

RECONSIDER OUR UNDERSTANDING ON BIOLOGICAL SYSTEM (A new concept driven by Nanobiology and Complexity Science)

Sutiman B. Sumitro

Nano Biological Research Group

Faculty of Science and Professor at Graduate School of Medicine

Brawijaya University

Email: -

Abstrak

Sistem kehidupan adalah merupakan obyek kajian yang sangat rumit, dengan demikian Biologi menjadi bidang ilmu dengan obyek penelitian paling sulit dibandingkan Kimia, Fisika dan bahkan Matematika. Akibat dari rumitnya obyek, maka kajian di bidang Biologi dan *life sciences* pada umumnya, cenderung dilakukan dengan pendekatan analitik yang bertujuan mengurai kerumitan sehingga memudahkan pembicaraan dalam pengembangan konsep dan simpulan. Namun demikian, tetap saja kita dihadapkan pada kenyataan rumitnya sistem serta banyaknya data sehingga cenderung untuk memilih maupun memilah yang pada akhirnya melakukan penyederhanaan dan pembatasan pada hal-hal yang dianggap penting atau utama sesuai dengan kapasitas kemampuan manusiawi yang kita miliki.

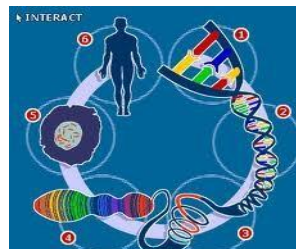
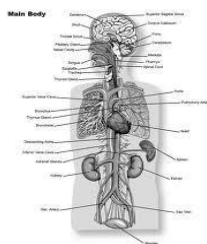
Aktivitas penyederhanaan (*reduksionistik*) di atas merupakan jalan mencari pengetahuan yang selama kurun waktu puluhan sampai ratusan tahun belakangan ini dianggap sebagai jalan untuk dapat berfikir yang dapat diandalkan untuk pengembangan ilmu-ilmu hayati. Melalui pendekatan reduksionistik seperti tersebut ini sudah banyak pengetahuan dan rahasia sistem kehidupan diperoleh dan menjadi pengetahuan umat berupa khasanah keilmuan. Namun demikian di sisi lain, masih sangat banyak pula hal yang menjadi misteri dan terasa tidak akan pernah dapat dipahami bila dikaji dengan cara pendekatan yang selama ini dilakukan. Dominasi jalan berfikir analitik dan reduksionistik ini menjadikan khasanah ilmu hayati bersifat parsial dan bahkan terasa hanya menjadi tumpukan pengetahuan-pengetahuan yang sulit dirajut menjadi pengetahuan untuk memahami hakekat yang memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif. Kecenderungan penyederhanaan obyek kajian umumnya disertai dengan memilih bagian yang dianggap strategis dan penting. Sebagai konsekuensinya banyak sekali asumsi dan sekaligus juga pengabaian fakta, Akibat dari jalan berfikir selama ini terlihat nyata pada pada Ilmu Kedokteran ketika melakukan upaya-upaya mengatasi permasalahan penyakit-penyakit yang memiliki ketidak-jelasan antara sebab dan akibat. Penyakit-penyakit degeneratif maupun penyakit-penyakit kejiwaan adalah contoh problematika yang dianggap pelik di bidang Kedokteran yang memerlukan bahasan dengan sudut pandang baru untuk mengatasinya.

Untuk memberikan kajian yang lebih komprehensif terhadap konsep-konsep bersifat linearistik hasil pendekatan analitik-reduksionistik, maka dalam kajian Ilmu-ilmu Hayati termasuk Kedokteran perlu memanfaatkan konsep-konsep Fisika Modern.

Hal ini berarti Biologi harus menyentuh aspek diskusi sampai pada sistem kerja atomik maupun partikel. Dengan demikian sebuah makro molekul tidak cukup hanya didiskusikan strukturnya ataupun dibahas hanya dengan bahasa Kimia, nmaun juga harus ada bahasan tentang karakter makro molekul tersebut di aspek medan gaya energi serta fenomena-fenomena gerakan sangat cepat yang mengabaikan asas ruang dan waktu. Selama ini, menurut kaidah Fisika, pendekatan Biologi diklasifikasikan sebagai cara berfikir Newtonian. Maksudnya, seluruh fakta Biologi hanya dikembangkan dari fenomena yang dapat diamati melalui indera dan atau dengan instrumentasi yang membantu keterbatasan indera. Basis berfikir Newtonian ini menuntut seluruh proses hidup perlu digambarkan dan divisualisasikan baik tentang struktur, bentuk, posisi (*spatial*) maupun pola dan mengamati kecepatannya.

Ceramah kali ini berbicara tentang pemanfaatan pandangan *Nano Biology* dalam bidang Ilmu-ilmu Hayati dengan ilustrasi kajian-kajian yang menyentuh aspek molekul dan unit penyelenggara kehidupan yang berukuran antara 1 sampai 100 nm dengan memakai konsep fisika modern. Unit-unit berukuran nano tersebut selama ini hanya didekati melalui perspektif hukum kimia dan Biologi dalam kajian-kajian Biokimia dan Biologi Sel. Unit-unit ini umumnya berupa makro molekul bersifat susunan kompleks dari beberapa komponen monomer, mereka bekerja sangat spesifik bahkan dianggap memiliki kecerdasan. Mereka tahu kapan, bagaimana, dimana dan dengan siapa mereka harus bekerja. Namun demikian bagaimana mekanismenya, medan gaya apa yang bekerja, dan mengapa dapat tetap bekerja dengan respon sangat cepat (dalam ukuran mikro sampai piko detik) sampai saat ini tidak dibahas. Selain itu sistem kehidupan pastinya juga dipandang sebagai aliran kontinu energi dan materi yang sedang menyelenggarakan keteraturan tubuh yang dinamis. Dengan diasumsikan bahwa rancangan atau konsep hidup sudah ada pada molekul-molekul makro ukuran nanomener ini, maka pendekatan Fisika Modern diharapkan dapat lebih membuka tabir rahasia atom-atom atau molekul-molekul ketika mereka menyelenggarakan sifat hidup. Pemikiran baru ini didukung oleh perkembangan Ilmu Komputer dan Sistem Informasi, yang memungkinkan penerapan *Complexity Science* dan sedapat mungkin menghindarkan pengabaian karena semua keberadaan dianggap memiliki peranan.

