



**PANDANGAN BIOLOGI TERHADAP
PROSES BERPIKIR DAN IMPLIKASINYA
DALAM PENDIDIKAN SAINS**

Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap
Dalam Bidang Ilmu Pendidikan Biologi Pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu
Pengetahuann Alam
Universitas Pendidikan Indonesia
17 Oktober 2002

Oleh
Dr. Hj. Nuryani Rustaman

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2002

**PANDANGAN BIOLOGI TERHADAP
PROSES BERPIKIR DAN IMPLIKASINYA
DALAM PENDIDIKAN SAINS**

Yang terhormat:

1. Ketua dan anggota Dewan Penyantun
2. Rektor dan Pembantu Rektor beserta Ibu
3. Ketua dan anggota Senat Universitas
4. Direktur dan para Asisten Direktur Program Pascasarjana
5. Dekan dan para Pembantu Dekan, dan Ketua Lembaga di lingkungan UPI
6. Ketua dan Sekretaris Jurusan dan Program Studi beserta para Dosen
7. Para Kepala Biro, Kepala Bagian, Kepala UPT, dan para Karyawan
8. Ibu-ibu Pengurus Dharma Wanita Persatuan
9. Para pengurus organisasi kemahasiswaan, dan seluruh mahasiswa
10. Para Tamu Undangan yang berbahagia

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Rabbul Izzati atas segala limpahan nikmat yang diberikan kepada kita, serta tidak putus-putusnya kita berharap untuk selalu diberi keselamatan, kesehatan, hidayah, inayah, taufiq, dan bimbingan-Nya.

Sholawat dan Salam marilah kita sampaikan kepada panutan kita Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan suri tauladan untuk kemaslahatan dan keselamatan di dunia dan akhirat.

Hadirin yang saya hormati

Alhamdulillah pada hari ini dalam usia UPI yang ke 48, saya mendapat kehormatan untuk menyampaikan pidato dengan judul: Pandangan Biologi terhadap Proses Berpikir dan Implikasinya dalam Pendidikan Sains. Semoga pikiran dan konsep yang saya kemukakan pada kesempatan ini dapat menjadi kontribusi yang berarti terhadap upaya peningkatan mutu pendidikan pada umumnya dan pendidikan sains pada khususnya.

Gagasan pokoknya adalah sebagai berikut. Kecenderungan masyarakat dalam era informasi dan globalisasi serta salah satu dari sepuluh kecenderungan abad XXI sebagai abad biologi menggantikan abad fisika mendorong studi analisis pandangan biologi terhadap proses berpikir yang menjadi salah satu misi pembelajaran sains. Kemajuan biologi dari waktu ke waktu yang berkembang dari biofungsi, bioperkembangan, biolingkungan, bioteknologi, biomanajamen, dan bioetika membawa arah pendekatan yang seyogianya digunakan dalam mempersiapkan manusia Indonesia yang akan datang yang unggul dan mampu bersaing dari segi fisik dan cara berpikir. Pandangan vitalistik dan pandangan mekanistik sudah waktunya menggantikan hubungan kausal efek dalam pandangan mekanistik. Cara pandang biologi terhadap proses berpikir dikemukakan sebagai suatu alternatif pendekatan dalam pendidikan sains.

Kecenderungan Masyarakat dalam Era Informasi dan Globalisasi

Pada masyarakat informasi sebagai kecenderungan masyarakat masa depan (Tilaar, 1990) diperlukan anggota masyarakat yang dapat memilih dari segala macam alternatif. Dengan tersedianya informasi, manusia perlu menyusunnya agar dapat bermanfaat untuk mengungkapkan pemikirannya secara jelas. Sejalan dengan itu, buah pikiran yang jelas harus dapat dikomunikasikan secara efektif. Selanjutnya dengan kemungkinan yang hampir tidak terbatas untuk memperoleh informasi, manusia mempunyai kesempatan luas untuk mengembangkan kemampuan serta potensi pribadinya melalui pemahaman lingkungan alam dan lingkungan sosialnya.

Membaca merupakan salah satu cara yang efektif untuk memperoleh informasi dengan mengembangkan kemampuan dan potensi pribadi. Melalui membaca kemampuan dan potensi seseorang dapat berkembang pesat. Kemampuan membaca dan menyeleksi hal yang penting dari yang dibacanya merupakan kemampuan yang diperlukan untuk berebut informasi secara mandiri dan autodidak (Rifai, 1994). Lebih lanjut dikemukakan bahwa salah satu kelemahan penyuguhan bahan pelajaran di sekolah menengah adalah tidak terbinanya kemampuan anak didik untuk memberikan alternatif pada permasalahan yang dihadapi.

Tantangan yang dihadapi sekarang adalah kurangnya minat baca masyarakat kita. Selain kurang berminat membaca, kemampuan membacanya juga tidak tinggi. Dalam hal kemampuan membaca Indonesia menduduki peringkat kedua dari bawah, di atas salah satu negara di Amerika Latin (Moegiadi, 1987). Berkemauan membaca sumber tidak banyak gunanya jika tidak berkemampuan untuk mengambil maknanya. Makna tidak terpampang begitu saja dalam buku atau artikel yang dibaca. Membaca merupakan proses interaksi antara pembaca, informasi yang dituangkan dalam teks, dan karakteristik isi. Dengan kata lain membaca melibatkan proses berpikir karena tujuan dari membaca adalah membangun makna dari teks tersebut (Jones, 1985). Dari sudut pandang kognitif, pemahaman membaca merupakan proses yang kompleks dan tersusun dari proses-proses yang saling berkaitan (Sri Redjeki, 1999; Beck, 1989). Di perguruan tinggilah sesungguhnya kemampuan membaca itu dikembangkan secara terencana melalui tugas terstruktur dan tugas- tugas lainnya (Semiawan, 1999).

Kecenderungan Abad XXI

Biologi sebagai salah satu ilmu dasar selalu mengalami perkembangan, apalagi pada abad XXI, sudah dapat diduga bahwa biologi akan berkembang pesat. Apabila pendidikan memang bertujuan untuk mencerdaskan anak bangsa dan mengantarkan mereka untuk dapat memahami lingkungan serta mengelolanya dengan baik, berarti konsep yang diberikan harus seirama dengan kemajuan sains dan teknologi. Salah satu dari kecenderungan perubahan dunia yang dikemukakan oleh Naisbitt dan Aburdene (1990) adalah kemungkinan "zaman biologi menggantikan zaman fisika". Perubahan kedudukan biologi tersebut jelas merupakan tantangan bagi para ilmuwan (*scientists*) dan pendidik yang berkecimpung di dalam bidang sains. Untuk menghadapi tantangan tersebut perlu

dipersiapkan generasi muda yang tangguh dan berkualitas, baik dari segi fisik, cara berpikir maupun cara bersikap terhadap lingkungannya.

Generasi muda Indonesia perlu dipersiapkan untuk memasuki ajang persaingan bebas pada era globalisasi. Mereka seyogianya kritis dan memiliki kesadaran akan pentingnya **melestarikan fungsi** lingkungan untuk keperluan generasi mereka dan generasi yang akan datang dalam mengelola sumber daya alam hayati. Yang menjadi persoalan sekarang adalah bagaimana generasi muda Indonesia mengalami belajar sains sebagai suatu kebutuhan, sebagai suatu bekal untuk dapat hidup di lingkungannya. Bagaimana setiap warga negara merasakan pentingnya belajar sains, bukan sekedar dibebani hitungan-hitungan dan hafalan yang kurang bermakna. "*How we educate citizens through science*" atau "*science for all, not only science for scientists*".

Pemberdayaan generasi muda dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan berinteraksi dengan lingkungan alamnya secara bermakna, dengan menyerap informasi (juga yang berkaitan dengan sains) dari berbagai media massa dan memaknainya, dengan melatih kemampuan berpikir mereka melalui membaca, dengan mengasah kepekaan dan kepedulian mereka terhadap kepentingan bersama. Pada kesempatan kali ini secara khusus ingin ditekankan keterkaitan antara membaca dan berpikir sehubungan dengan perkembangan sains dan teknologi dan pandangan biologi terhadap proses berpikir.

Posisi Biologi

Dalam biologi, selain dikenal pandangan yang *mekanistik* (sebab akibat) yang sejalan dengan disiplin lainnya dalam sains, dikenal juga *vitalistik* yang mengacu kepada kebenaran menurut Sang Pencipta. Cara pandang biologi yang demikian memungkinkan biologi untuk berkembang lebih fleksibel dibandingkan dengan ilmu-ilmu lain dalam sains. Dalam satu hal konsep-konsep dan prinsip-prinsip dalam biologi dapat dijelaskan dengan hubungan kausal, tetapi dalam hal lain konsep-konsep dalam biologi dimungkinkan untuk dijelaskan dengan menggunakan paradigma yang lebih bersifat religious. Umpamanya dalam menyikapi pandangan manusia tentang evolusi, asal usul kehidupan, dan biologi molekuler.

Biologi berkembang sangat pesat dengan bantuan ilmu lain (seperti biokimia dan fisika) setelah ditemukan mikroskop elektron dan teknik-teknik biologi yang canggih, khususnya biologi sel, biologi molekuler, dan bioteknologi. Temuan ultrastruktur sel dan penampakannya dengan bantuan mikroskop elektron (SEM & TEM) mengubah cara menafsirkan hasil observasi dan pemotretan/perekamannya (Wandersee, 1994). Temuan adanya sel-sel prokariot dan komposisi dinding yang berbeda pada jamur dan tumbuhan mengubah cara berpikir dan klasifikasi organisme yang ada di bumi. Kriteria yang digunakan sebagai dasar klasifikasipun mengalami perubahan dari yang sifatnya konkret hingga yang lebih abstrak. Sekarang rRNA digunakan sebagai dasar pengelompokan lintas dunia, bahkan lintas domain.

Peledakan penduduk di negara kita, khususnya sekitar tahun 1973-1975 ketika Indonesia mengalami "oil booming", yang tentunya menuntut pemenuhan kebutuhan yang

melonjak, memberikan dampak yang tidak selalu positif. Akibatnya berkembang Amdal sekitar akhir 1970an-awal tahun 1980an. Selanjutnya pembangunan fisik di negara kita yang makin merambah ke pegunungan dan daerah aliran sungai, hutan, lepas pantai, sehingga diperlukan biologi manajemen. Apalagi setelah itu?

