



# MANUSIA DENGAN LINGKUNGAN

OLEH

PROF. DR. D. DWIDJOSEPUTRA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
PUSAT PENGEMBANGAN LEMBAGA PENDIDIKAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
JAKARTA  
1987

MANUSIA DENGAN LINGKUNGANNYA  
BUKU TEKS UNTUK PERGURUAN TINGGI

Ditulis oleh

Prof. Dr. D. Dwidjoseputro

MILIK PERPUSTAKAAN  
IKIP MALANG

Dengan dana dari

PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN PENGAJARAN

UPT Perpustakaan UM



01605/HD/87

Jakarta, 1 Pebruari 1987

Diterbitkan oleh Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan,  
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,  
Departemen Pendidikan dan Pengajaran

## KATA PENGANTAR

Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (P2LPTK) adalah salah satu bagian daripada Proyek Bank Dunia XI yang secara resmi dikenal sebagai The Second Indonesia-IBRD Teacher Training Proyek. Sebagaimana diisyaratkan oleh namanya, Proyek Bank Dunia XI ini merupakan lanjutan daripada proyek serupa sebelumnya yang dikenal sebagai Proyek Pengembangan Pendidikan Guru (P3G) atau The First Indonesia-IBRD Teacher Training Project.

Ada 2 perbedaan penting yang terdapat di antara kedua proyek yang menangani pendidikan tenaga kependidikan itu, yaitu bahwa Proyek Pendidikan Guru II ini (1) mempunyai sasaran kuantitatif di samping kualitatif, dan (2) secara organisatorik dipecah menjadi 3 bagian, yaitu Elemen A di Direktorat Dikgudentis, Elemen B (P2LPTK) di Direktorat Binsarak, dan Elemen C di Pusdiklat. Namun demikian, pengelolaan komponen bantuan teknisnya (penyelenggaraan program beasiswa di luar negeri dan pengadaan konsultan asing) dilakukan secara terpusat oleh Unit Pengelola Bantuan Teknis, UPBT atau The Technical Assistance Management Unit, TAMU, yang berkedudukan di Elemen B.

Program-program kegiatan Elemen B terdiri dari:

1. penambahan daya tampung 10 LPTK (IKIP-IKIP Medan, Padang, Jakarta, Bandung — dengan kelas jauh di FKIP Universitas Siliwangi, Semarang, Yogyakarta, Surabaya, Malang dan Ujung Pandang serta FKIP Universitas Udayana) sebanyak 16.000 tempat mahasiswa dalam bentuk pelbagai jenis *ruangan, peralatan* dan buku *pendidikan*.
2. pengembangan staf, akademik maupun administratif, yang terdiri (a) program gelar, jenjang master dan doktor, (b) program lapis untuk mahasiswa program S3, (c) program refresher untuk staf akademik di 3 FPS (IKIP Jakarta, Bandung dan Malang) dan 3 Program Kegiatan Pengumpulan Kredit, PKPK (IKIP Padang dan Yogyakarta yang di bawah naungan IKIP Jakarta, dan IKIP Surabaya yang di bawah naungan IKIP Malang), dan (d) program latihan untuk staf Biro Administrasi Akademik dan Kemahasiswaan.

Naskah ini merupakan hasil karya peserta Program Refresher yang dicetak terutama dengan maksud untuk mendokumentasikannya, sehingga terhadapnya tidak dilakukan penanganan editorial. Hasil-hasil karya yang

dimaksud ada yang berbentuk Bahan Mata Kuliah (Course Mate) yaitu kerangka mata kuliah yang disertai bahan rujukan, baik yang sengaja disusun untuk maksud itu oleh penulisannya, maupun berupa kutipan-kutipan. Di samping itu, ada pula hasil-hasil karya berupa buku teks, dalam bentuk terjemahan atau saduran. Dalam itu, memang ada kemungkinan ada karya-karya yang belum rampung waktu dilaksanakannya pencetakan naskah ini.

Hak cipta untuk setiap karya sepenuhnya ada pada para penulis dan diharapkan bahwa yang dicetak oleh Proyek pada kesempatan merupakan draft-draft awal yang akan dikembangkan lebih lanjut, untuk memperkaya khasanah kepustakaan di lingkungan LPTK umumnya, kultas Pasca Sarjana khususnya.

Untuk urusan berharga ini, Proyek menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis. Tegur-sapa untuk perbaikannya, baik dari para sejawat pemakai maupun para mahasiswa, yang kami yakin akan sangat bermanfaat untuk penyempurnaannya, mohon langsung ditujukan kepada masing-masing penulisnya.

Jakarta, Maret 1987

Pemimpin P2LPTK/Ketua UPB1

Prof. Dr. T. Raka Joni  
NIP. 130189864



## KATA PENGANTAR

Di negara-negara yang maju masalah lingkungan sudah lebih daripada setengah abad pembicaraan masyarakat di luar maupun di dalam sekolah dengan kehangatan yang mengalami pasang surut. Bahwa Ilmu Lingkungan atau apapun namanya perlu diketahui oleh tiap warga negara, lewat pendidikan formal, nonformal ataupun informal, hal ini diakui dengan tulus ikhlas. Tetapi, apa yang dimaksud Ilmu Lingkungan, berapa sempit luas cakupannya, perlu tidaknya dimasukkan dalam kurikulum sebagai mata ajaran tersendiri atau dititipkan pada salah satu mata ajaran seperti ilmu hayat, ilmu bumi atau dalam pendidikan jasmani, mana pedomannya, mana buku pelajarannya ?