Kata Kunci: *Biological System, Nanobiology, Complexity Science*

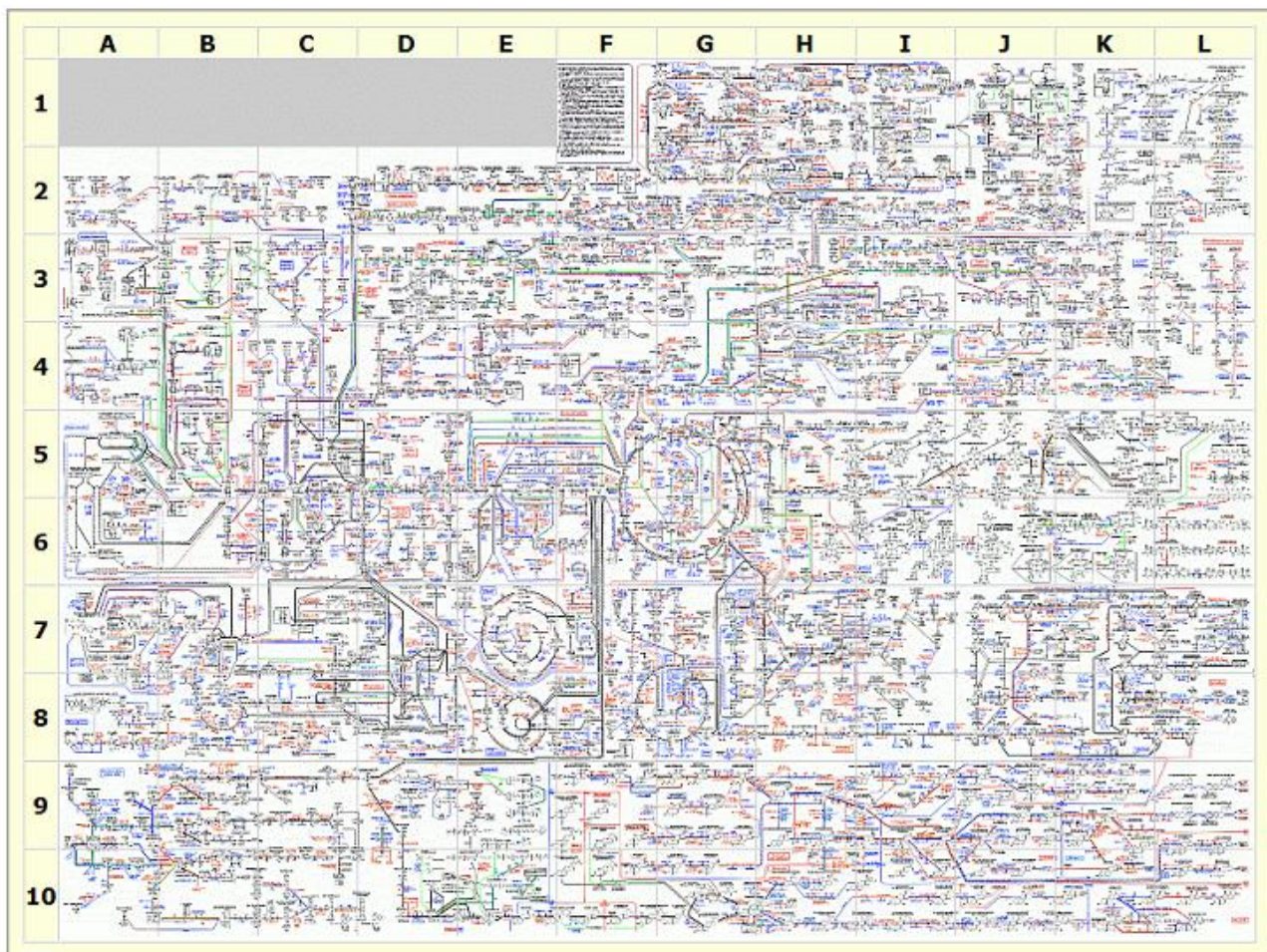
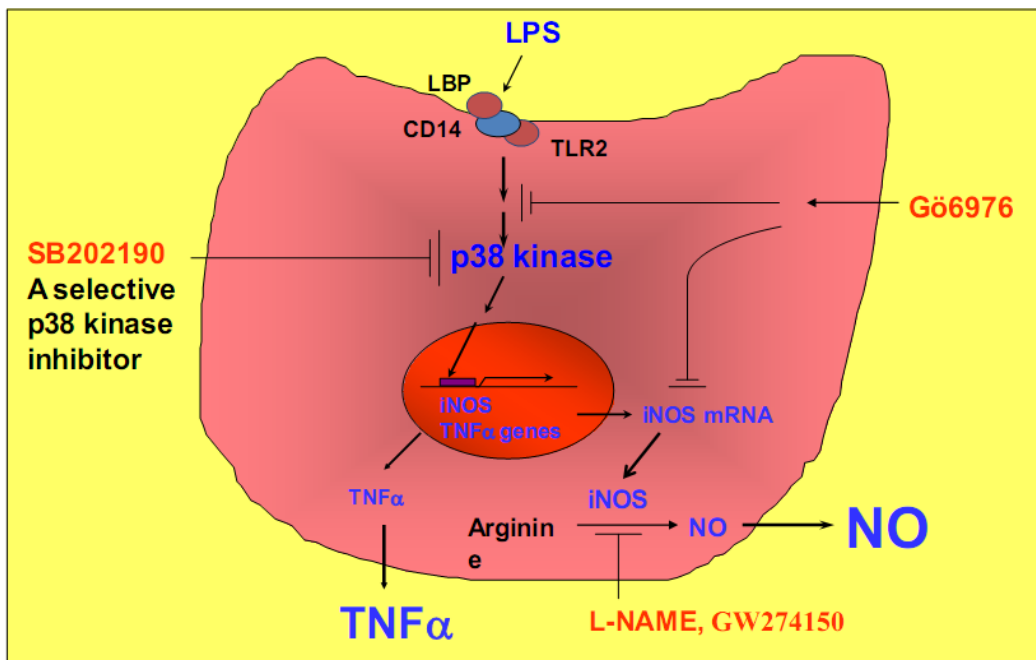


www.divinecigarette.com

Reductionist approach



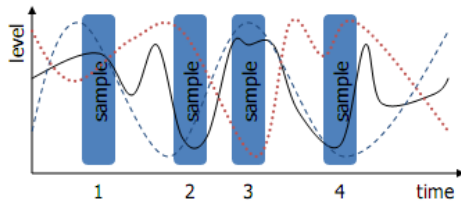
**Treating p38 kinase in the expression of iNOS in microglia
(a therapeutic approach for Alzheimer)**



MOLECULAR BIOLOGICAL EXAMPLE

Many genes code for proteins that either *promote* or *inhibit* the transcription of other genes. Together, such genes form *genetic regulatory networks*.