Mengingat species-species yang sudah dikenal dan diberdayakan masih terbatas pada organisme dengan sel yang eukariot, sementara itu organisme prokariot masih menunggu sentuhan tangan-tangan biologiwan untuk diselidiki dan diberdayakan, maka jelaslah perkembangan biologi perlu diimbangi dengan kegiatan ilmiah para biologiwan di perguruan tinggi di Indonesia agar dapat membawa nama harum bangsa Indonesia dan diperhitungkan pada level internasional. Tidak kalah pentingnya adalah penggunaan pengetahuan dan pandangan biologi dalam mempersiapkan generasi yang akan datang. Pengetahuan tentang gizi, perkembangan janin dalam rahim, replikasi DNA beserta kerusakannya dan perbaikannya, sintesis protein dan masih banyak lagi yang lainnya diperlukan untuk mendidik manusia yang bermoral atau beretika dan saleh.

Rupanya manusia selalu menemukan cara untuk campur tangan di alam. Kemampuan menyalakan api, penemuan roda, dan teknik-teknik biologi mempunyai dampak mendalam terhadap perkembangan masyarakat (Shanon, 1995). Revolusi teknologi yang sedang berlangsung sekarang memungkinkan lebih banyak kesempatan dan kemampuan untuk mencampuri kehidupan, pada taraf mikro maupun makro. Teknologi di sekitar konsepsi dan kelahiran, seperti pembuahan *in vitro* dan *amnioncentesis* turut menentukan kapan kita akan lahir dan bagaimana coraknya. Tidak dapat disangkal teknologi telah membawa banyak manfaat bagi umat manusia. Perkembangan dalam genetika memungkinkan diperoleh jambu biji yang tak berbiji. Bakteri pemakan minyak telah dikembangkan untuk membantu membersihkan pencemaran minyak di permukaan laut. Hampir tak satupun aspek kehidupan kita yang tidak tersentuh teknologi. Akan tetapi teknologi tidak saja mempunyai akibat-akibat positif, ada juga akibat-akibat negatif.

Dilihat dari peranan (potensi dan dampak) nya menurut klasifikasi Callahan (Shanon, 1995), rekayasa genetik dan bioteknologi lebih merupakan teknologi perbaikan. Dampak teknologi yang menimbulkan pro dan kontra banyak dibahas dalam berbagai kesempatan, termasuk dalam medis. dipersoalkan batas kematian pada pasien yang sudah berada dalam keadaan koma, yang masih tampak hidup karena bantuan produk teknologi berupa alat-alat kedokteran seperti alat bantu pernapasan, alat pacu jantung. Bioetika atau *bioethics* muncul sejak tahun 1990an dan menjadi suatu studi tersendiri yang banyak dipelajari dalam bidang biologi, khususnya dalam embriologi, biologi perkembangan dan bioteknologi.

Kontribusi biologi dalam pendidikan tampaknya masih kurang diperhitungkan. Biologi lebih sering dianggap sebagai disiplin yang menyenangkan karena mempelajari perikehidupan organisme, tetapi sekaligus sulit karena konsep-konsepnya yang menggunakan istilah-istilah latin. Temuan-temuan dalam biologi masih belum banyak diterapkan dalam dunia pendidikan, termasuk dalam pendidikan sains sendiri, khususnya

dalam kaitannya dengan proses berpikir yang menjadi salah satu misi dalam pendidikan sains. Sementara itu pengetahuan tentang sel sudah digunakan dalam psikologi perkembangan; dan istilah-istilah biologi sering dipinjam dalam psikologi pendidikan, khususnya dalam teori-teori belajar seperti adaptasi, akomodasi. Istilah yang sama, misalnya induksi, digunakan pada konteks yang berbeda dalam biologi dan dalam psikologi pendidikan. Biopendidikan atau bioedukasi, mungkinkah?

Potensi Manusia sebagai Homo sapiens

Hadirin yang saya muliakan,

Bahwa manusia berpikir tiap saat adalah gambaran sehari-hari yang teramat biasa. Otak manusia yang menakjubkan, yang terbentuk sel demi sel. Ciri khas yang dipunyai manusia adalah perubahan yang terarah dengan menggunakan pikirannya. Sampai kepada bentuknya yang sekarang manusia telah mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Volume otak manusia yang sekarang lebih kurang 1500 mL. Manusia yang dikenal dengan *Homo sapiens* berbeda dari manusia sebelumnya (*Homo erectus*), terutama dalam kemampuan berpikir (berakal) dan menghubungkannya dengan budi atau emosinya. Hal itu juga dimungkinkan karena sudut wajah dan sudut dahi yang mendekati 90 derajat (Slijper, 1954).

Otak manusia bekerja seperti jantung yang tak pernah berhenti berdenyut, siang dan malam, sejak masa kecil sampai tua renta. Dalam jaringan yang besarnya lebih kurang satu setengah kilogram itu tercatat dan tersimpan berbilyun-bilyun ingatan, kebiasaan, kemampuan, keinginan, harapan dan ketakutan. Di dalamnya tersimpan pola, perhitungan dan berbagai dorongan, bahkan bisikan yang terdengar tiga puluh tahun yang lalu atau kenangan kebahagiaan yang tak kunjung datang. Demikian juga gambaran sebuah bukit, seuntai nada, kesedihan dan gairah, wajah-wajah asing yang singgah, semerbak wangi sekuntum bunga, doa, sajak, lelucon, ketakutan terhadap neraka, kasih sayang terhadap Tuhan.

Tidak ada maksud saya untuk membahas aspek biologi yang rinci tentang otak dalam membicarakan peranan otak manusia. Secara umum kita semua sudah mengetahui bahwa otak besar kita terdiri atas dua belahan, kiri dan kanan. Kita juga mengetahui bahwa terdapat hubungan (silang) antara fungsi organ-organ tubuh bagian kiri dengan pusat-pusat saraf pada belahan otak kanan, dan sebaliknya. Orang-orang yang dominan menggunakan organ tubuh bagian kanan, cenderung memiliki belahan otak kiri yang lebih berkembang. Sebaliknya orang-orang yang dominan menggunakan organ tubuh bagian kiri cenderung lebih berkembang belahan otak kanannya. Kedua belahan itu seakan-akan memiliki bagian-bagian dengan pusat-pusat saraf yang serupa, hanya berbeda dalam hal bagian tubuh yang dilayaninya. Sesungguhnya tidaklah sesederhana demikian. Ada lokalisasi pusat-pusat saraf dengan fungsi yang berbeda antara kedua belahan otak besar kita.

Campbell, *et al.* (1999) menekankan bahwa bagian korteks otak besar (*cerebral cortex*) merupakan sebuah mosaik daerah-daerah yang terspesialisasi dan interaktif. Selanjutnya

Campbell *et al.* menggunakan pendapat Roger Sperry bahwa belahan otak kiri dan kanan berfungsi secara berbeda. Belahan kanan otak besar merupakan tempat pusat-pusat sensoris, intuisi, imajinasi, persepsi spasial, kemampuan artistik, kemampuan musikai, dan emosi. Sementara itu belahan kiri otak besar bertanggung jawab dalam hal bernalar, sebagai tempat pusat-pusat bahasa, kemampuan logika, kemampuan matematis, dan pidato (*speech*). Temuan Sperry yang pemenang hadiah nobel itu dimulai sejak tahun 1960an terhadap pasien yang mengalami kerusakan otak sebagian, seperti pasien yang *corpus callosumnya* rusak. *Corpus callosum* merupakan massa serabut saraf yang mengalami penyilangan dari belahan otak kiri dan dari belahan otak kanan. Pasien tersebut dapat mengenali kunci dengan tangan kirinya, tetapi tidak mengenali lubang kunci dan tidak dapat memasukkan anak kunci ke dalam lubang kunci.

Sebenarnya bayi yang baru dilahirkan membawa sejumlah kemampuan generik dan kemampuan yang terkait dengan gen yang diwarisi dari kedua orangtuanya. Latihan dan pembiasaan memungkinkan kedua belahan otak besarnya berkembang kira-kira seimbang. Namun budaya kita yang kurang memberikan kesempatan pada anggota tubuh bagian kiri untuk berkembang, menjadikan belahan otak kanan kurang mendapat kesempatan untuk mengolah dan memaknai impuls. Apalagi pendidikan di negara kita lebih menekankan penguatan dalam bidang-bidang tertentu saja. Sistem pendidikan kita dengan berbagai cara penjurusan ternyata lebih menempatkan anak yang kuat dalam matematika sebagai anak yang pandai. Orang-orang yang memiliki bakat musik dan seni tampaknya kurang mendapat penguatan dalam sistem pendidikan kita. Bagaimana dengan pendidikan sains?

Sistem saraf berkembang pada saat usia embrio masih sangat muda. Pada minggu ketiga hingga keenam masa kehamilan batang otak sudah terbentuk. Pada masa-masa itu biasanya sebagian ibu muda merasakan mual yang sangat kuat pada pagi hari (*morning sickness*). Dengan kesadaran tinggi ibu-ibu muda tadi dan didukung oleh keluarganya seyogianya tetap makan mengonsumsi makanan yang kaya akan protein. Protein yang diperlukan untuk pembentukan sel diperoleh dari hasil perombakan sejumlah protein yang masuk bersama makanan. Pembentukan sel-sel saraf terjadi pada masa embrio dan umurnya sepanjang hidup manusia, tidak ditambah lagi atau digantikan oleh sel-sel baru hasil pembelahan sel pada masa selanjutnya.

Pada saat manusia dilahirkan, kondisinya sangat lemah. Manusia kecil tersebut sangat tidak berdaya. Hidupnya sangat bergantung pada lingkungan sekitarnya. Secara berangsur-angsur manusia kecil tersebut belajar dengan cara berinteraksi dengan lingkungannya. Kata-kata yang didengar, perlakuan yang diterima saat mereka lapar atau dalam kondisi yang tidak menyenangkan direkam dalam memorinya. Masa-masa awal dalam kehidupan mereka belajar sangat banyak. Potensi belajar anak-anak manusia justru terutama pada dua tahun pertama, seperti pengenalan kosa kata, *sense of musical*. Kemampuan sensori dan motorik mereka berkembang pada masa itu. Mereka belajar bicara dengan menirukan, belajar berjalan, belajar "mengkondisikan atau dikondisikan oleh" lingkungan. Pada saat awal kehidupan mereka belajar disiplin dengan teratur. Bahkan saat mereka masih di dalam kandungan. Protein yang dikonsumsi ibu mereka,

dan emosi yang berkembang pada ibu mereka turut mewarnai kualitas karakter mereka. Anak-anak yang susah makan sebenarnya lebih disebabkan karena ketika hamil ibu mereka kurang mau mengonsumsi makanan yang variatif. Para orangtua juga kurang mau memperkenalkannya pada saat mereka masih kecil. Ibu-ibu dan juga ayah-ayah muda cenderung memperturutkan apa yang disukai anak-anak. Anak-anak tersebut berhasil mengkondisikan lingkungan mereka. Mereka menjadi penentu apa yang akan dimakan dan apa yang akan mereka lakukan dengan makanan tersebut. Bukan main! Raja kecil di lingkungan rumah! Selanjutnya apa yang terjadi? Para ibu berlomba mengirimkan putra-putrinya ke sekolah, pra sekolah, *playgroup*, atau apa lagi namanya.