Dalam kekosongan ini penulis mencoba menghimpun buku teks yang dapat digunakan sebagai pegangan dalam mengajarkan ilmu lingkungan sebagai ilmu tersendiri atau disertakan dengan mata ajaran/mata kuliah yang lain.

Guru/Dosen dapat mengurangi, menambahnya menurut keperluan. Penulis menyediakan daftar kepustakaan baik yang berasal dari dalam negeri yang jumlahnya sangat terbatas, maupun yang berasal dari luar negeri yang jumlahnya banyak sekali.

Sasaran pengajaran ilmu lingkungan ialah agar kita mengenal, mendalami lingkungan, demi kepentingan kita sendiri. Dalam mengenal, mempelajari lingkungan manusia akan menjumpai banyak masalah yang harus ia pecahkan demi kesejahteraan hidupnya. Di sinilah ia berperan sebagai subyek dan obyek bersama-sama.

Dalam pergulatan dengan berbagai persoalan di lingkungan hidupnya itu ia dididik dan mendidik untuk mampu menggunakan akal-budinya guna menjamin kelestarian pribadinya.

Hidup adalah rentetan perjuangan untuk bertahan. Perjuangan itulah panggilan manusia sebagai individu untuk mempertahankan individualitasnya, serta sebagai warga negara untuk menegaskan negaranya, dan sebagai makhluk untuk kelangsungan spesiesnya, yaitu seluruh umat manusia.

Metodik-didaktik yang dianggap oleh penulis sebagai prosedur yang mengena ialah sebagai berikut :

Materi yang dimuat di buku ini dibagi atas empat pokok bahasan.

— *Bagian Pertama* membicarakan lingkungan sebagai obyek studi untuk dikenal komponen-komponen serta hubungannya satu sama lain. Bagian ini lazimnya disebut *Ekologi*.

- *Bagian Kedua* meliputi *Energi, Sumber-sumber Daya Alam*, pada prinsipnya ekologi adalah pembicaraan mengenai perpindahan energi.
- *Bagian Ketiga* meliputi masalah *Kependudukan*.
- *Bagian Keempat* membicarakan *Pencemaran dan Usaha-usaha Pelestarian, Keseimbangan Lingkungan, Etika Lingkungan, Hari Depan Kemanusiaan*.

Dalam penyajian ini penulis mencoba sedapat mungkin menghindari penggunaan kata-kata dan istilah-istilah asing dan menggalakkan penggunaan kekayaan bahasa Indonesia sendiri. Untuk mereka yang ingin mengetahui, mengenal kata-kata dan istilah-istilah asing disediakan daftar kata-kata di halaman-halaman belakang.

Ilmu lingkungan bisa sederhana, tetapi juga bisa rumit karena yang disebut lingkungan memang bisa sempit dan bisa mencakup mahluk-mahluk hidup, mahluk-mahluk tak hidup di seluruh permukaan bumi kita ini, bahkan seluruh ruang angkasa masuk dalam wilayah lingkungan kita. Ilmu lingkungan disebut ilmu yang interdisipliner, paling sedikit bagian-bagian dari biologi, fisika, astronomi, kimia dan matematika turut dalam pembahasannya.

Penulis berharap, semoga lewat pengenalan timbullah penghayatan dan kemudian pengamalan, dan memang itulah sasaran yang ingin dicapai oleh pendidikan. Ilmu lingkungan diajarkan untuk diketahui, dihayati, dan dilaksanakan secara konsekuen mana-mana yang dianggap baik.

Pengetahuan mengenai lingkungan tidaklah diberikan sekedar untuk diketahui, tetapi untuk dijadikan sarana mendewasakan pemilikinya, menjadikan orang sadar dan bertanggungjawab. Terutama bagian keempat dari buku ini membahas hal-hal yang berkaitan dengan sikap, perilaku. Kalau hal sikap ini dijadikan sasaran utama, maka pengajaran *Ilmu Lingkungan* pantas diberi nama *Pendidikan Lingkungan*, dan buku ini menyediakan materinya untuk itu.

Albany, N.Y., Agustus 1985

D. Dwidjoseputro.

## Tujuan dan Motivasi Penulisan Buku ini

Buku ini memuat materi berikut referensi, bahan pengayaan dalam penyelenggaraan Pendidikan Lingkungan yang dapat diberikan secara formal maupun non-formal. Bangsa Indonesia harus sadar dan disadarkan akan tanggung-jawabnya untuk mengusahakan kehidupan yang sejahtera bagi generasi sekarang dan yang mendatang.

Pendidikan Lingkungan dimaksudkan untuk membekali masyarakat dengan pengetahuan tentang lingkungan biofisik serta masalah-masalahnya, dan membangkitkan kemauan untuk turut memecahkannya.

Untuk itu tiap warga negara harus :

1. Memiliki pengetahuan yang jelas, bahwa ia adalah makhluk berbudaya yang merupakan satu bagian dalam suatu sistem lingkungan hayati maupun non-hayati, dan bahwa ia mempunyai kemampuan untuk mengubah hubungannya.
2. Mengetahui keadaan biofisik lingkungan, baik yang alami maupun yang dibuat manusia, serta peranan masing-masing dalam masyarakat pada dewasa ini dan jangkauannya untuk masa depan.
3. Mengetahui secara mendasar masalah-masalah lingkungan biofisik serta penanganannya bersama-sama Pemerintah dan Masyarakat Umum.
4. Menyadari, bahwa ia turut memiliki, dan oleh karena itu turut bertanggungjawab tentang kebaikan lingkungan secara menyeluruh, dan mengajak serta memberi teladan sesamanya untuk berperan positif dan efektif.