- can we infer the structure of these networks from micro- array data, samples of transcription factor levels?



Seth Bullock, 2006

- is the data too noisy or irregular for this to work?
- could we simulate a particular real network?
- could we use simulations to discover how these types of genetic regulatory network behave in general ?

CHANGING OF THE MINDSET

Reductionism in Modern Medical Science contain so many simplification and assumptions which should comprehensively be reviewed to have converged conclusions necessary to avoid misinterpretation. The emerging Nanobiology generate new angle in discussing biological phenomena. We should involved. Theoretical Physics and Quantum Physics for our better understanding on living system The emerging Complexity Science in respond to the disadvantage of reductionism in studying complex phenomena such as living system www.smartbio.org

WHAT IS NANO BIOLOGY?

Fundamental biological functions are carried out by molecular machineries that have the sizes of 1-100 nm (for exp: ribosomes, enzymes, DNA, membrane etc.). These nano size materials are smartwe can say that every of complex molecular structures contain a single specific idea as part of series of biological process in a living system.

They have intrinsic motive forces to generate movements, shapes, localization, and self assembly Every complex molecules enable to recognize when and how they work. They also recognize the locations and their partners in performing life.

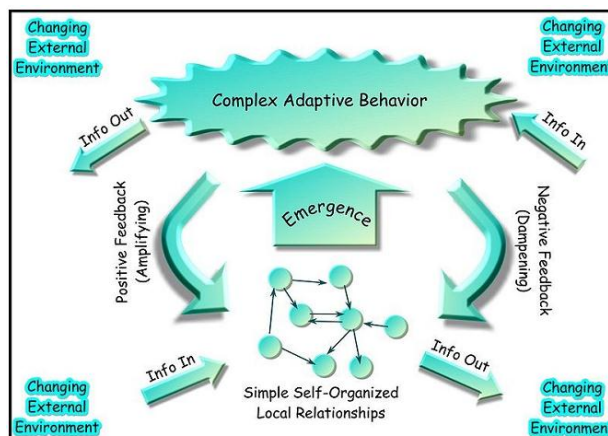
WHAT IS COMPLEXITY SCIENCE?

Complexity science is a broad term for understanding a range of complex phenomena. If we break down a 'complicated' system into its basic components and analyze how the components behave, we can recreate the behavior of the whole system by running all the components together. There are a wide variety of 'complex' scientific and engineering problems though defying this type of analysis. The behavior of a complex system is an emergent property of the interactions of the components.

Seth Bullock, 2006

PHYSIC IS THE ORIGIN OF COMPLEXITY SCIENCE

Complexity theory developed from the physical sciences in the mid-20th century. It is argued that the world is made up of interwoven orderly, disorderly, and complex parts. Rigid rules and laws help to explain orderly phenomena, but are limited in predicting the behavior of complex phenomena. Complexity science recognizes the strengths of the orderly Newtonian framework while tackling the unpredictability of complex and disorderly phenomena.



Seth Bullock, 2006



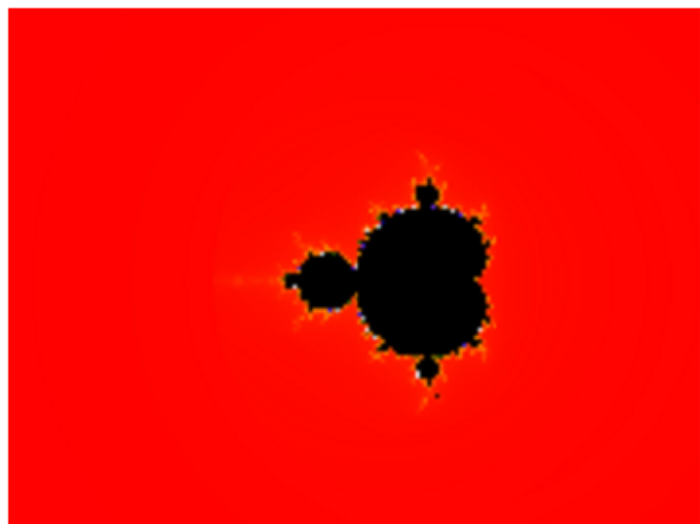
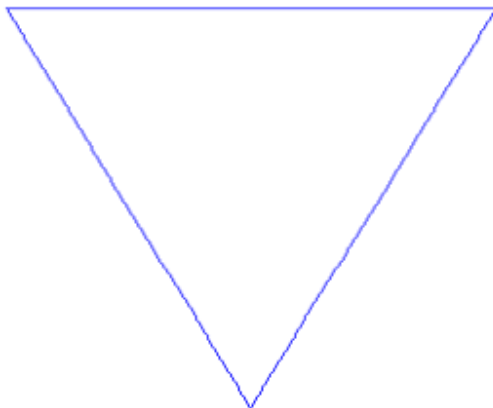
All creatures can be describe as atomic, an angle to view living system

Where is the ideas of performing life is located?