Rekayasa genetik dalam mempersiapkan generasi yang akan datang banyak menimbulkan pro dan kontra. Sesungguhnya tanpa rekayasa genetika pun, kualitas generasi yang akan datang sudah ditentukan oleh para ibu terhadap putra-putrinya. Mereka yang kurang beruntung dalam bidang ekonomi tidak sempat mengalami pendidikan di rumah seperti yang telah dikemukakan, selanjutnya mereka harus bersaing di lingkungannya untuk dapat memperoleh sepotong makanan atau mengais rejeki dengan memelas atau mungkin memaksa. Masa depan seperti apa yang akan mereka peroleh? Mana masa kanak-kanak yang ceria? Mereka bermain di trotoir atau di jalur hijau kota, itupun kalau masih ada tersisa.

PROSES BERFIKIR

Klasifikasi dan Berpikir

Berpikir banyak macamnya dan dapat dikelompokkan menurut kriteria atau cara pandang tertentu sebagai dasar pengelompokannya. Klasifikasi merupakan prosedur yang paling dasar untuk mengubah data menjadi dasar yang fungsional dan merupakan prosedur pokok bagi semua penelitian, juga bagi kegiatan mental (Mouly dalam Suria-sumantri, 1978). Tanpa adanya klasifikasi yang baik kebanyakan ilmu tidak akan mampu berkembang.

Kegiatan klasifikasi telah diketahui diperlukan oleh setiap orang yang hidup di jaman sekarang, baik oleh awam dalam kehidupan sehari-hari maupun oleh ilmuwan dan peneliti dalam kegiatan ilmiah. Setiap hari setiap orang yang baru bangun tidur harus mengenali hari itu hari apa agar dia dapat menentukan langkah selanjutnya pada hari itu. Berbagai kegiatannya bergantung dari kemampuannya melakukan klasifikasi. Dia perlu mengenali "tube" pasta gigi untuk menggosok gigi, bukan "foam" pembersih. Dia perlu mengenakan pakaian yang tepat dengan situasi dan cuaca hari itu. Dia perlu memilih makanan yang cocok dengan kondisi kesehatan dan keuangannya ketika sarapan, makan siang dan makan malam. Dia perlu memilih kata atau kalimat yang tepat dalam berkomunikasi dengan lawan bicaranya. Semua hal tersebut berhubungan dengan keterampilan melakukan klasifikasi. Dan secara hierarki sudah diketahui bahwa dalam melakukan klasifikasi, tujuan akhirnya adalah kemampuan berpikir fleksibel (Rustaman, 2001; Rustaman, 1991; Lowery, 1985). Kemampuan berpikir fleksibel ini dibutuhkan dalam pengambilan keputusan dan untuk menjadi bijaksana.

Proses Berpikir Alamiah dan Artifisial

Proses berpikir di dalam tubuh organisme berlangsung dengan bantuan sistem saraf. Seorang yang berpikir memerlukan suatu stimulus sebagai masukan, saraf sebagai penghantar dan penyampai impuls, susunan saraf pusat (otak dan sumsum spinal) sebagai penerima dan pengolah informasi menjadi sesuatu yang bermakna yang kemudian ditindaklanjuti berupa gerakan atau sekresi. Stimulus dari lingkungan diterima oleh sel-sel reseptor di dalam alat-alat indera, baik indera umum maupun indera khusus. Reseptor dalam indera umum tersebar di seluruh permukaan tubuh dan permukaan organ-organ yang dapat menerima sensasi, sedangkan reseptor di dalam indera khusus bervariasi dan bekerja spesifik sesuai jenis stimulusnya. Umpamanya sel-sel kerucut dan sel batang pada retina sebagai reseptor cahaya di dalam indera penglihatan; sel-sel *Meissner*, *Pacini*, *Ruffini*, dan *Krause* sebagai tipe-tipe reseptor dalam kulit sebagai indera peraba. Saraf sensoris memungkinkan stimulus yang sudah diterima oleh reseptor dalam alat indera diteruskan ke otak sebagai salah satu susunan saraf pusat sedangkan saraf motoris memungkinkan perintah dari otak diteruskan ke otot atau kelenjar melalui penjalaran impuls berupa elektron yang berpindah dari ion K^+ ke ion Na^+ dan sebaliknya.

Cara kerja sistem saraf dalam tubuh manusia dan organisme lainnya dijadikan model pengembangan proses berpikir buatan pada komputer dan robot. Komputer dan robot dapat memberikan respons apabila ada rangsangan atau stimulus. Respons yang diberikan bergantung pada stimulus yang dikenakan terhadap komputer atau robot. Bagaimana komputer dapat terinfeksi virus?

Selain sistem saraf, koordinasi aktivitas di dalam tubuh dilakukan juga oleh sistem endokrin. Dengan mekanisme yang khusus (umpan balik) dan tidak secepat sistem saraf, hormon-hormon dalam sistem endokrin mempengaruhi proses-proses di dalam tubuh dan ekspresinya, termasuk proses pengambilan keputusan melalui proses berpikir. Contohnya pengaruh hormon adrenalin bersama-sama saraf simpatis akan mempengaruhi seseorang untuk "*fight or flight*" menghadapi lawan atau situasi yang tidak menguntungkannya. Kerja sistem endokrin dan sistem saraf dapat terganggu apabila terjadi infeksi virus pada cairan *serebro spinal*, karena antara keduanya terjadi hubungan melalui sekresi neuro-hormon oleh sel-sel saraf tertentu seperti pada hipotalamus dan bagian tertentu dari hipofisis.

Hierarki Berpikir Berbasis Biologi

Hadirin yang saya hormati,

Kita mungkin memandang diri kita sebagaimana cara pandang dunia. Kecuali kita manusia, tidak ada makhluk hidup lain yang memiliki kemampuan menemukan batas-batas alam semesta atau reaksi inti. Tidak ada makhluk hidup lain yang diciptakan Tuhan yang dapat mengkonstruksi masa lalu yang berada di luar batas hidup kita sendiri. Bagaimana manusia dapat memiliki tingkat kemampuan berpikir yang begitu menakjubkan?

Menurut Lowery (Rustaman, 1991) kebanyakan orang bertindak seakan-akan berpikir sinonim dengan otak. Seorang yang berpikir cermat dikatakan *brainy*. Orang-orang yang

bertindak kurang bijaksana dikatakan "brainless". Berpikir dan otak merupakan dua hal yang berbeda.

Otak merupakan organ fisik yang ketika dilahirkan merupakan sepertiga massa keseluruhannya. Diperkirakan massa yang mengandung jutaan sel saraf (neuron) akan menjadi dua kalinya dalam rentang waktu dua tahun setelah kelahiran. Selanjutnya setelah lima belas tahun akan berkembang 600.000 hubungan antarneuron dan antara neuron dengan sel-sel lainnya. Melalui studi elektrokonduktivitas, kimia, dan anatomi dipelajari fisiologi otak sejak tahun 1970an.

Berpikir merupakan mesin yang tak nampak, melebihi ciri-ciri fisiologisnya. Bayangkan kejadian di tengah permainan catur. Penempatan mata catur dapat dideskripsikan, tetapi bagaimana strategi pertahanan dan penyerangannya? Begitu juga kejadian di ruang persidangan. Dapatkah kita menunjukkan "keadilan" yang berlangsung disitu? Begitu juga otak dan berpikir. Pakar neurobiologi mungkin mengidentifikasi satu atau lebih faktor yang secara aktif bertanggung jawab selama proses berpikir. Namun dengan lebih dari jutaan sel interaksi yang mungkin berlangsung di dalam kepala kita khususnya di bagian korteks otak, lebih penting membahas proses berpikir daripada mekanisme spesifiknya.

Dengan menggunakan temuan-temuan dalam bidang antropologi, biologi, neuro-biologi, psikologi, dan psikobiologi, kita mengetahui bahwa berpikir bergantung pada atribut-atribut fisik lain yang kita miliki. Kita tidak dilahirkan dengan kemampuan berpikir secara lengkap, kemampuan berpikir tersebut berkembang secara bertahap menurut urutan waktu.

Menurut Lowery (Rustaman, 2001; 1991) terdapat tujuh tingkatan berpikir berdasarkan struktur biologis kita. Tingkatan pertama adalah *building repertoire* yang memiliki karakteristik berpikir bahwa obyek yang sudah dikenal atau dialami tetap ada walaupun tidak tampak lagi dalam pandangan kita. Karakteristik berpikir ini mirip dengan "all and some" atau keinklusifan dalam kelompok. Sebagai contoh, mawar sebagai bagian dari bunga tetap menjadi anggota kelompok bunga walaupun mawarnya sudah dibuang. Tingkatan kedua adalah *comparing the known to the unknown* yang memiliki karakteristik berpikir bahwa pengetahuan atau pengalaman tentang obyek akan digunakan sebagai dasar dalam memilah atau memisahkan mereka. Tingkatan ketiga adalah *putting things together* yang memiliki karakteristik berpikir bahwa obyek dalam satu kelompok memiliki ciri-ciri yang sama atau serupa yang dapat dikenali dari atribut obyek. Karakteristik ini memperkuat "all and some" dengan kemungkinan yang lebih bervariasi. Tingkatan berpikir selanjutnya adalah *simultaneous ideas* yang karakteristiknya mirip dengan berpikir konvergen, menggunakan dua atau lebih atribut untuk dasar pengelompokan. Tingkatan berpikir kelima adalah *superordinate/sub-ordinate relationships* yang merupakan karakteristik dari klasifikasi ulang atau *reclassification*. Tingkatan berpikir keenam adalah *combinatorial reasoning* yang menunjukkan cara berpikir sistematis. Tingkatan ketujuh adalah *flexible thinking* yang memiliki karakteristik

mengubah-ubah kriteria sebagai dasar klasifikasi berdasarkan tambahan informasi yang dapat dikenali atau *insight*.