Dosen dan Mahasiswa Pendidikan Lingkungan diharapkan telah menguasai dasar-dasar Ilmu Pengetahuan Alam (biologi, kimia, fisika, geografi, matematika), dan selain itu seyogyanya menaruh minat untuk memiliki pengetahuan di bidang Ilmu-ilmu Sosial, khususnya tentang estetika, etika, nilai-nilai.

Bertolak dari butir-butir tersebut di atas, kita dapat merumuskan Tujuan Pendidikan dan kemudian menyusun kurikulum yang sesuai dengan jenis fakultas/jurusan atau dengan jenjang akademik lembaga penyelenggara, apakah itu tingkat menengah ataukah itu perguruan tinggi.

Buku Teks yang sudah disusun sebaiknya dilengkapi dengan Buku Petunjuk Praktikum.

Karena Ilmu Lingkungan itu sifatnya interdisipliner, alangkah baiknya kalau di samping kuliah-kuliah yang biasa (regular), diadakan seminar-seminar secara periodik dan secara bergilir dengan penekanan pada satu disiplin tertentu, misalnya biologi reproduksi, bioteknologi, perkembang-

an eksplorasi ruang angkasa, gizi dan pengaruhnya kepada kecerdasan bangsa. Selain itu mahasiswa tingkat doktoral diwajibkan membuat makalah yang bisa didiskusikan dalam kelas. Pembuatan makalah dengan mengindahkan aturan-aturan yang ditentukan oleh lembaga yang bersangkutan merupakan latihan yang baik sekali bagi mahasiswa yang menghadapi penulisan tesis atau disertasi.

Strategi ini dianjurkan bahkan merupakan tuntutan untuk dilaksanakan di Pendidikan Tingkat S2, S3.

Penelitian dalam Pendidikan Lingkungan maupun dalam Ilmu Lingkungan masih jarang sekali, dan ini merupakan peluang yang sangat baik bagi para mahasiswa yang sulit menemukan pokok bahasan untuk dikelola dan diangkat menjadi bahan tesis atau disertasi.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Pimpinan Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, yang telah memberi motivasi untuk merampungkan karya tulis ini. Sebagian dari naskah buku teks ini ditulis di State University of New York di Albany, N.Y. waktu penulis mengikuti program penyegaran (refresher) Juli – Nopember 1985; pengembangan kelanjutannya diselesaikan di Indonesia.

Kepada ilustrator, Drs. Andy Harisman, saya ucapkan juga terima kasih atas bantuannya membuat buku ini lebih informatif.

Malang, Januari 1987

Penulis.



## DAFTAR ISI

Kata Pengantar .....	iii
Pemimpin P2LPTK (Ketua UPBT)	
Kata Pengantar .....	v
( Penulis )	
Daftar isi .....	ix
<b>BAGIAN PERTAMA : EKOLOGI</b> .....	<b>1</b>
1.1. Pendahuluan .....	1
1.2. Sistematik Penyajian Ilmu Lingkungan .....	6
Lingkungan, Macam-macam Ekologi .....	7
Ilmu Pengetahuan dan Teknologi .....	(11)
Kemajuan Teknologi dan Efek Sampingannya .....	(12)
Hidup, Energi, Sumber Energi .....	14
Sukses, Klimaks, Faktor-faktor Pembatas .....	19
Biosfer, Biom, Ekoton .....	21
Biom darat, Hutan .....	26
Fungsi Hutan .....	28
Pelestarian, Pengawetan Hutan .....	29
Bagaimana Pelestarian, Perlindungan dan Pengawetan Lingkungan dilaksanakan .....	(32)
Kebijaksanaan konservasi .....	36
Jenis-jenis hutan yang lain <i>Hutan Lindung</i> .....	38
- Padang gurun .....	39
- Caparal .....	40
- Padang rumput .....	40
- Hutan Merangas di daerah iklim sedang .....	40
- Hutan konifer: Taiga .....	41
- Tundra .....	42
	ix

Biom air tawar .....	4
Satuan Hidup, Organisme, Individu, Komunitas .....	4
Hubungan antara makhluk yang satu dengan makhluk yang lain .....	4
Rantai Makanan, Jaringan Makanan, Piramida Makanan .....	4
Rangkuman .....	5
1. Benda dan ruang .....	5
2. Lingkungan dan Komponen Lingkungan .....	5
3. Hubungan timbal balik antara komponen hayati dengan komponen nonhayati .....	5
4. Pencipta istilah ekologi .....	5
5. Rumahtangga dan Ruanglingkupnya .....	5
6. Pendekatan Ilmu Lingkungan .....	5
7. Memelihara Lingkungan adalah soal pendidikan .....	6
8. Mana yang lebih penting, ajar atau dasar .....	6
Pemahaman ekologi .....	6
Struktur Komunitas dan Ekosistem .....	6
<b>BAGIAN KEDUA : ENERGI</b> .....	6
1. Berbagai bentuk energi .....	8
2. Sumber-sumber energi .....	8
3. Sumber daya alam dan penggunaannya .....	8
Air .....	8
Peredaran Belirang .....	9
Fosfor dan Peredarannya .....	9
Peredaran Karbondioksida .....	9
Peredaran Nitrogen .....	9
Pertanyaan-pertanyaan mengenai energi .....	9
	10

AGIAN KETIGA : ILMU KEPENDUDUKAN .....	105
Distribusi Penduduk .....	113
Sifat-sifat Populasi .....	114
1. Kepadatan populasi .....	114
2. Pertambahan jumlah populasi .....	115
Perkembangan Hal Kependudukan .....	123
Daftar Kepustakaan .....	130



