ. 2005. Effect of Temperature and Food Availability on Reproductive Invesment of First Time SpawningMal Atlantic Cod. *Gadus morhua* . ICES Journal of Marine Science. 62: 1387–1393
- Yruela I. 2005. Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17: 145–156
- Zetser IS, Loaiciga HA. 1993. Groundwater fluxes in the global hydrologic cycle: Past, present and future. *J. Hydrol.* 144, 405–427.
- Zhang C, Qiao H. 2004. Effect of polychlorinated biphenyls on spermatogenesis and testosterone secretion in adult cocks. *Journal of Zhejiang University Science*. Vol. 5 (2): 193–197.
- Žižek S, Horvat M, Gibičar D, Fajon V, Toman MJ. 2007. Bioaccumulation of mercury in benthic communities of a river ecosystem affected by mercury mining. *Science of the Total Environment* 377:407–415

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Institut Pertanian Bogor

Bogor Agricultural University