Biosphere	All region of the earth crust, waters, and atmosphere that contain life
Ecosystem	Community and its physical environment
Community	Population of all species occupying the same area
Population	Group of individual of the same kind (that is, the same species) occupying the same area
Multicelled Organism	Individuals consisting of interdependent cells typically organized in tissues, organs and organ systems
Organ System	Two or more organs interacting chemically, physically or in both ways that contribute to organism's survival
Organ	Structural unit in which tissues combine in specific amounts and patterns, perform a common task
Tissue	Organized aggregation of cells and substance functioning together in a specialized activity
Cell	Smallest unit with the capacity to live and reproduce, independently or as part of multi celled organism
Organelle	Membrane bound internal compartment for specialized reactions (most prokaryotic cells have none)
Molecule	Unit of two or more bonded together atoms of the same element or different elements
Atom	Smallest unit of an element (a fundamental substance) that still retains the properties of that element
Subatomic Particle	Electron, proton, neutron or some other fundamental unit of matter

ASSUMPTION AND QUESTION:

The ideas of life has already put on atoms and particles, and is the system develop order as Mandelbrot fractal set?



MOLECULAR SELF-ASSEMBLY (SA) IN BIOLOGICAL SYSTEM

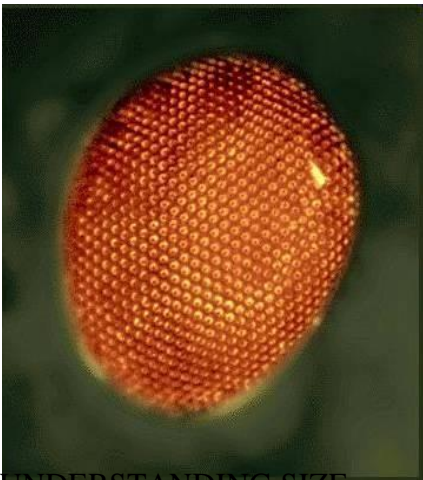
1. The spontaneous and reversible organization of molecular units into ordered structures by non-covalent interactions.
2. The spontaneity of the self-assembly process: the interactions responsible for the formation of the self-assembled system act on a strictly local level
3. Atoms and molecules to assemble smartly into larger structures to have biological function.



Mechanically disrupted Zona Pellucida autonomously recovered into it's normal structure