UPT PERPUSTAKAAN  
lib.um.ac.id | library@um.ac.id

*Siaran Jember  
Medan, Januari 1997  
Ningsi Samsi*

## Daftar Gambar

o.	Judul	Halaman
1.	Biom-biom seluruh dunia . . . . .	22
2.	Pola vegetasi menurut perbedaan suhu . . . . .	24
3.	Jaringan makanan, terdiri atas berbagai rantai makanan . . . . .	52
4.	Piramide makanan yang menunjukkan juga perpindahan energi yang tidak terbalikkan . . . . .	54
5.	Peredaran nitrogen . . . . .	55
6.	Peredaran air . . . . .	57
7.	Peredaran CO <sub>2</sub> . . . . .	58
8.	Spektrum gelombang-gelombang elektromagnet . . . . .	87
9.	Perkembangan penduduk dunia dengan percepatan yang mengikuti pola perkembangan teknologi . . . . .	108
10.	Tiga piramide kependudukan yang hipotetis . . . . .	110
11.	Grafik yang menunjukkan perkembangan penduduk dari negara terbelakang menjadi negara maju . . . . .	112
12.	Kurva sigmoid yang menggambarkan laju pertambahan jumlah suatu populasi . . . . .	117
13.	Piramide ( bagan ) yang menunjukkan struktur kependudukan India . . . . .	128



## BAGIAN PERTAMA

### EKOLOGI

#### Pendahuluan

1.1 Istilah ekologi diciptakan oleh sarjana Jerman *Ernst Haeckel* dalam tahun 1869. Istilah ini terdiri atas dua suku kata Yunani *oikos* yang berarti *rumah* atau *rumah-tangga*, dan *logos* yang berarti *uraian* atau *ilmu*.

Jadi sebenarnya ekologi itu secara harafiah berarti *ilmu kerumahtanggan*. Terapi dalam kenyataannya, yang dimaksud rumah-tangga itu tidak terbatas pada pengertian rumah-tangga seperti yang biasa sehari-hari kita fahami, akan tetapi bisa lebih luas. Desa, negara, bahkan seluruh dunia ini bisa kita anggap sebagai rumah-tangga kita bersama.

Pengertian lingkungan meliputi tempat dan segala apa yang terdapat di sekitar kita, mulai dari yang terbatas di rumah-tangga sampai yang terluas, yaitu angkasa raya atau alam semesta.

Orang mengenal lingkungannya karena mendayagunakan pancaindera. Pengenalan itu menjadi pengetahuan. Pengetahuan yang dikumpul menurut suatu aturan tertentu menjadi kekayaan yang disebut *ilmu*. Ilmu bertambah-tambah terus. Pengembangan ini dilakukan oleh para penuntut ilmu tersebut.

Menurut arti kata yang sebenarnya, pengetahuan adalah hasil dari proses tahu, mengetahui, dan ini merupakan suatu kegiatan jiwa. Bandingkan dengan pengalaman adalah hasil dari suatu kegiatan "mengalami". Bayi yang baru lahir belum dapat mengenal apa-apa, dan oleh karena itu belum mempunyai pengetahuan apa-apa, meskipun di lingkungannya ada banyak orang dan banyak barang-barang. Banyak orang mengatakan : "Bayi itu tahunya cuma menangis". Kata *tahunya* ini salah pakai, seharusnya diganti *bisanya*.

Proses tahu itu melibatkan *pusat saraf* (pengertian anatomik) yang kita sebut *pusat kesadaran* (pengertian psikologik).

Menangisnya bayi tadi hanyalah reaksi terhadap pengaruh lingkungan, perbuatannya itu suatu proses fisiologik, bukan proses psikologik.

Bayi memang tidak tahu dan belum tahu apa-apa, tetapi sudah dapat berbuat apa-apa seperti bergerak, bernafas, menangis. Jadi lebih tepat, kalau kita katakan : "Bayi yang baru lahir itu bisanya cuma menangis".

Dengan bertambahnya umur bayi (yang normal), terbentuklah koordinasi antara pusat saraf dan pancaindera. Selama pusat saraf (pusat ke-daran) belum terlihat dalam proses, maka suatu perbuatan yang dilakukan oleh bayi – bagi orang dewasa pun demikian – itu dikatakan suatu refleksi instink.

Perkembangan bayi secara fisik berjalan bersama-sama dengan perkembangan jiwanya. Kalau semula menangisnya itu hanyalah suatu reaksi terhadap pengaruh luar, maka menangisnya kemudian bisa melibatkan pusat kesadarannya. Jika bayi tahu lewat pengalaman, bahwa kalau menangis, ia akan mendapat perhatian, maka perbuatan menangis bukan lagi suatu refleksi, melainkan suatu perbuatan yang sengaja dilakukan untuk tujuan tertentu. Dengan ini kita mulai bicara mengenai pengaruh lingkungan terhadap mahluk hidup.

### Pengetahuan diperoleh lewat pancaindera.

Untuk memperoleh pengetahuan, dengan kata lain, untuk mengetahui sesuatu, harus ada kegiatan jiwa. Kegiatan itu berupa pengamatan, yaitu memperhatikan dengan aktif dan dengan tujuan tertentu. Tanpa perhatian dan tujuan tertentu tidak akan terjadi pengayaan. Untuk kegiatan mengamati, memperhatikan, dibutuhkan pancaindera, kalau perlu, dengan bantuan alat-alat hasil teknologi di bidang biologi kedokteran.