Rustaman (1991; 1990) mengemukakan temuannya tentang perkembangan berpikir secara hierarki berbasis biologi. Hasil perbandingannya dengan pendapat yang dikemukakan Lowery menunjukkan adanya kesejajaran antara perkembangan berpikir menurut klasifikasi logis pada anak usia sekolah dasar (6-12 tahun) dari kelompok budaya Sunda (Rustaman, 1990). Dari ketujuh tingkatan berpikir menurut Lowery, lima di antaranya telah ditemukan sejalan dengan temuan Rustaman (1990). Keempat macam klasifikasi logis (berpikir "*some and all*" atau Inklusi Kelompok, berpikir konvergen, berpikir "*reclassifying*" atau klasifikasi ulang; dan berpikir divergen atau alternatif klasifikasi) terjadi pada rentang usia tertentu. Inklusi kelompok muncul pada usia 8 tahun. Selanjutnya klasifikasi matriks (KM) atau berpikir konvergen muncul pada usia 9 tahun, mendahului kemampuan klasifikasi ulang (KU) atau berpikir mengubah kriteria muncul pada usia 10 tahun. Adapun kemampuan alternatif klasifikasi (AK) atau berpikir divergen tidak jelas ditemukan sampai dengan usia 12 tahun. Temuan Rustaman (2001) selanjutnya melalui penelitian tindakan kelas menunjukkan bahwa berpikir alternatif yang belum tampak pada anak usia 12 tahun memang baru berkembang pada rentang usia yang lebih tua (13 tahun ke atas) dalam bentuk berpikir kombinatorial. Kemampuan berpikir logis yang dapat dicapai melalui klasifikasi adalah berpikir fleksibel yang baru muncul pada usia yang lebih dewasa (16 tahun ke atas).

"Warisan" kemampuan biologis kita untuk berpikir dengan urutan atau hierarki tertentu seperti dikemukakan di atas tidak mustahil berbeda sedikit pada kelompok budaya tertentu. Namun secara umum kemampuan itulah yang perlu dikembangkan dalam pendidikan, khususnya dalam pendidikan sains. Sejak kecil seharusnya siswa berinteraksi dengan obyek secara langsung untuk memperoleh pengetahuan fisis dan kemudian mengembangkan pengetahuan logik matematik melalui pengalaman langsung secara berulang-ulang. Dari tiga bentuk pengetahuan menurut Piaget (1975) hanya pengetahuan sosial yang dapat ditransfer dari satu orang ke orang lainnya. Gejala alam perlu dikenali langsung oleh anak, bukan diceriterakan sebagai pengetahuan sosial. Berdasarkan perolehan pengetahuan fisis dengan pengalaman yang berulang-ulang anak menemukan pola atau keteraturan, setelah dia dapat melihat hubungan antara yang dialami dengan pikirannya. Pola atau keteraturan tertentu diabstraksikan dengan simbol tertentu, misalnya angka lima (5), atau *phi* untuk $22/7$.

Dalam pembelajaran sains, khususnya dalam pembelajaran fisika, seringkali anak dihadapkan pada rumus-rumus yang sudah jadi. Mereka diajak menggunakan rumus-rumus itu langsung dalam pengerjaan soal-soal. Mereka tidak mengalami arti fisisnya dulu. Ada juga kejadian yang anak diajak untuk menurunkan rumus-rumus. Mereka menjadi tidak jelas, sedang belajar fisika atau belajar matematika. Anak-anak yang kuat matematiknya dapat mengikuti penurunan rumus, yang kuat operasi hitungnya dapat mengikuti penggunaan rumus dalam persoalan persoalan matematika. Dalam matematika sendiri himpunan tidak diajarkan sebagaimana mestinya.

Sistem Limbik sebagai Pengendali Proses Berpikir

Apa yang menyebabkan kita merasa senang, sedih atau marah? Apa yang memungkinkan kita memiliki kemampuan untuk mengingat pengalaman yang telah lalu? Pertanyaan-pertanyaan itu menggelitik para filsuf dan pakar biologi selama beberapa generasi. Walaupun hasil masih jauh tetapi ada gambaran suatu bagian peta dari bagian-bagian otak yang menghasilkan emosi dan berperan sebagai bank memori. Peta-peta tersebut didapat dari studi terhadap orang atau hewan yang mengalami kerusakan otak (Campbell *et al.*, 1999).

Emosi dan memori muncul di dalam sistem limbik, suatu unit fungsional dari beberapa pusat pengintegrasian dan jalur-jalur neuron penghubung di dalam otak depan. Sistem limbik sendiri meliputi *thalamus*, *hippotalamus* dan bagian dalam dari otak besar. Dua di antaranya, *amygdala* dan *hippocampus*, berfungsi bersama dengan korteks *prefrontal* dalam memproses dan memanggil kembali (*retrieve*) memori.

Sistem limbik berperan dalam emosi maupun memori tatkala bau tertentu membawanya kembali memori harum sebagai pengalaman emosi masa lalu. Mungkin kita pernah mengalami ketika mencium bau tertentu tiba-tiba kita teringat sesuatu yang terjadi saat kita kanak-kanak. Signal dari hidung memasuki otak kita melalui *lobus olfaktorius* yang juga merupakan bagian dari sistem limbik. Berbagai memori sensori (penglihatan, sentuhan, rasa, atau suara) ketika tiba pada pusat-pusat lainnya pada bagian korteks merupakan memori yang penting untuk belajar, dapat disimpan dan dipanggil kembali (Campbell *et al.*, 1999; Raven & Johnson, 1996).

Seperti dalam komputer yang meniru model pemrosesan informasi dalam otak, di dalam otak kita kenal ada memori jangka pendek dan memori jangka panjang. Selain itu juga memori kerja. Memori jangka pendek berasal dari aktivitas elektrik dari potensial aksi untuk diteruskan ke pusat memori. Memori jangka panjang diperlukan untuk memanggil kembali informasi yang sudah disimpan melalui memori kerja. Di sini melibatkan sinapsis yaitu perubahan struktur dan perubahan kimiawi. Proses berpikir mengikuti jalur sebagai berikut.

Mata → pusat penglihatan pada korteks kepala bagian belakang → aksi potensial → ke amygdala dan hippocampus → direlay ke thalamus → bagian lain (prefrontal lobe) → pusat penglihatan.
--

Jalurnya menjadi lengkap dan informasinya direkam dalam memori jangka panjang ketika signal kembali ke pusat penglihatan di bagian korteks otak.

Apakah sesungguhnya yang dilakukan amygdala, hippocampus, dan korteks prefrontal? Jawabannya masih jauh dari sempurna, namun akan dicoba diuraikan berikut ini. **Amygdala** tampaknya bertindak sebagai suatu tipe filter atau penyaring memori, seperti menentukan informasi apa yang akan disimpan dan yang tidak. Amygdala juga melabel

informasi untuk disimpan atau direkam dengan cara mencobanya pada suatu momen peristiwa atau momen emosi. Misalnya nomor telepon sebaiknya dilabel dengan perasaan sebelum direlay ke pusat memori jangka panjang. Hal itu dapat menjelaskan mengapa kita mengingat informasi lebih baik apabila kita secara khusus merasa tertarik terhadap hal tersebut atau tatkala diasosiasikan dengan suatu emosi yang intens atau peristiwa yang tidak biasa. **Hippocampus** yang merupakan bagian korteks serebral tampaknya merupakan sebuah pusat memori jangka panjang yang besar. Perubahan-perubahan kimiawi pada sinapsis (hubungan antarneuron) dalam hippocampus menyimpan paling sedikit beberapa tipe informasi selama berminggu-minggu sebelum merelainya ke bagian lain dari korteks. **Korteks prefrontal** yang terletak berbatasan dengan korteks *lobus frontal* (dahi) tampaknya menjadi pusat memori kerja (*working memory*). Korteks prefrontal tersebut dapat mengakses dengan baik memori jangka panjang dalam menggunakan memori untuk memodifikasi perilaku. Penelusuran lebih jauh tentang bagaimana neuron di dalam pusat-pusat saraf di otak mengkonstruksi emosi, menyimpannya dan memanggil kembali, dan menggunakan memori tersebut akan menjadi suatu area penelitian yang menarik pada masa yang akan datang.

Ditekankan oleh Raven & Johnson (1996) bahwa komponen utama dari sistem limbik adalah hippocampus dan amygdala. Hippocampus penting dalam pembentukan dan "recall" memori, sedangkan amygdala menghasilkan *emosional response*. Umpamanya seseorang yang pernah punya pengalaman kurang menyenangkan dalam belajar sains pada masa kanak-kanak, seperti dihukum dengan berjemur di bawah terik matahari karena jawabannya yang berdasarkan pengamatan seksama terhadap gejala alam tidak sesuai pendapat guru atau tulisan di dalam buku ajar. Perasaan tidak suka tersebut dapat muncul lagi ketika dia mencium bau serupa seperti ketika dia mengalami pada masa kanak-kanak, dan secara spontan juga seluruh kenangannya terulang kembali seperti film yang diputar ulang. Kesan kurang menyenangkan seringkali terekam dalam memori dan muncul pada saat tidur yang berada pada ambang antara dua periode tidur lelap.

Batang otak mengandung sekumpulan neuron yang menyebar yang dikenal sebagai *reticular formation* (RF). Salah satu bagian dari RF yaitu *the reticular activating system* (RAS) mengendalikan kesadaran dan kewaspadaan (Tortora & Anagnostakos, 1984). RAS ini disuplai oleh jalur-jalur sensoris yang memonitor informasi yang datang ke otak dan mengidentifikasi stimuli yang penting. RAS mengendalikan keadaan tidur maupun terjaga. Tidur dengan keadaan lampu mati (gelap) lebih mudah, karena RAS tidak mendapat stimuli berupa cahaya. Selama tidur otak terus bekerja, tetapi dapat dibedakan dalam tidur lelap dan REM (*rapid eye movement*). Selama REM orang yang mengalaminya sukar dibangunkan.