UNDERSTANDING SIZE

1 metre



10 centimetres



1 centimetre

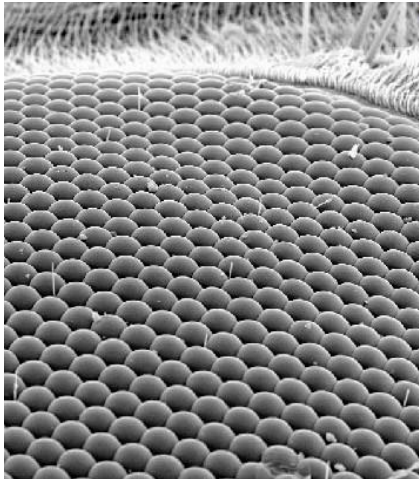


UNDERSTANDING SIZE

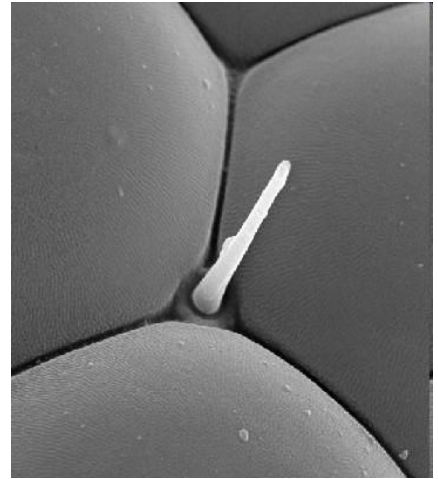
100 micrometres



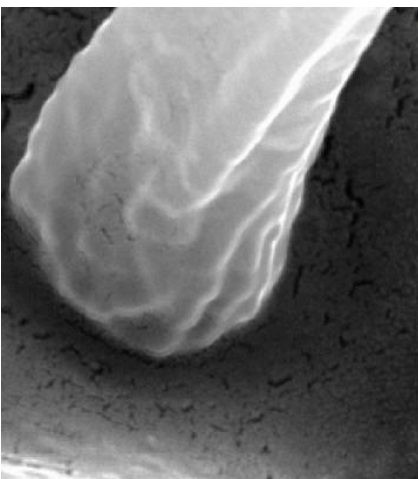
10 micrometres



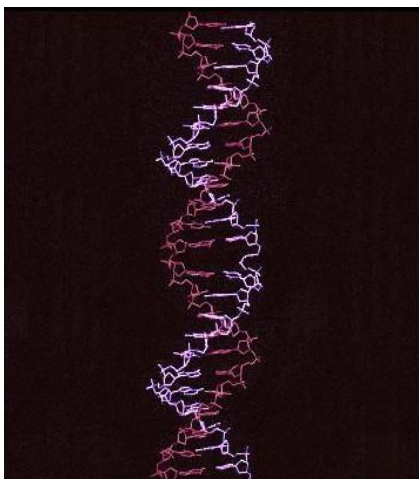
1 micrometre



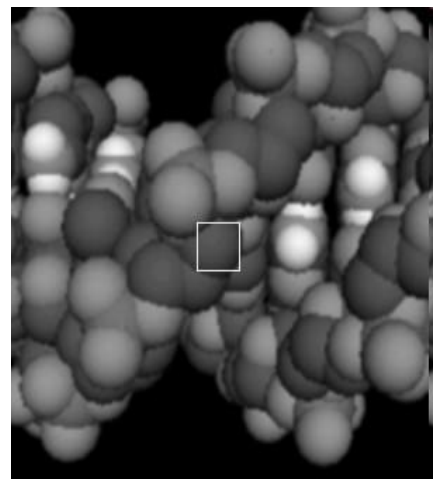
100 nanometres

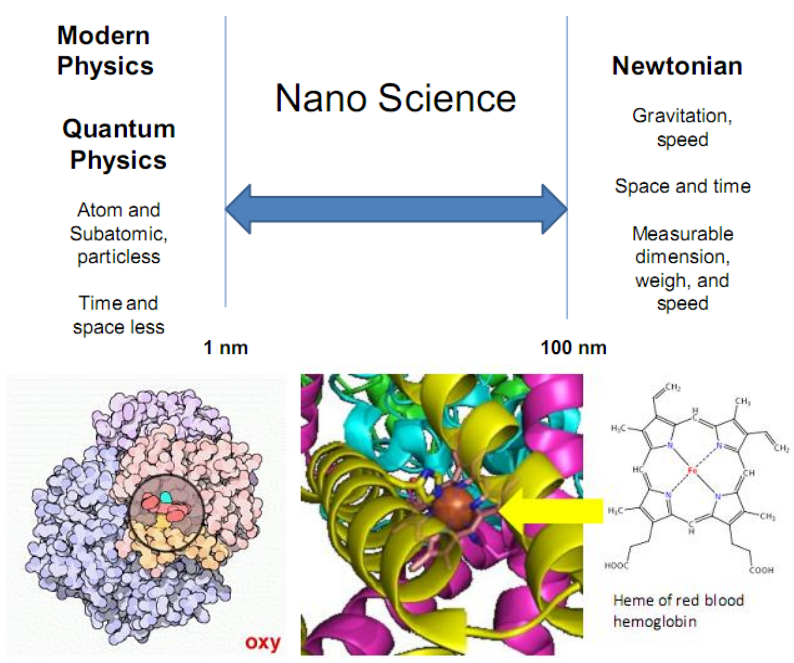


10 micrometres



1 nanometre





Iron's oxidation state in oxyhemoglobin

Assigning oxygenated hemoglobin's oxidation state is difficult because oxyhemoglobin (Hb-O₂), by experimental measurement, is diamagnetic (no net unpaired electrons), yet the low-energy electron configurations in both oxygen and iron are paramagnetic (suggesting at least one unpaired electron in the complex).

The whole periodic table of elements can be build successively by adding protons and neutrons of the lightest atom, Hydrogen, and the corresponding number electrons to atomic shell.

ATOMS FOR LIVING SYSTEM

Study the Periodic Elements Illustrate these atomic as DNA structure

5 ² p ¹ _{1/2} B Boron 10.811 1s ² 2s ² 2p ¹ 8.2080	6 ² p ² C Carbon 12.0107 1s ² 2s ² 2p ² 11.2603	7 ² s ² _{1/2} N Nitrogen 14.0067 1s ² 2s ² 2p ³ 14.5341	8 ³ p ² O Oxygen 15.9994 1s ² 2s ² 2p ⁴ 13.6181	9 ³ p ⁵ _{3/2} F Fluorine 18.9984032 1s ² 2s ² 2p ⁵ 17.4228	10 ¹ s ⁰ Ne Neon 20.1797 1s ² 2s ² 2p ⁶ 21.5645
13 ³ p ² _{1/2} Al Aluminum 26.981538 [Ne]3s ² 3p ¹ 5.9858	14 ³ p ¹ Si Silicon 28.0855 [Ne]3s ² 3p ² 6.1517	15 ³ s ² _{1/2} P Phosphorus 30.973761 [Ne]3s ² 3p ³ 10.4697	16 ³ p ² S Sulfur 32.065 [Ne]3s ² 3p ⁴ 10.3600	17 ³ p ⁵ _{3/2} Cl Chlorine 35.453 [Ne]3s ² 3p ⁵ 12.9676	18 ¹ s ⁰ Ar Argon 39.948 [Ne]3s ² 3p ⁶ 15.7556

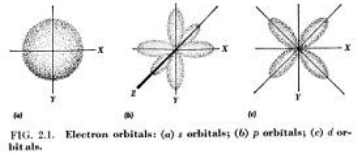
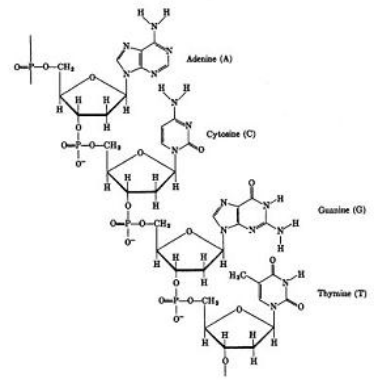


FIG. 2.1. Electron orbitals: (a) s orbitals; (b) p orbitals; (c) d orbitals.

Basic of the same quantum nature as electrons, the nucleus as protons and neutrons

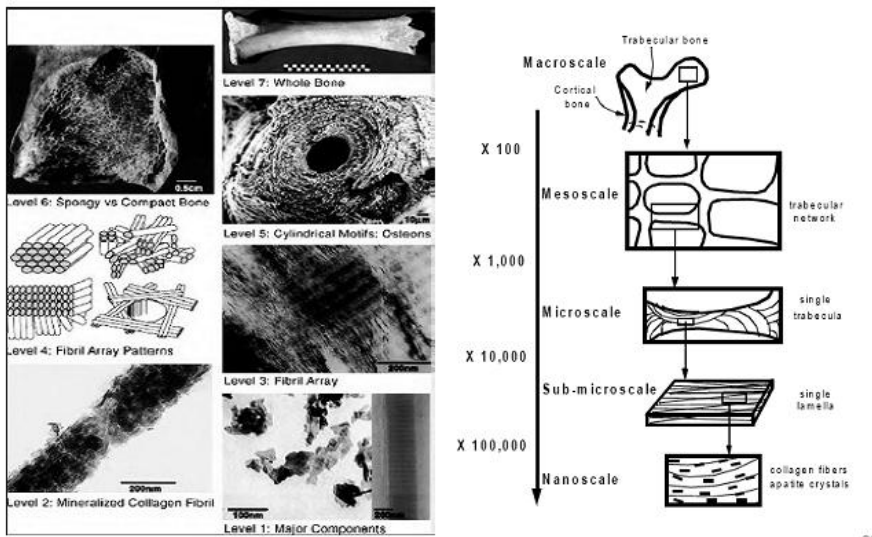


Describe the system order by Atomic Theory

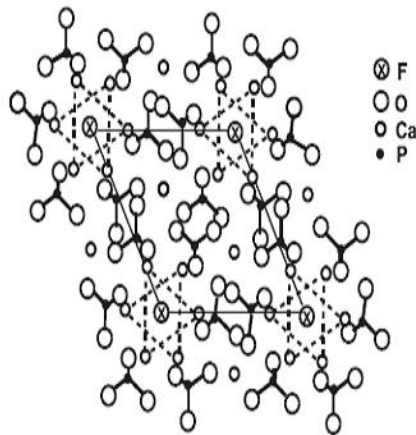
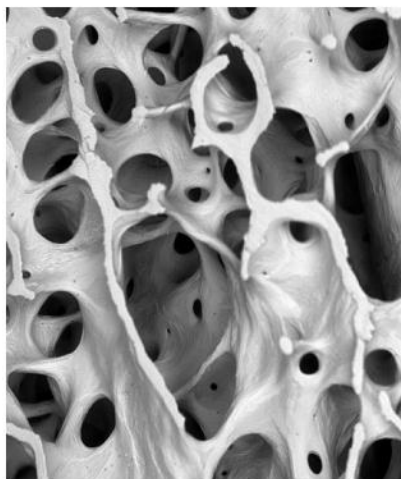
For 70 kgs human body, the lipid, protein, DNA, etc, consist of:

Atom	Three elementary particle		
	Σ electron	Σ proton	Σ neutron
${}^1_1\text{H}^1$ (7 kg)	1	1	0
${}^6_6\text{C}^{12}$ (16 kg)	6	6	6
${}^7_7\text{N}^{14}$ (1.8kg)	7	7	7
${}^8_8\text{O}^{16}$ (43 kg)	8	8	8
${}^{15}_{15}\text{P}^{31}$	15	15	16

Bone hierarchy

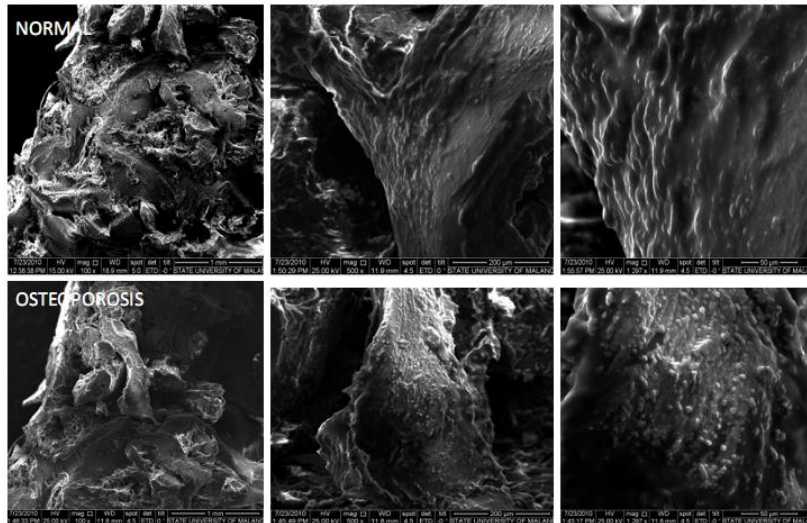


Microstructure of normal bone

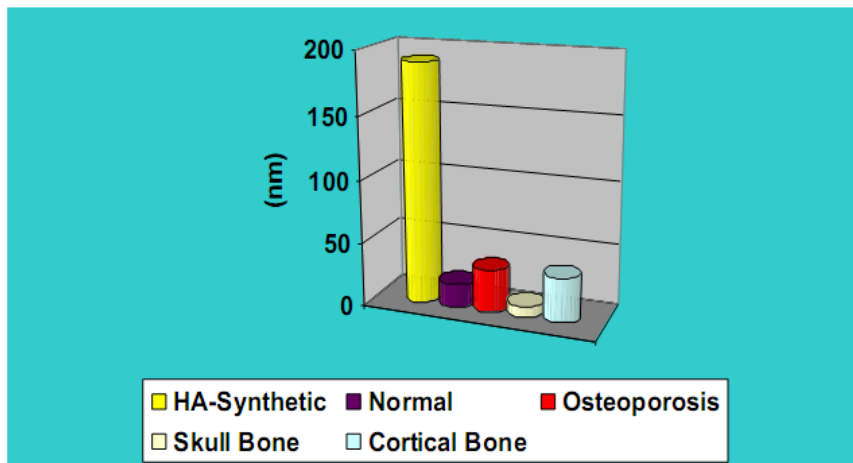


Material configuration followed Mandelbroth set pattern for its atom

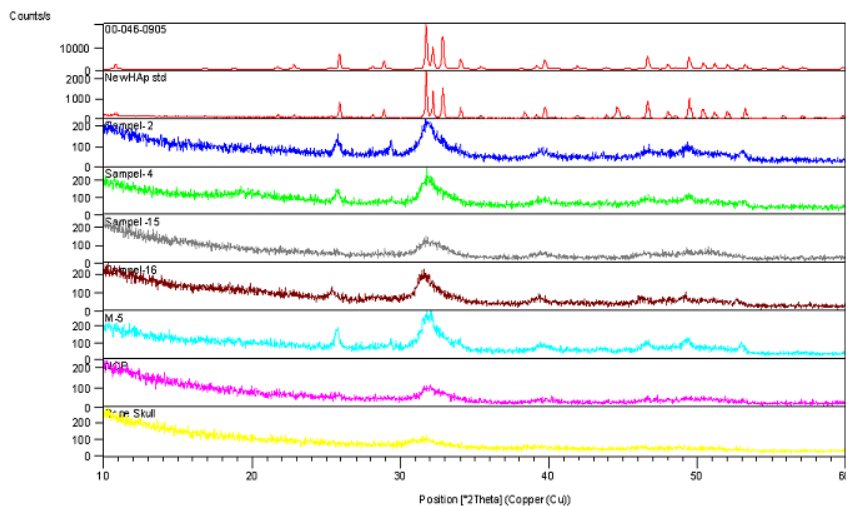
SEM



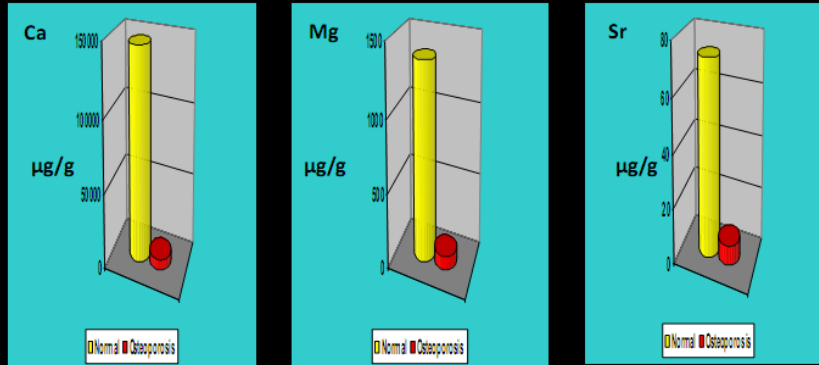