Pengetahuan yang diperoleh lewat pengamatan bisa hanya untuk dimaklumi saja, sekedar mengisi "cognitive domain", memuaskan keinginan tahu, dan bisa juga merupakan landasan-landasan dasar bagi pengembangan ilmu dasar atau ilmu teoritis. Selain itu pengetahuan tersebut dapat juga menjadi penggerak untuk perbuatan-perbuatan, tindakan-tindakan, yang ada sangkut-pautnya dengan kepentingan pribadi maupun umum. Dalam hal ini pengetahuan bermanfaat langsung sebagai pengubah sikap manusia dan sebagai penambah kesejahteraan hidup perorangan dan masyarakat. Pengetahuan yang demikian dikatakan berpengaruh dalam "affective domain" manusia.

Dalam masyarakat ada gejala superlativisme. Kalau kegiatan seseorang lewat berbagai macam pengamatan itu sudah sampai pada taraf *tahu* (pengetahuan), sebenarnya prosesnya sudah berakhir. Istilah-istilah *setengah tahu*, *sungguh-sungguh tahu* menunjukkan adanya kenisbian *penger-tian tahu*. Kata-kata *sadar* dan *yakin* hanyalah menambah kenisbian *mak-na tahu*, sebab orang masih mengadakan klasifikasi *setengah sadar*, *sadar sekali*, *setengah yakin*, *yakin seyakin-yakinnya*, dan sebagainya.

Gradasi semacam ini tidak dapat dibakukan, dan oleh karena itu penggunaan tidak dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Suatu pengetahuan baru dianggap sebagai unsur ilmu, kalau pengetahuan itu diperoleh dan didukung oleh norma-norma, kaidah-kaidah keilmuan.

Ilmu menggunakan kaidah-kaidah, kriteria yang mantap

Marilah kita bicarakan apakah dan kapankah pengetahuan tentang lingkungan layak kita juluki *Ilmu Lingkungan*. Yang ingin kita kemukakan ialah *Ilmu Lingkungan*, bukan *Ilmu tentang lingkungan*.

Yang pertama mempunyai cakupan yang lebih mendalam. Demikian pula kita tidak bicara mengenai *Ilmu tentang Tumbuhan*, *Ilmu Hewan*, dan lain-lainnya lagi, tetapi *Ilmu Tumbuhan* (Botani), *Ilmu Hewan* (Zoologi), dan lain-lainnya lagi.

*Pengetahuan tentang Tumbuhan, Pengetahuan tentang Hewan*, dan sebagainya, tidak masuk terminologi keilmuan. Orang boleh saja bicara tentang Ilmu Menggambar, Ilmu Silat, Ilmu Masak, dan Seorang ilmuwan bekerja, memecahkan suatu masalah dengan mengeterapkannya kalau kita merendah lagi sampai pada tingkat molekul, di situlah kita mengakui adanya kesamaan antara makhluk-makhluk tersebut

Seperti telah disebut di depan, ilmu mengandung unsur pengetahuan. Untuk menghilangkan kesemrawutan dalam penggunaan istilah *ilmu*, maka pengertian *ilmu* yang ingin kita budayakan dalam abad ini ialah sebagai berikut :

1. Ilmu ialah pengetahuan yang diperoleh, dihimpun dengan metode tertentu. ✓
2. Metode tertentu terdiri atas penginderaan, tanpa atau dengan alat-alat bantu. ✓
3. Hasil penginderaan harus terbuka untuk diikuti, diperiksa atau diulang orang lain. ✓
4. Data yang diperoleh harus dapat diukur, dinilai secara kualitatif maupun kuantitatif. ✓
5. Ukuran yang dapat dipakai haruslah mantap, obyektif. Contoh : Hasil karya seorang seniman ( lukis, patung, musik, seni suara ) jelas tidak dapat dinilai secara ilmiah bukan ? ✓

Urutan bekerja secara ilmiah adalah sebagai berikut :

1. Mengadakan pengamatan, mengadakan dugaan yang disebut juga menyusun hipotesis, dan menguji hipotesis tersebut.
2. Hipotesis haruslah sederhana, jelas dan logis.

3. Untuk mendukung kebenaran atau ketidakbenaran hipotesis biasanya diadakan eksperimen. Kalau data yang diperoleh dari eksperimen mendukung kebenaran hipotesis, penelitian dapat dilanjutkan. Jika tidak, maka hipotesis perlu direvisi atau diganti sama sekali.
4. Dalam melakukan eksperimen perlu diadakan sistem perbandingan.
5. Jika suatu hipotesis tahan uji beberapa kali, maka kesimpulan-kesimpulan yang diambil dari hipotesis tersebut boleh dianggap mantap dan hipotesisnya dapat dianggap sebagai teori. ✓

Jangan dikira, bahwa suatu teori pasti berlaku selama-lamanya. Dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan alam mengenai cahaya, kita mengenal teori Newton digantikan oleh teori Huygens, kemudian diubah lagi oleh Planck.

Dalam Fisiologi Tumbuhan, lama orang berteori, bahwa peresapan unsur N oleh tumbuhan dilakukan lewat akar. Dengan teknik menggunakan radio-isotop (N-15) dibuktikan, bahwa pengambilan unsur N dapat juga lewat daun. Dengan menggunakan bahan radio-aktif sebagai pelacak, banyak teori yang sudah seakan-akan membeku menjadi dogma, bisa menjadi cair lagi, sehingga tersusun teori baru. Banyak orang berpendapat, bahwa ilmu itu suatu paket yang tak dapat dikutik-kutik, dan apa yang dikatakan oleh ilmuwan pasti mutlak benar. Anggapan ini tidak benar. Seorang ilmuwan bekerja, memecahkan suatu masalah, dengan menerapkan metode ilmiah, dan metode ini adalah obyektif, tetapi manusia yang menggunakan metode tersebut tetap subyektif.