PENGEMBANGAN PROSES BERPIKIR DALAM PENDIDIKAN SAINS

Pendidikan Sains di Indonesia dari Waktu ke Waktu

Mengkaji perkembangan konsep dan proses sains dalam kurikulum sains menghasilkan temuan yang sinambung. Kajian secara khusus dalam lingkup biologi menunjukkan hal yang menggembirakan, karena tidak terkesan tamal sulam. Lingkup, keluasan dan

kedalaman materi biologi sekolah terdapat di dalam garis-garis besar program pengajaran (GBPP) masing-masing kurikulum yang berlaku pada masanya. Keterkaitan antara konsep dan proses biologi di dalam kurikulum biologi tidak selalu jelas eksplisit. Biologi sebagai salah satu disiplin dalam sains memiliki proses yang dikenal dengan metode ilmiah. Keterkaitan antara konsep dan proses di dalam GBPP biasanya terdapat dalam bagian pendahuluan dan bagian program pengajaran, khususnya dalam rumusan tujuan. Tujuan kurikuler dalam bagian pendahuluan memuat tujuan kurikulum bidang studi tertentu yang harus dicapai sesuai dengan tingkat jenjangnya, sedangkan di dalam bagian program pengajaran rumusan tujuan instruksional atau tujuan pembelajaran mengandung konsep dan proses. Perkembangan konsep dan proses biologi dalam beberapa kurikulum terakhir dinyatakan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Perkembangan Konsep-Proses dan Pendekatan dalam GBPP IPA Kurikulum

GBPP	Kurikulum 1975	Kurikulum 1984	Kurikulum 1994
Aspek			
Konsep & Proses	Terpisah dalam dua tujuan kurikuler	Terdapat dalam satu tujuan kurikuler	Terdapat dalam tiap tujuan pembelajaran
Konsep	Label konsep berupa Pokok/Subpokok bahasan	Label konsep berupa Pokok. Subpokok bahasan	Terjabar berupa "working definition" (kedalaman)
Proses	Metode ilmiah dengan langkah-langkah berurutan, membentuk sikap ilmiah	Keterampilan proses sebagai penjabaran metode ilmiah	Keterampilan proses, tercermin dalam butir (alternatif pembelajaran sebagai contoh)
Pendekatan	Konsep, Eksperimen (verifikatif; praktikum terpisah, ujian kinerja)	Konsep, Keterampilan proses (PKP), lingkungan, terpadu/PKG	Konsep, PKP, lingkungan, (STM), penemuan

Dari tampilan di atas jelaslah bahwa lingkup konsep dan proses materi biologi sekolah dalam Kurikulum Sains sudah dipikirkan dan dipersiapkan dengan mengikuti kecenderungan perkembangan ilmu dan teknologi. Namun membicarakan implementasi atau pelaksanaannya adalah persoalan lain. Keterkaitan antara alternatif pembelajaran dalam butir-butir untuk setiap subkonsep dengan rumusan tujuan pembelajaran tidak selalu dapat ditangkap oleh para guru sebagai pelaksana di lapangan. Bervariasinya kualitas masukan dan lulusan biologi yang mengajar biologi di sekolah-sekolah merupakan tantangan yang perlu diupayakan jalan keluarnya. Belum lagi jika dikaitkan dengan keterlibatan Departemen-departemen di luar Departemen Pendidikan Nasional seperti DepKes dan Depag, dengan menggunakan "guru-guru lokal" lulusan mereka sendiri yang kurang memenuhi kualifikasi (penguasaan konsep dan metodiknya).

Pembelajaran Sains yang *Hands-on dan Minds-on*

Hadirin yang saya hormati

Pembelajaran sains sejak kurikulum 1975 hingga kurikulum berbasis kompetensi meminta siswa mengembangkan kemampuannya melalui penggunaan metode ilmiah, kegiatan praktikum, pendekatan keterampilan proses, pelaksanaan eksperimen, dan pendekatan yang lainnya, termasuk pendekatan konsep. Hal itu menunjukkan dengan

jelas bahwa pembelajaran sains hendaknya melibatkan penggunaan tangan dan alat atau manipulatif. Pendekatan konsep yang ditekankan terus menerus tidak dimaksudkan dengan memberikan konsep dalam bentuk yang sudah jadi. Dengan rumusan konsep berupa *working definition* yang memberikan batas kedalaman dan keluasannya, dimaksudkan agar pembelajaran sains di lapangan tidak diberikan dalam bentuk definisi. Tidak terjadi proses berpikir apabila siswa belajar sains dengan mendapat definisinya langsung.

Pendekatan konsep yang didampingi dengan pendekatan keterampilan proses dalam pembelajaran sains dimaksudkan agar siswa mengalami berinteraksi dengan obyek, gejala alam atau peristiwa alam, baik secara langsung ataupun dengan alat bantu yang ada. Setelah faktanya didapatkan, siswa diajak mendata dan mengelompokkannya, mencatatnya dalam bentuk tampilan yang komunikatif (tabel, diagram, bagan, grafik) agar dapat dimaknai dengan cara menginterpretasikannya, menemukan keteraturan atau polanya untuk selanjutnya membuat dugaan berupa prediksi dan hipotesis. Pengujian prediksi dan hipotesis dapat dilakukan di dalam atau di luar kelas, bahkan dapat dilaksanakan di luar jam pelajaran. Pembelajaran yang demikianlah yang dimaksudkan dengan pembelajaran yang *hands-on* dan *minds-on*.

Pada pelaksanaannya keterkaitan antara *mind* dengan kegiatan manipulatif tidak selalu terjadi. Siswa melakukan kegiatan pengamatan atau praktikum secara motorik. Alat-alat inderanya tidak difungsikan secara optimal, jawaban yang dianggap benar adalah yang tertulis di dalam buku pelajaran. Verifikasi konsep, prinsip, hukum atau teori terjadi dalam kegiatan-kegiatan yang *hands-on*. Kegiatan yang memerlukan waktu, tenaga dan biaya tak sedikit tersebut menjadi kurang bermakna.

Kegiatan demikian menjadi lebih-lebih tidak dirasakan manfaatnya oleh guru sainsnya, karena sistem pengujian yang hanya mengukur penguasaan konsep (sesungguhnya hanya pengetahuan atau definisi-definisi). Pencapaian anak-anak Indonesia dalam TIMSS dalam urutan ke 32 dalam Sains dan ke 34 dalam Matematika dari 38 negara peserta menunjukkan ketidakberhasilan pembelajaran sains (dan matematika) di negara kita. Pencapaian anak-anak Indonesia dalam olimpiade fisika internasional hanya makin memperkuat keyakinan para pemikir pendidikan sains bahwa pembelajaran sains perlu didudukkan pada porsi seharusnya, pada hakekat Sains dan hakekat pendidikan sainsnya.

Pentingnya keterkaitan antara *mind* dan kegiatan manipulatif dikemukakan bukan hanya oleh orang-orang yang menekuni bidang sains dan pendidikan sains. De Bono (1989) menekankan ada keterkaitan yang sangat erat antara *thinking and doing*. Bahkan seperti telah dikemukakan di bagian depan tentang keterkaitan antara memori dan emosi, De Bono juga menekankan pentingnya emosi dan berpikir. Ditekankan hubungan tersebut mungkin terjadi pada saat awal proses berpikir sebagai persepsi, saat berlangsung dengan mengenali pola atau keteraturan, dan saat akhir berupa pengambilan keputusan. Semua itu jelas didasarkan pada emosi atau *feeling*. Bilamanakah pembelajaran sains ingin melibatkan emosi atau *feeling*?

Mengubah konsepsi (*changing conception*) sebagai ciri dari pembelajaran yang merujuk pada pandangan konstruktivisme memang penting, tetapi tanpa melibatkan emosi hampir tidak mungkin. Situasi konflik dalam memori dan emosi perlu diciptakan pada pembelajaran konstruktivistik. Tanpa itu semua, pencarian makna melalui kegiatan yang *hands-on and minds-on* juga tidak akan berhasil mengubah konsepsi mereka, terlebih-lebih jika mengubah konsepsi dilakukan terhadap mereka yang mengalami miskonsepsi karena miskonsepsi cenderung sukar diubah.

Pengukuran Proses Berpikir dalam Pendidikan Sains

Minimnya perangkat soal yang mengukur pencapaian hasil belajar sains dalam hal berpikir tampaknya menjadi salah satu penyebab kurang diberdayakannya pengembangan proses berpikir dalam pendidikan sains. Penyederhanaan tujuan pembelajaran umum ke dalam tujuan pembelajaran khusus yang ketat, ditambah kekurangmampuan menyiapkan soal-soal yang mengukur aspek-aspek sains yang penting untuk diukur turut mempengaruhi kualitas soal-soal buatan guru atau kelompok guru. Kekurang-tahuan pembuat soal pada skala besar dengan keadaan pembelajaran sains yang sesungguhnya menyebabkan perolehan NEM yang berada pada rentang *mi-fa-sol* (3-4-5). Proses berpikir tidak selalu dapat diukur dengan tes tertulis apalagi dalam waktu yang sangat terbatas dengan lingkup konsep yang luas. Sudah waktunya proses berpikir dan potensi siswa berpikir diases dengan cara lain (alternatif: portofolio, kinerja).

Jumadi (2002) mengemukakan perlunya kesejajaran antar evaluasi pembelajaran sains dengan metode pembelajarannya. Temuannya menunjukkan bahwa Model evaluasi terpadu yang mengukur produk, proses dan sikap ilmiah ternyata dapat meningkatkan pemahaman konsep dan cara belajar sains (Fisika). Apakah kita harus menunggu sampai evaluasi tentang proses berpikir baru kita mau membelajarkan siswa kita berpikir dalam pembelajaran sains? Bukanlah lebih baik apabila pembelajaran sains yang mengembangkan proses berpikir menjadi penyebab, bukan akibat (Surakhmat, 2002).

Penyiapan Guru Sains

Penyiapan tenaga guru sains di Indonesia perlu ditangani lebih serius. Menempelnya program studi kependidikan pada universitas-universitas mantan IKIP dikhawatirkan makin membawa kualitas pendidikan sains pada kondisi yang lebih memprihatinkan. Penyiapan tenaga guru sekolah dasar yang tambal sulam, dengan kurang memberikan pengalaman langsung para calon gurunya berinteraksi dengan obyek dan proses-proses berpikir melalui pembelajaran sains turut meresahkan. Temuan sementara hasil penelitian di sekolah dasar di Jawa Barat (Hinduan, 2001; 2000) menunjukkan bahwa anak-anak senang belajar dengan *minds on* dan *hands-on*, namun gurunya belum terlalu siap untuk melaksanakannya. Salah satu upaya yang telah ditempuh adalah dengan "meniru" cara mengajar dosen PGSDnya sebagai model. "Bench Marking" dalam pendidikan guru SD untuk bidang sains seyogianya diterapkan pada berbagai LPTK pembina tenaga guru tingkat sekolah dasar.