Average of crystal size in osteoporosis



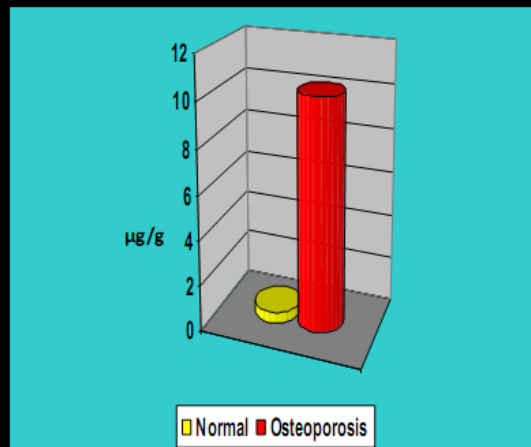
XRD PATTERN



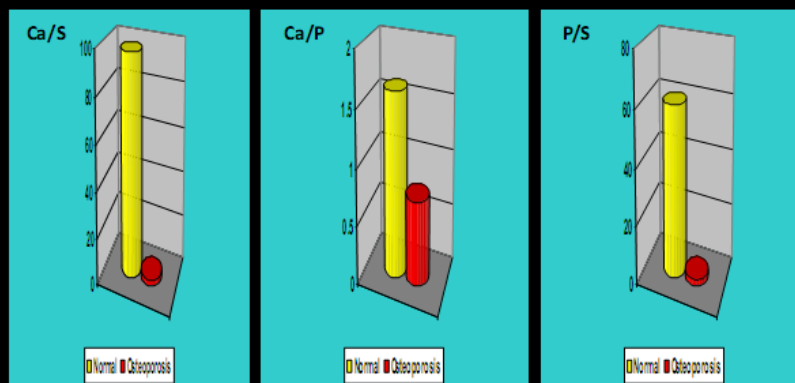
Atoms for bone hardness and strong



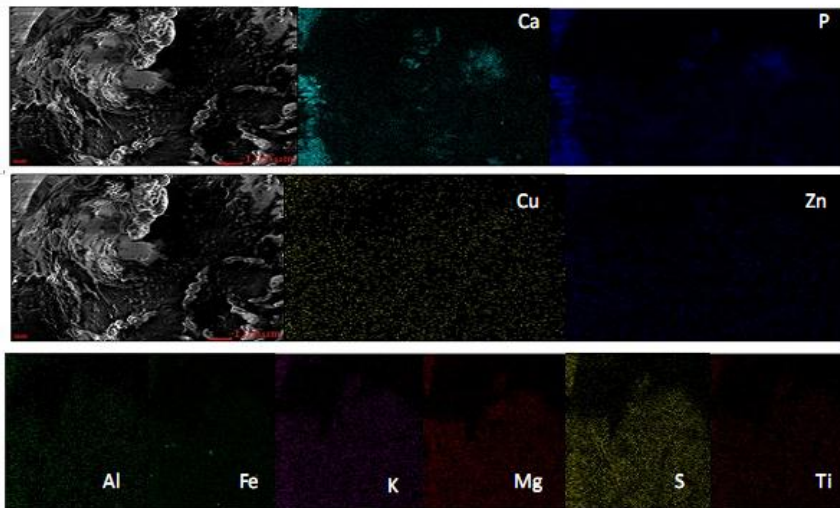
Boron for bone hardness but fragile



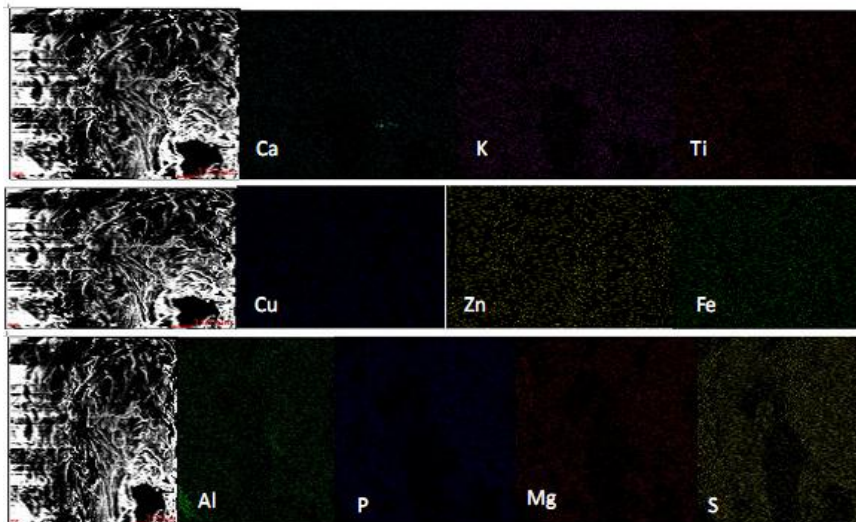
Mineral ratio in osteoporosis



Atomic distribution pattern in osteoporosis



Atomic distribution pattern in normal

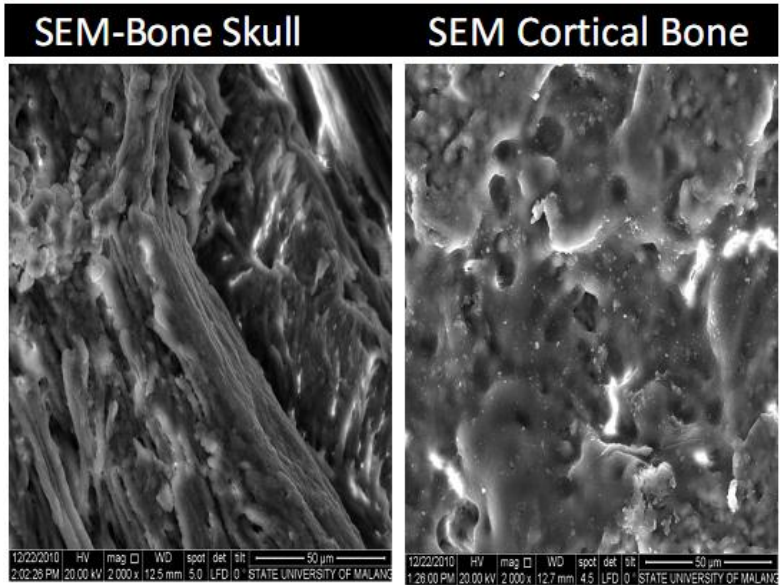


Comparison of mapping atom (SEM-EDAX)