Bagaimanapun juga, dalam usaha-usaha kita untuk mencari kebenaran harus mengindahkan aturan main, dan aturan main dalam dunia keilmuan itu ialah metode ilmiah. Aturan main yang digunakan ilmuwan ini tidak bisa digunakan oleh orang yang ingin mencari kebenaran di bidang keagamaan, kepercayaan.

Dengan berkembangnya ilmu statistik dan alat komputer akhir-akhir ini orang cenderung beranggapan, bahwa yang disebut ilmu/keilmuan itu harus dapat dinyatakan dengan angka. Ilmu yang deskriptif melulu sudah masuk klasik. *Ilmu lingkungan* yang semula bersifat deskriptif saja, akhir-akhir ini mengalami pembagian kerja.

Ada kelompok ekologiwan yang berpendapat, bahwa ilmu ini harus menuju kepada ilmu eksak yang didukung data eksperimental.

Tentang ilmu Francois Bourliere, Presiden Intercol (International Association for Ecology) dalam "Trends in Ecological Research for the 1980s" 1984, mengemukakan:

"Is Ecology at the crossroad ? After three decades of rapid, though somewhat anarchic development, many ecologists now beginning to ask this question. They have the feeling of no longer belonging to a unified and mature scientific discipline. Many of them claim to be mere empiricists, whereas others are proud to be considered theoreticians. Each side has its own journals and holds its own specialists meetings, tending to disregard the achievements of the other. The communication gap between the two schools is quickly widening, to the detriment of both. To make things worse, the word "ecology" now has a different meaning for the professional biologists and the general public. Ecology is still considered as a creditable (though rather "soft") scientific discipline by the former, whereas it is perceived as a new, non conformist political philosophy by the latter. Empirical ecologists are fundamentally naturalists who enjoy the immense complexity of the natural world and devote their lifetimes to the description of the many adaptive characteristics - morphological, biological, or behavioral of the hundreds of thousands species sharing the earth with us. They generally are ignorant of, if not allergic to, the use of any mathematical representation of living phenomena. They feel, that ecological theory is rapidly becoming a mathematical game that has lost any contact with the "realities of life".

At the opposite extreme, theoretical ecologists contend that if mathematics without natural history is indeed sterile, natural history without mathematics is muddled (semrawut)—to paraphrase Maynard Smith's famous sentence. They emphasize the importance of the "hypothetico-deductive method" and advocate the use of inductive models. Such models are not limited to reproducing the behavior of a given system under various conditions, but can provide a real insight into the organization and operation of the system itself. Obviously, the ideal way to bridge the gap between theory and practice would be to train new generations of research students to become equally good field workers and clever mathematicians. Unfortunately, this strategy has seldom proved feasible up to now

..... "

Ekologi di Indonesia baru lahir tahun 1960 an, dan perkembangannya juga lambat, peminatnya sedikit. Usaha pemerintah untuk menggalakkan kegiatan dalam bidang ekologi berupa penugasan Departemen Kependudukan dan Lingkungan Hidup.

Pada taraf sekarang masih berbenah-benah, kegiatan di candra oleh Francois Bourliere sebagai berikut :

MILIK PERPUSTAKAAN  
IKIP MALANG

" . . . . . the ecoactivists and other believers in "pop-ecology" are more concerned with political action than with intellectual ventures. They cling to some of the very simplistic articles of faith of many of our founding fathers, such of the "balance of nature", and are convinced a priori of the negative side effects of all modern human activities".

Daftar kepustakaan di halaman-halaman belakang menunjukkan betapa banyaknya sub-sub bidang Ilmu Lingkungan yang ditekuni oleh para peminatnya.

## 1.2. Sistematik Penyajian Ilmu Lingkungan

Pendekatan "ingin tahu" mendasari penyajian materi ekologi dalam buku ini. Pertanyaan-pertanyaan di belakang tiap bab berguna sebagai penguji dari setelah mempelajari bab yang bersangkutan.

Ekologi tergolong ilmu yang masih muda yang diperkenalkan secara tradisional informatif, namun dalam tahun 1980an ini telah ada penanganan dengan metodik yang lain seperti yang dilakukan oleh Barbara Robinson dan Evelyn Wolfson dengan buku teksnya "Environmental Education" 1982, dan oleh Eldon D Engler dkk. dengan buku teksnya "Environmental Science, The Study of Interrelationships" 1983.

Pada permulaan abad-20 ini hal Ekologi hanya muncul sebagai suatu bab dalam buku-buku Botani dan Zoologi. Baru dalam tahun 1950an ilmu ini diperlakukan sebagai disiplin tersendiri di samping botani dan zoologi, sedangkan di beberapa universitas di negara maju mulai dikembangkan menjadi fakultas atau departemen Ekologi.

Buku teks mengenai ekologi yang pertama muncul dalam tahun 1929, tetapi itu hanya mengenai ekologi tumbuhan, yaitu "Plant Ecology" karangan J.E. Weaver dan F.E. Clements. Sepuluh tahun kemudian daripadanya itu muncul buku teks yang lebih umum, yaitu "Bio-ecology" karangan Frederick E. Clements dan V.E. Shelford, 1939.

Dalam tahun 1950an mulai banyak buku teks tentang ekologi, baik yang umum maupun yang khusus, dan kepustakaan mengenai ilmu lingkungan mulai bertimbun-timbun. Daftar referensi yang dimuat pada akhir buku ini hanyalah suatu koleksi dan seleksi dari ratusan buku dan majalah yang sempat dicatat oleh penulis selama beberapa bulan di State University of New York di Albany, N.Y.