Hadirin yang saya hormati

Tilaar (1990) dan Surakhmad (2002) menekankan pentingnya peranan pendidikan dalam membangun masa depan. Setelah mengetahui batas-batas pertumbuhan yang dapat ditolelir oleh planet bumi, manusia dapat bersikap dua: bersikap sebagai boneka dari berbagai kekuatan di luar dirinya yang sebagian juga merupakan hasil karyanya, atau menjadi penguasa atas hasil karyanya sendiri. Contohnya kualitas lingkungan yang kita inginkan bergantung dari sikap kita terhadap lingkungan alam yang kita ubah menjadi lingkungan buatan.

Ciri masa depan adalah masyarakat informasi akibat kemajuan teknologi. Begitu banyak informasi akan menimbun sehingga manusia harus dapat memilih dan memanfaatkannya untuk pengembangan pribadinya. Kalau begitu bagaimanakah kurikulum masa depan dan proses pembelajaran macam apakah yang cocok dengan perubahan sosial yang cepat dalam masyarakat informasi?

Tentunya proses belajar dengan cara "menyuapi" atau mekanistik akan membawa anak didik kepada "shock" masa depan. Yang jelas dalam masyarakat informasi kita akan lebih sering menggunakan daya akal (otak) daripada daya fisik (otot). Proses belajar yang memungkinkan seseorang tumbuh berkembang sebagai dirinya sendiri dalam menjalankan perannya di lingkungannya akan menjadikannya sebagai.....

Menurut Botkin (Tilaar, 1990) proses belajar yang antisipatoris dan partisipatif merupakan belajar inovatif yang mungkin akan cocok dengan keadaan masyarakat informasi dan global, tetapi pengelolaannya sukar. Ada yang mengkhawatirkan bahwa dengan datangnya masyarakat informasi, manusia akan kehilangan kepribadiannya. Namun ada juga yang berpendapat bahwa masyarakat informasi akan membuka cakrawala yang lebih luas untuk belajar, belajar tanpa batas.

Berpikir tentang Proses Berpikir

Hadirin yang saya muliakan

Seorang pemikir yang terampil memiliki kemampuan untuk melakukan dua hal penting. Dia dapat berpikir tentang subjek dalam tugas (*task*) berpikir, dan sekaligus dia dapat berpikir tentang berpikirnya yang digunakan dalam memikirkan tugas (*task*)nya (De Bono, 1998). Berpikir tentang berpikir bukanlah suatu kebiasaan tetapi suatu bagian penting dari keterampilan berpikir. Pemikir tersebut seakan-akan menjadi *an outside observer* dari segala kegiatan yang sudah dilakukannya. Pemikir perlu mempunyai kebiasaan merefleksi tentang berpikirnya, dengan demikian berdasarkan analisis terhadap kegiatan berpikir yang sudah dilakukan dan yang sedang dilakukan, dia dapat membuat rencana berpikir yang akan datang.

Shahib (2000) mengemukakan pentingnya manusia sebagaimana dititahka. Dalam Al Qur'an (Q.S Adz-Dzaariyaat [51]:48-49) secara jelas dikemukakan bahwa semua yang diciptakan Allah berpasang-pasangan dan ditunjukkan agar manusia dapat memikirkan kekuasaan Allah. Jadi ada dua kata kunci: *berpasang-pasangan* dan *dapat memikirkan*.

Hal ini berarti manusia diciptakan Allah juga untuk berpikir sehingga diciptakannya manusia lebih sempurna daripada makhluk Allah lainnya, yang dengan akalnyanya manusia dapat berpikir. Bahkan dalam surat Yaasiin [36] ditekankan pula kalimat Allah dalam kalimat, “*maupun sesuatu yang tidak mereka ketahui*”, maksudnya sesuatu berpasangan yang tidak diketahui oleh manusia. Demikian Allah memberitahukan manusia agar mau berpikir atau harus berpikir, seperti pada surat Ali Imran [3] ayat 190 (“... , *terdapat tanda-tanda kekuasaan Tuhan bagi mereka yang berpikir*”) dan ayat 191 jelas sekali dinyatakan bahwa manusia diwajibkan berpikir. Begitu pula dalam mengeksplorasi ciptaan Allah melalui biologi molekuler. Basa nitrogen dalam DNA sebagai substansi genetik berpasang-pasangan, yaitu antara basa purin dan basa pirimidin dalam ikatan hidrogen. Begitu pula basa nitrogen yang *preferable* dalam rantai tunggal RNA akan saling berikatan membentuk basa yang berpasangan.

Banyak sekali ayat Al-Qur'an yang menerangkan tentang manusia merupakan makhluk berpikir, baik melalui perintah membaca (*iqra*) maupun melalui ayat-ayatnya (Ali 'Imran [3]: 191 dan Al-Maaidah [5]: 110). Semuanya itu agar manusia menggunakan otaknya untuk berpikir dan sekaligus pikiran tersebut membedakan manusia dari binatang. Berpikir berkaitan erat dengan menganalisis, sedang menganalisis merupakan bagian dari penelitian. Penelitian berupaya mencari kebenaran ilmiah sambil berpikir dan mengagumi penciptaan alam semesta. Penelitian merupakan suatu alat untuk berkomunikasi dengan Sang Pencipta. Berzikir termasuk salah satu sarana untuk berpikir (Shahib, 2000).

Dari segi berpikirpun diingatkan bahwa yang terlebih penting bukanlah untuk menjadi pandai melalui proses berpikir, melainkan menjadi bijaksana melalui proses berpikir (De Bono, 1989). Menguasai proses berpikir saja tidaklah cukup, pemikir harus dapat menggunakannya. Kutipan berikut ini memperjelas maksud pernyataan di atas.

If you become wise it is not so difficult to become clever as well. But if you start out by being clever you may have little chance of ever becoming wise because you can so easily get caught in the intelligence trap.

Wisdom is like a wide-angle camera lens. Cleverness is like a sharp-focus lens. In both instances someone has to hold and aim the camera. Someone has to want to take photograph. (De Bono, 1989:5)

Biologi sebagai Jembatan Life Sciences dan Physical Sciences

Melalui pengetahuan tentang sintesis protein kita mengetahui bahwa setiap karakteristik yang diturunkan diprogram di dalam sel dengan DNA sebagai *template* atau cetakan. DNA dapat melakukan replikasi, transkripsi, dan reparasi bila mengalami kerusakan. DNA merupakan substansi genetik dan DNA memungkinkan fungsi-fungsi biologis berlangsung. Melalui peran DNA sel hidup dapat menghasilkan aneka macam protein, antara lain protein enzim, protein pengatur, protein transpor, protein struktur, protein kontraktile, protein cadangan, dan protein pelindung (Shahib, 2000:31).

Biologi molekuler merupakan mata kuliah yang sulit dan rumit. Namun kita mengharap ridha Allah melalui ilmu pengetahuan yang dianggap relatif sukar

dipahami (Shahib, 2000:5). Tanda-tanda alam sangat mengagumkan sehingga sudah pada tempatnyalah manusia harus beriman kepada maha pencipta yaitu Allah swt. Apa yang dapat kita ketahui hanyalah sedikit dan yang diizinkan. " ... dan mereka tidak mengetahui apa-apa dari ilmu Allah, melainkan apa yang dikehendakinya" (Al-Baqarah: 255).

Dengan akalnyalah manusia dapat berencana, berprogram, dan kreatif, tetapi sering pula berlebihan menuruti hawa nafsunya. Berpikir merupakan fungsi sel otak yang juga terdiri dari molekul-molekul organik dan anorganik. Sel-sel tersebut sepenuhnya patuh pada hukum Allah dan bertasbih pada Allah. Pembacaan DNA oleh DNA polimerase merupakan zikir. DNA polimerase membaca kalimat-kalimat Allah pada DNA yang identik dengan perintah "iqra" pada manusia, yang artinya 'bacalah' atas nama Tuhanmu yang Maha Pencipta. Penciptaan manusia dimulai dengan pembacaan DNA. Penciptaan dapat dikoreksi melalui mekanisme reparasi DNA pada urutan basa nukleotidnya.

Selanjutnya komunikasi antar sel memberikan sinyal transduksi berupa urutan reaksi kimia yang memberitahukan berita dari luar ke dalam sel, baik untuk pertahanan maupun untuk program kematian sel yang bersifat individual. Rahasia kematian tetap dijaga oleh Sang Empunya program dan merupakan hak prerogatif Allah (shahib, 2000:41). Molekul tertentu dapat digunakan untuk mengenal ibu dengan anak atau ayah dengan anak. Pengenalan antar suku bangsa dimungkinkan melalui molekul DNA, begitu pula population genetic dan molecular genetic dimungkinkan karena adanya molekul-molekul yang berbeda.

Perasaan tertekan menyebabkan katabolisme tidak sempurna dan menghasilkan bau tertentu yang dikenali oleh orang yang mengalaminya atau orang yang sangat dekat dengan orang yang bersangkutan. Bagaimana orang yang belajar sains, khususnya fisika yang mengalami stress berkepanjangan karena merasa tidak berdaya menghadapi cara penyajian yang tidak sesuai dengan kapasitasnya sebagai manusia pada tingkat usia tertentu? Persepsi negatif tentang belajar sains karena salah penyajian sangat boleh jadi menjadi penyebab tidak mampu generasi muda kita belajar sains karena terbentuk *mental block* yang menjadi penghalang dalam mempelajari konsep sains yang lebih advanced.

Etika dalam Pendidikan Sains

Dalam mempelajari sains ada sisi subjektif dan ada sisi objektif; ada pendapat tentang sains, tetapi sebagai tambahan ada fakta objektif yang berkaitan dengan sains (Sober, 1993 :203). Sebagai contoh, marilah kita perhatikan pernyataan berikut.

Bunglon berwarna hijau di antara dedaunan.

Orang-orang percaya bahwa bunglon berwarna hijau di antara dedaunan.

Pernyataan pertama adalah fakta ilmiah, tetapi pernyataan kedua lebih bernuansa etika. Perilaku bunglon dalam sains bermakna positif, karena bunglon memiliki kemampuan beradaptasi dengan melakukan mimikri agar mereka dapat menyelamatkan diri dari kejaran musuhnya. Pengertian yang semula positif, nampaknya sekarang mengalami

perubahan sehingga cenderung menjadi negatif. Orang-orang yang sadar telah melakukan kesalahan, cenderung berusaha menutupi kesalahannya dengan melakukan perbuatan yang dapat diterima masyarakat agar dia tampak baik dalam pandangan masyarakat.

Melalui contoh di atas ingin dikemukakan bahwa fakta yang objektif dalam sains dapat berarti negatif setelah mengalami perjalanan dalam kehidupan. Secara singkat dapat dikatakan bahwa pengertian bunglon telah berubah secara berangsur-angsur dan mengalami seleksi dalam masyarakat. Apakah dalam sains fakta tetap fakta atau dapat berkembang menjadi pendapat, atau pendapat yang didukung fakta menjadi fakta ilmiah? Bagaimana dengan bioetika: sekedar pendapat atautkah disertai dengan fakta ilmiah? Cobalah bandingkan dengan kutipan berikut.

A common but no means universal opinion among scientists is that all facts are scientific facts. Since etical statements-statements about what is right or wrong are not the subject matter of any science, it follows that there are no ethical facts. The idea is that in science, there are opinion and facts; in ethics, there is only opinion (Sober, 1993 :202-203)

Biologi sebagai Penentu Kualitas Generasi yang akan datang Kutipan De Bono (1989) di atas mengingatkan kita untuk mempersiapkan generasi muda agar lebih siap menghadapi kecenderungan-kecenderungan masyarakat maupun kecenderungan abad XXI. Bagaimana kita memberdayakan pendidikan sains agar menjadi penyebab kualitas generasi yang akan datang dan kualitas pendidikan di Indonesia, merupakan hal penting yang perlu kita tafakuri dan kita tindak lanjuti segera.

Perkembangan biologi yang begitu pesat menuntut perkembangan cara berpikir, bersikap manusia Indonesia. Menghadapi masa depan yang penuh tantangan tersebut, biologi diajarkan bukan hanya sebagai produk berupa konsep atau prinsip, tetapi juga mendidik melalui biologi. Mempersiapkan manusia Indonesia seutuhnya dalam era informasi dan globalisasi menuntut pembelajaran yang inovatif berupa pembelajaran yang antisipatoris dan partisipatif. Bekal pengetahuan biologi dan cara berpikir biologi diharapkan dapat diterapkan dalam kehidupan bermasyarakat yang harmonis dan sehat. Pengetahuan tentang sel pada tingkat pendidikan dasar dapat digunakan untuk memilih makanan (buah atau sayur) daripada jajanan dari tepung dan zat-zat aditif misalnya. Atau pengetahuan tentang hubungan timbal balik antara faktor biotik dan abiotik serta pencemaran dapat diterapkan dalam kehidupan bermasyarakat yang tidak mengambil hak orang lain untuk menghirup udara yang tidak tercemar asap rokok di dalam ruangan. Pemahaman tentang peran DNA dalam sintesis protein memperjelas keyakinan manusia Indonesia bahwa ada pengatur di luar kita yang turut mengendalikan pembentukan corak dan tipe organisme yang dikehendakiNya.

Bapak Rektor dan hadirin sekalian

Pada bagian akhir ini perkenankanlah saya menyampaikan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada segenap orang yang telah berjasa mendidik dan membesarkan saya. Kedua orang tua yang telah merawat, mengasuh, mendidik, dan membimbing saya; karib

kerabat dan sanak saudara yang telah memberi dukungan moril dan materil; para guru yang telah mendidik saya dengan ikhlas; para pimpinan yang telah membimbing dan menunjukkan jalan yang sebaiknya ditempuh dalam hidup ini; para peserta didik dan kolega yang telah bekerjasama dalam mengembangkan pendidikan.

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada Ibu- Ibu Kepala Sekolah dan guru-guru SR Maria Bintang Laut, SMP Waringin, SMA Trinitas di Bandung yang telah memberikan dasar-dasar dalam mencari ilmu sampai dapat menyelesaikan setiap tahapan jenjang pendidikan.

Ucapan terimakasih kepada Pimpinan dan .dosen-dosen Jurusan Pendidikan Biologi FKIP IKIP Bandung (FPMIPA UPI) serta Pimpinan dan dosen-dosen Program Pascasarjana IKIP Bandung yang telah memberi kesempatan untuk menjadi mahasiswa sekaligus mengembangkan kekritisn dan kreativitas bekerja dan berpikir. Secara khusus ucapan terimakasih saya tujukan kepada Bapak Drs. Djamhur Winatasasmita dan Drs. Otang Hidayat, ibu Prof. dr. Utju Rubaah Sugandi (almarhumah), Bapak Drs. Momi Sachromi, dan Bapak Drs. Toto Sugianto yang telah dengan ikhlas membimbing penulis menyelesaikan studi di tingkat sarjana muda dan sarjana pendidikan Biologi. Rasa hormat dan ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Prof Dr. Soepardjo Adikusumo (almarhum) dan Bapak Dr. Winardi (astronom ITB) yang telah membimbing dan terus mendorong saya lebih dewasa dalam berpikir dalam pendidikan IPA. Rasa hormat dan terima kasih juga saya sampaikan kepada Prof Dr. Achmad Sanusi SH, MPA. Prof Dr. Mien A. Rifai (Peneliti LIPI). Prof Dr. Soepardjo Adikusumo (almarhum). Prof Dr. Ratna Wilis Dahar, M.Sc., dan Prof Dr. Achmad A. Hinduan yang telah membimbing dan memandu saya untuk menjadi lebih dewasa melakukan penelitian dalam pendidikan IPA dengan kacamata sosial budaya dan paradigma naturalistik.

Rasa hormat dan terima kasih saya sampaikan kepada Mantan Direktur Program Pascasarjana Prof Dr. M. Djawad Dahlan yang turut membina iman dan keperibadian saya dengan penuh kesabaran dan kearifan. Juga kepada Direktur Program Pascasarjana Prof Dr. Abdul Azis Wahab, MA yang telah memberikan kesempatan untuk berkiprah ikut mengembangkan diri dan ilmu dengan mendampinginya menjadi asisten direktur III. Tak lupa ucapan terima kasih pula kepada Prof. Dr. Dedi Supriadi dan Dr. Achmad Munandar atas kerjasamanya.

Ungkapan penghargaan dan ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Menteri Pendidikan Nasional yang telah mempertimbangkan dan menetapkan saya sebagai guru besar. Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setulustulusnya kepada Rektor Universitas Pendidikan Indonesia Prof. Dr. M.Fakry Gaffar, MA selaku Ketua Senat UPI dan kepada Prof. Dr. Abdul Azis Wahab, MA selaku ketua Komisi guru besar, serta Drs. Harry Firman, M.Pd. selaku Dekan FPMIPA, Dr. Sri Redjeki selaku ketua Jurusan Pendidikan Biologi serta Peer Group yang telah memungkinkan saya memperoleh jabatan guru besar.

Ucapan terima kasih dan penghargaan setulus-tulusnya saya sampaikan kepada berbagai pihak yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu dalam pidato pengukuhan ini. Semoga Allah swt memberikan rahmat yang berlipat ganda atas segala keikhlasan, dorongan, bimbingan, doa, dan kerjasama selama ini.

Secara khusus saya sampaikan terimakasih kepada ayahbunda, ayah dan ibu mertua, kakak-adik dan keponakan-keponakan di Bandung, Tasikmalaya dan Sukabumi atas segala dukungan, doa, perhatian selama ini.

Orang yang paling berjasa dalam hidup saya adalah suami tercinta, Drs. Andrian Rustaman, M.Ed. Sc, yang telah mendampingi dalam hidup saya, membimbing dengan penuh kesabaran dan pengertiannya sehingga saya seperti sekarang ini. Juga buat Ira dan Indra yang dengan penuh kesabaran, pengertian, dan doa yang tiada henti-hentinya. Semuanya telah memberikan banyak inspirasi, dorongan, dan kekuatan untuk melaksanakan amanah dan menjalankan tugas di dunia ini.

Demikianlah ungkapan rasa syukur dan terima kasih atas segala anugerah, kepercayaan, dan amanah. Semoga Allah swt melimpahi ilmu, kekuatan, kesehatan, keselamatan, dan kebijaksanaan untuk melaksanakan amanah sesuai dengan jabatan saya. Mohon maaf atas segala kelemahan, keterbatasan, dan kekurangan dalam pidato pengukuhan saya ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Beck, I.L. (1989). Improving practice through understanding reading, toward the thinking curriculum: current cognitive research. **Yearbook of The Association for Supervision and Curriculum Development.**
- Campbell, N.A, Mitchell, L.G, & Reece, I.B. (1999). **Biology: Concepts and Connections.** Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Hinduan, A.A (2001 & 2000). **The Development of Teaching and Learning Science Models at Primary School and Primary School Teacher Education.** Final Report. University Reserch for Graduate Education Project. Graduate Program Indonesia University of Education. Department of National Education.
- Jones, B.F. (1985). Reading and thinking. In Costa, AL. (ed.). **Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking.** Alexandria: ASCD.
- Jumadi. (2002). **Pengembangan Model Evaluasi Terpadu dalam Penilaian Hasil Belajar IPA.** Disertasi PPS UPI.
- Moegiadi. (1987). **Guru Sebagai Determinan dalam Menyukkseskan Pembangunan NasionalI.** Orasi ilmiah pada Dies Natalis XXXIII IKIP Bandung.
- Naisbitt, J. & Aburdene, P. (1990). **Megatrend 2000.** London: Sidgwick & Jackson.
- Piaget, J. (1975). **Biology and Knowledge: An Essay on the Relation Between organic Regulations and Cognitive Processes.** Chicago: The University of Chicago Press.
- Raven, P.H. & Johnson, G.B. (1996). **Biology.** Fourth edition. Boston: WCB, McGraw-Hill.
- Rustaman, N.Y. (2001). **Pengembangan Proses Berpikir Mahasiswa Biologi Melalui Klasifikasi dan Kategorisasi Tumbuhan Tinggi.** Makalah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Biologi UM bekerja sama dengan PTTI di Malang.
- Rustaman, N.Y. (2000). **Arah Pendidikan Biologi PraUniversitas di Indonesia.** Makalah kunci disajikan pada Simposium Biologi dalam Seminar Nasional Biologi XVI dan Kongres Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XII di Kampus Institut Teknologi Bandung, Tanggal 26 Juli 2000
- Rustaman, N.Y. (1995). **Perkembangan Biologi Tahun 2000: Sebuah Tantangan.** Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Biologi XIV Kongres Nasional PBI XI di Universitas Indonesia, di Depok
- Rustaman, N.Y. (1991). **Dasar Biologi Proses Berpikir.** Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Biologi XII Kongres Nasional PBI X di Institut Pertanian Bogor, di Bogor.
- Rustaman, N.Y. (1990). **Kemampuan Klasifikasi Logis Anak: Studi tentang Kemampuan Abstraksi dan Inferensi Anak Usia Sekolah Dasar pada Kelompok Budaya Sunda.** Disertasi PPS IKIP Bandung.