Adalah sangat menggembirakan, bahwa di negara kita juga telah ada beberapa ekologiwan seperti Otto Soemarwoto dari Universitas Pajajaran, E. Soeriaatmadja dari Institut Teknologi Bandung, yang senantiasa mengadakan studi dan pendidikan lingkungan. M.T. Zen dengan bukunya "Menuju kelestarian Lingkungan Hidup" 1981 (cet. ketiga) membangkitkan minat untuk terus menggumuli masalah lingkungan. Soedjiran Resoedarmo dkk. menulis "Pengantar Ekologi" 1986 (cet. ketiga) menambah khasanah buku teks tentang ekologi.

Dengan meningkatnya kesadaran, bahwa "how to teach" itu sama pentingnya dengan "what to teach", sejak permulaan 1970 bermunculan buku-buku ekologi yang banyak memperhatikan segi didaktiknya. Lebih-lebih setelah banyak ekologiwan dan pendidik berpendapat, bahwa masalah lingkungan bukan sekedar masalah *pengetahuan*, melainkan juga masalah *perilaku*, mulai terbit buku-buku yang bernafas pendidikan lingkungan. Hal ini dapat dikaji pada daftar buku-buku yang disajikan di halaman-halaman belakang. Dalam 1984 terbit buku "Ekologi Ekosistem Sumatra" karangan Jazanul Anwar dkk., dan dalam 1986 diharapkan terbit "Ekologi Sulawesi" oleh A.J. Whitten. Kawasan Nusantara mengandung ekologiwan peneliti dan pendidik sebanyak-banyaknya.

### Lingkungan, macam-macam ekologi

Planet yang kita huni ini adalah satu di antara sembilan planet yang lain yang bersama-sama dengan matahari merupakan suatu tatasurya, dan tatasurya kita ini hanyalah satu di antara jutaan tatasurya lainnya yang berkelompok dalam satu galaksi (bima sakti), sedangkan banyaknya galaksi dalam ruang angkasa itu juga jutaan. Nah, bayangkan betapa kecilnya bumi kita yang berguling-guling di ruang angkasa yang tak terbatas itu.

Apakah ruang angkasa tidak terbatas? Ada teori yang menyebut ruang angkasa itu senantiasa mengembang. Segera orang akan bertanya: Jika ruang angkasa dapat berkembang, lalu berkembangnya ke arah mana? Apakah masih ada ruang di luar ruang angkasa yang kita miliki ini.

Sebaliknya, kalau kita katakan, bahwa ruang angkasa itu mempunyai batas, lalu ada apa di seberang batas itu? Maka untuk memuaskan keinginan—tahu kita, cukuplah kalau kita katakan, bahwa ruang angkasa itu tidak terbatas.

Kalau kita bertolak dari bumi yang kita diami ini, maka segala apa yang di luar bumi ini adalah lingkungan bumi. Dengan sendirinya ling-

kungan itu juga merupakan lingkungan para penghuni bumi, yaitu semesta makhluk hidup yang mendiami bumi ini.

Matahari, Bulan, Bintang-bintang yang bertebaran di Angkasa, semuanya mempunyai pengaruh kepada kehidupan di bumi ini. Kita senang melihat gemerlapannya bintang-bintang waktu malam; bulan purnama menimbulkan rasa haru yang menyentuh manusia dan hewan-hewan yang dapat kita amati perilakunya. Pasang-surutnya air laut menurut peredaran bulan.

Jika tidak ada matahari, tumbuhan tak dapat hidup, tak dapat menyusun zat makanan bagi makhluk-makhluk hidup yang lain. Ini berarti tidak ada matahari tidak ada kehidupan di bumi kita ini.

Sebaliknya, apakah pengaruh penghuni bumi kepada ruang angkasa? Kalau pertanyaan itu dikemukakan satu abad yang lalu, manusia sulit menjawabnya. Tetapi manusia sekarang dapat menjawabnya dengan menunjukkan adanya perlawatan ke bulan, penempatan satelit-satelit di ruang angkasa. Itulah perbuatan makhluk penghuni bumi terhadap ruang angkasa. Apa dampaknya, itu belum dapat kita jawab.

Seperti cakupan lingkungan itu dapat sempit, terbatas, tetapi dapat juga luas tak terbatas, maka ekologi dapat membatasi diri pada lingkungan yang sempit, namun dapat juga meliputi wilayah yang sangat luas.

Selain itu, ekologi yang tergolong suatu disiplin ilmu yang masih muda, memang belum nampak jelas identitasnya; kadang-kadang batas-batas disiplinnya dengan ilmu-ilmu lain masih kabur. Ciri khusus yang dimiliki ilmu ini ialah ke-*umuman*-nya, yaitu ilmu yang ke-*umuman*-nya bersifat interdisipliner, membicarakan obyek-obyeknya secara integral. Ilmu ini sudah ada sejak manusia dilahirkan. Kita tahu adanya hubungan timbal balik antara bayi dengan orangtuanya, antara bayi dengan tempat tidurnya, dengan kamarnya, dengan rumahnya. Jika lingkungannya menjadi kotor, menjadi panas, tidak optimal baginya, maka terdengarlah tangisnya sebagai reaksi terhadap situasi yang dirasakannya mengganggu. Selanjutnya akan selalu terjadi interaksi antara lingkungan dengan bayi yang tumbuh menjadi anak-anak, remaja dan akhirnya dewasa. Dalam proses itu kita akan menyaksikan tiga kemungkinan. Pertama, apakah anak yang sudah dewasa itu memiliki pola hidup seperti lingkungannya, tanpa ada perubahan pada dirinya maupun pada lingkungannya, patuh pada tradisi yang turun-temurun? Kedua, interaksi dapat membuahkan dua macam hasil yang menurut norma-norma kehidupan masyarakat setempat bisa dikatakan positif atau negatif, meskipun sama-sama mengikuti hukum aksi-reaksi. Betapa seringnya kita mendengar atau menyaksikan

ikan seorang anak maupun orang dewasa berbuat sesuatu yang tidak terpuji karena pengaruh lingkungan. Dalam hal demikian itu kita ada alasan untuk mengatakan, anak atau orang tersebut adalah produk semata-mata dari lingkungannya. Sebaliknya, kita juga sering mendengar, membaca, menyaksikan anak atau orang yang mampu menciptakan sesuatu yang baru, mengubah lingkungan menjadi lebih baik. Dalam hal yang demikian ini kita katakan, anak atau orang tersebut adalah pengelola lingkungan.

Sepanjang sejarah perkembangan umat manusia, pergulatan untuk mempertahankan keberadaannya merupakan tema, bahkan drama di mana ia kadang-kadang nampak sebagai pelaku yang pasif, sebagai wayang dalam tangan dalang, tetapi kadang-kadang juga nampak sebagai aktor intelektual yang mengubah jalannya sejarah.

Mengubah dan diubah, bertindak sebagai subyek dan sekaligus sebagai obyek secara silih berganti, itulah peranan manusia dalam sejarah.

Pengaruh timbal-balik antara manusia dengan lingkungannya dihayati pula oleh negarawan ulung almarhum Winston Churchill, ketika dalam Parlemen Inggris terjadi perdebatan mengenai : Apakah gedung parlemen yang mengalami kerusakan dalam Perang Dunia II akan dibongkar sama sekali, dan sebagai penggantinya dibangun gedung model baru, ataukah akan sekedar mengadakan pemugaran untuk mengembalikan bentuk aslinya. Maka negarawan yang berwibawa itu mengucap: "We shape the building, but finally the building is shaping us".

Mengenai hubungan antara manusia dengan lingkungannya itu oleh William Stern, psikolog Jerman (1871 - 1938), dikatakan dalam Konvergensi Teorinya, bahwa manusia adalah produk dari interaksi antara pribadinya dengan lingkungan.

Ilustrasi di atas menggambarkan daerah operasinya ilmu yang kita namakan ekologi ini. Kalau ilustrasi tersebut hanya menggambarkan hubungan fungsional antara manusia dengan lingkungannya, maka kita masih bisa menyebut hubungan struktural antara manusia dengan makhluk hidup yang lain yang kita kelompokkan sebagai komponen hayati dalam suatu lingkungan. Sepintas lalu orang akan keheran-heranan, kalau diminta menyebutkan hubungan struktural apa yang ada antara manusia, gajah, semut, bakteri.

Sudah jelas, kalau orang tidak bisa menemukan hubungan morfologik antara keempat makhluk hidup tersebut. Juga di tingkat organologik, histologik maupun sitologik tidak banyak ditemukan persamaan. Namun

kalau kita merendah lagi sampai pada tingkat molekul, disitulah kita mengakui adanya kesamaan antara mahluk-mahluk tersebut di atas. Secara fisiologik mereka menunjukkan adanya kesamaan, misalnya dalam hal interaksi dengan lingkungan. Mereka sama-sama peka terhadap panas (suhu), kelembaban, tekanan, senyawa-senyawa kimia tertentu.

Faktor-faktor itu menimbulkan efek yang sama terhadap mahluk-mahluk tersebut.

Mengamati, mendalami dengan memberi penafsiran mengenai interaksi antara mahluk hidup dengan lingkungan-fisiknya maupun dengan sesama mahluk hidup yang lain, terutama dari segi tingkah-laku, itulah ruang gerak ekologi.

Dalam ekologi, lingkungan fisik disebut juga komponen *fisik*, komponen *tak-hidup*, komponen *non-hayati* atau komponen *abiotik*. Komponen ini terdiri atas tanah, air, udara, matahari, dan benda-benda lain lainnya. Di samping itu ada dikenal komponen *hidup* yang disebut juga komponen *hayati* atau komponen *biotik*, dan komponen ini terdiri atas tumbuhan, hewan dan semua mahluk hidup lainnya.

Bahwa antara semua komponen itu ada pengaruh timbal balik, hal itu tidak dapat disangkal. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal-balik itu oleh biologiwan Jerman Ernst Haeckel (1869) disebut *ekologi*. Ilmu ini olehnya dianggap sebagai anak disiplin biologi.

Ekologi terdiri atas dua suku kata Yunani *oikos* yang berarti *rumah tangga*, dan *logos* yang berarti *firman* atau *ilmu*. Jadi secara harfiah ekologi berarti *ilmu kerumah-tangga*. Ilmu ini mirip dengan *ekonomi* yang secara harfiah berarti *ilmu* atau *aturan* rumah-tangga; *nomos* adalah bahasa Yunani yang berarti *hukum* atau *aturan*. Memang dalam ekologi banyak terlibat ekonomi, dan sebaliknya, dalam ekonomi banyak dibicarakan materi ekologi, meskipun sering kali nama ekologi tidak disebut.

Kita mengenal beberapa definisi untuk ekologi, misalnya :

- Ekologi ialah cabang biologi yang mempelajari hubungan timbal-balik antara mahluk-hidup dengan lingkungannya.
  - Ekologi ialah studi ilmiah tentang interaksi yang menentukan penyebaran dan kepadatan mahluk hidup.
- Definisi yang singkat, tetapi dirasa agak mengambang, ialah
- Ekologi adalah Biologi Lingkungan.