- Rifai, M.A. (1994). **Menyiapkan Diri Mengajar Biologi di Sekolah Menengah Umum**. Jakarta: Pusat Perbukuan. Depdikbud.
- Semiawan, C.R. (1999). **Pendidikan Tinggi: Peningkatan Kemampuan Manusia Sepanjang Hayat Seoptimal Mungkin**. Jakarta: Penerbit PT. Grasindo.
- Shahib, M.N. (2000). **Molekul Seluler Bertasbih**. Bandung: PT. Alma Arif.
- Shannon, T.A (1995). **Pengantar Bioetika**. Seri Filsafat Atmajaya: 16. Diterjemahkan secara bebas oleh Bertens, K. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Slijper, E.J. (1954). **Manusia dan Hewan Piara**. Djakarta: PT Pembangunan.
- Sober, E. (1993). **Philosophy of Biology**. Boulder: Westview Press.
- Sri Redjeki. (1999). **Berpikir dalam Biologi untuk Meningkatkan Kualitas Sumber Daya Manusia**. Makalah disampaikan pada Seminar PraKIPNAS VII Perhimpunan Biologi Indonesia. 8 September 1999. Di Jakarta.
- Surakhmad, W. (2002). **Rekonseptualisasi Visioner Pendidikan Nasional dalam Rangka Eksistensi Bangsa**. Makalah diseminarkan pada Kuliah Umum (Studium Generale) Program Pascasarjana Universitas pendidikan Indonesia.
- Suriasumantri, J. S. (1978). **Ilmu dalam Perspektif**. Jakarta: PT Gramedia.
- Tilaar, H.AR. (1990). **Pendidikan Dalam Pembangunan Nasional Menyongsong Abad XXI**. Jakarta: Balai Pustaka.
- Wandersee, J.H. (1994). Making high-tech micrographs meaningful to the biology student. In Fensham, P. J., Gunstone, R.F., & White, R.T. (eds). **The Content of Science: A Constructivist Approach to Its Teaching and Learning**. London: The Falmer Press.

RIWAYAT HIDUP

Nuryani dilahirkan di Bandung 51 tahun yang silam sebagai puteri kedua dari enam bersaudara. Ayahnya Iyung Yogipranata (meninggal 1996) dan ibunya Nani Tjahyana (berusia 79 tahun) mendidiknya dengan disiplin keras. Baginya hidup adalah berjuang dan bekerja keras agar dapat tetap eksis. Kehidupan masa kecilnya membentuknya menjadi pribadi yang mandiri.

Sekolah rakyat diselesaikannya tahun 1964, SMP tahun 1967 dan SMA bagian Pasti Alam tahun 1970. Kesenangannya belajar bahasa tidak pernah dilupakan. Pada berbagai kesempatan dia mencoba mengikuti kursus-kursus bahasa asing lainnya (Bahasa Belanda dan Bahasa Jerman) selain bahasa Inggris. Tahun 1971 dia diterima di FKIE dan boleh memilih jurusan pendidikan Fisika atau jurusan pendidikan biologi. Namun kesan mendalam yang dialaminya belajar biologi dari guru SMAnya (Pak Soendjojo Dirdjosoemarto) mendorongnya untuk memilih jurusan Biologi. Tingkat sarjana muda diselesaikan tahun 1974 dan tingkat sarjana tahun 1978 ketika Dewan Mahasiswa dibubarkan oleh Menteri P dan K pada waktu itu. Beasiswa P dan K diterimanya selama dua tahun pada tingkat sarjana. Selama menjadi mahasiswa dia aktif berorganisasi, antara lain sebagai bendahara di Keluarga donor Darah, seksi pendidikan Warga Mahasiswa Biologi, seksi P3K dalam berbagai kepanitiaan (OSPEK, POMDA). Mahasiswa teladan kedua tingkat Institut diraihnya tahun 1976.

Setelah menikah dengan Andrian Rustaman, teman kuliah satu angkatan di Jurusan Pendidikan Biologi FKIE IKIP Bandung pada tahun 1977, hidupnya menjadi berbeda. Walaupun hidupnya masih tetap penuh perjuangan namun dia menemukan kasih sayang dan hidup lebih relaks. Dia dapat berbagi suka dan duka dengan suaminya. Kesukaannya untuk terus belajar mendapat dukungan dari suaminya, bahkan juga dari mertuanya. Dari pernikahannya dia dikarunia dua anak, yaitu Ira Noviani lahir 1978 (sarjana kedokteran Universitas Trisakti dan kini sedang Co-As), dan Indra Hadikrishna lahir 1982 (semester ke-3 FKG Universitas Pajajaran).

Karirnya dimulai sebagai guru tidak tetap di SMP dan SMA sejak 1974 hingga 1982. Di FKIE IKIP Bandung dia bekerja sejak Agustus 1978, SK pengangkatannya diterima 1979. Dia membantu jurusan pendidikan Biologi sebagai koordinator PPM dosen, penanggung jawab perpustakaan jurusan, koordinator bimbingan skripsi dan tugas akhir, pembimbing akademik program reguler dan program PGSM. Kesempatan melanjutkan studi program S2 di Fakultas Pascasarjana IKIP Bandung diperoleh tahun 1982 dan diselesaikan 1985. Pada tahun yang sama dia beruntung dapat langsung melanjutkan ke program S3, mengikuti program *sandwich* di State University of New York (SUNY) at Albany tahun 1986, dan menyelesaikan studinya awal 1990. Tahun 1991 dia meraih dosen teladan I tingkat institut dan berkesempatan mengikuti kegiatan di Jakarta menjelang detik-detik proklamasi. Sejak 1992 membantu mengajar dan membimbing mahasiswa program studi pendidikan IPA di Program Pascasarjana mendampingi beberapa dosen senior maupun yunior hingga sekarang. Lebih dari 40 mahasiswa

program S2 pendidikan IPA pernah mendapat bimbingannya, dan seorang mahasiswa program S3 telah lulus tahun 2002. Saat ini dia masih membimbing sejumlah mahasiswa S2 dan S3 program studi Pendidikan IPA di PPS serta mahasiswa S1 jurusan: pendidikan Biologi di FPMIPA.

Selain bekerja sebagai staf dosen di UPI, dia juga mendapat kesempatan untuk turut mengembangkan kurikulum IPA SD (1984), kurikulum biologi (1994 dan KBK); menulis Modul BJJ dan UT, buku-buku Pelestarian Lingkungan, Pencemaran Lingkungan, IPA SD (Alam Sekitar Kita, 1984) dan buku biologi SLTP (1993-1995); nara sumber dalam pelatihan penulisan buku IPA SLTP tingkat nasional (1997 -1998). Selain itu dia juga mendapat kesempatan untuk memberikan jasa sebagai konsultan nasional, antara lain dalam bidang Diklat di Pusdiklat Telkom (1991), dalam bidang pelatihan *International Telecommunication Union* bekerjasama dengan Pusdiklat Telekomunikasi di Bandung (1993); dalam bidang penulisan buku SLTP (Junior Secondary School Project) di Pusat perbukuan (1994), dalam bidang evaluasi biologi (Senior Secondary School Project) di Pusat Pengujian (1995), konsultan beberapa penerbit dalam bidang IPA dan Biologi di Jakarta, Surakarta, Bandung. Selain itu dia juga menjadi mitra PPPG IPA dalam workshop Science and Technology in Society (1992) dan mitra IMSTEP JICA sejak 1999 dalam bidang pendidikan, khususnya dalam metodologi Biologi.

Kontribusinya dalam dunia pendidikan dilakukannya tidak hanya di dalam pendidikan formal. Kesenangannya belajar bahasa Inggris (didukung dengan perolehan First Certificate dari Cambridge, dan lulus seleksi menjadi calon pengajar di LBIB atau LIA Bandung) disalurkan untuk mengajar bahasa Inggris di Saint Angela's English Course dan di Akademi Kesehatan Gigi. Dia berkesempatan mengikuti kegiatan pelatihan dan workshop di dalam dan luar negeri (RECSAM Penang, Malaysia 1980-1981; Liverpool, UK 1992; UNESCO & ACCD di Tokyo, Jepang 1992) dan mengikuti seminar sebagai panitia, penyaji maupun peserta pada tingkat nasional (Konaspi, Peneliti Pendidikan MIPA, Biologi, Simposium Biologi, Anatomi, Taksonomi) dan internasional (Guidance & Counseling, 1991; Multicultural, 1995).

Dia juga berkiprah dalam bidang olahraga dan bidang organisasi profesi. Dia pernah menjadi utusan IKIP Bandung dalam POMDA di Serang sebagai pemain basket ketika mahasiswa (1974), anggota tim SKJ dan Lomba gerak jalan di tingkat Fakultas maupun perwakilan IKIP Bandung (1989). Dia menjadi pengurus Perhimpunan Biologi Indonesia komisariat UPI sejak 1999, dan menjadi anggota Penggalang Taksonomi Tumbuhan Indonesia yang berkedudukan di Herbarium Bogoriense sejak 1989.

Karir strukturalnya berkembang dalam pengabdianya di Program Pascasarjana melalui tahap-tahap yang cukup panjang, yaitu sebagai sekretaris program studi Pendidikan IPA SD, koordinator pelaksana Program Studi Lanjutan, sekretaris program studi Pendidikan IPA, Asisten Direktur III bidang kemahasiswaan. Semoga amanah yang diterimanya membawa berkah bagi semua pihak. Amien....