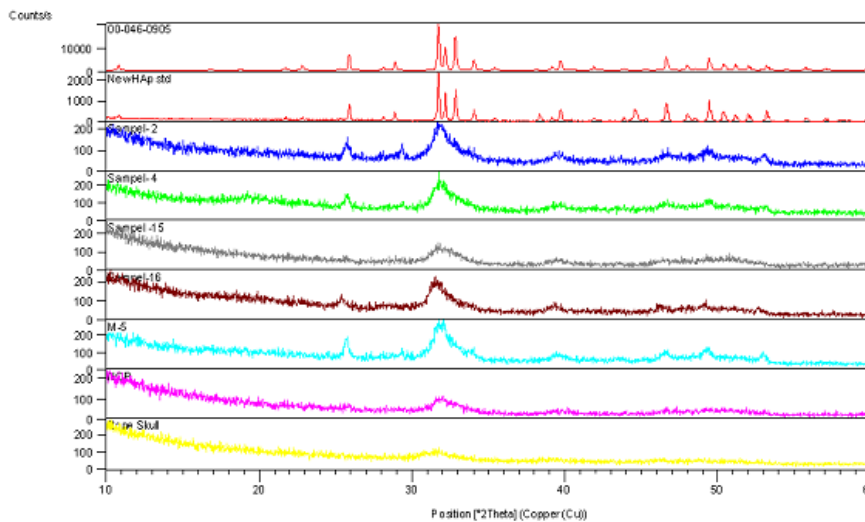
Pattern	Osteoporosis	Normal	Periodic
1	Ca, P	Ca, K, Ti	IV
2	Cu, Zn	Cu, Zn, Fe	IV
3	Al, Fe, K, Mg, S, Ti	Al, P, Mg, S	III

Modern Periodic Table

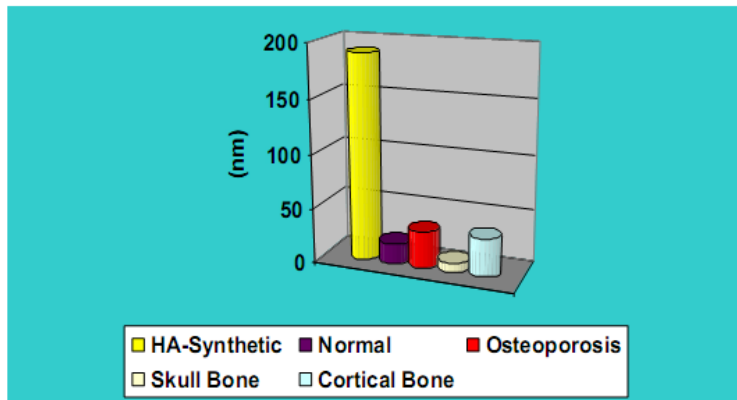
The image shows a standard periodic table with elements numbered 1 to 118. It is color-coded into three categories: Metals (green), Metalloids (brown), and Nonmetals (blue). The groups are labeled from IA to 8A. The lanthanide and actinide series are shown at the bottom.



XRD PATTERN



Average of crystal size in osteoporosis



BY JENNIFER KAHN - PHOTOGRAPHS BY MARK THIESSEN - ART BY KENNETH EDWARD

"I sit before you today with very little hair on my head. It fell out a few weeks ago as a result of the chemotherapy I've been undergoing. Twenty years ago, without even this crude chemotherapy, I would already be dead. But 20 years from now, nanoscale missiles will target cancer cells in the human body and leave everything else blissfully alone. I may not live to see it. But I am confident it will happen." Richard Smalley spoke these words on June 22, 1999. He died of non-Hodgkin's lymphoma on October 28, 2005. The 62-year-old Nobel Prize-winning chemist was a nanotech pioneer.

A tsunami is unnoticeable in the open ocean—a long, low wave whose power becomes clear only when it reaches shore and breaks. Technological revolutions travel with the same stealth, sporting the wave while it's still crossing the ocean is tricky, which explains why so few of us are aware of the one that's approaching. Nanotechnology has been around for two decades, but the first wave of applications is only now beginning to break. As it does, it will make the computer revolution look like small change. It will affect everything from the batteries we use to the pants we wear to the way we treat cancer.

The main thing to know about nanotechnology is that it's small. Really small. Nano, a prefix that means "dwarf" in Greek, is shorthand for nanometer, one-billionth of a meter, a distance so minute that comparing it to anything in the regular world is a bit of a joke. This comes, for instance, upon about half a million nanometers. To put it another way, a nanometer is the amount a man's beard grows in the time it takes him to lift a razor to his face.

Nanotechnology matters because familiar materials begin to develop odd properties when they're nanosize. Tear a piece of aluminum foil into tiny strips, and it will still behave like aluminum—even after the strips have become so small that you need a microscope to see them. But keep chopping them smaller, and at some point—20 to 30 nanometers, in this case—the pieces can explode. Not all nanosize materials change properties so usefully (there's talk of adding nano-aluminum to rocket fuel), but the fact that some do is a boon. With them, scientists can engineer a cornucopia of exotic new materials, such as plastic that conducts electricity and coatings that prevent iron

GLOWING POTENTIAL
Injected into a healthy mouse, nanoparticles of cadmium selenide glow when exposed to ultraviolet light. Such quantum dots can seep into cancerous tumors and help surgeons find and excise sick cells without disturbing healthy ones.

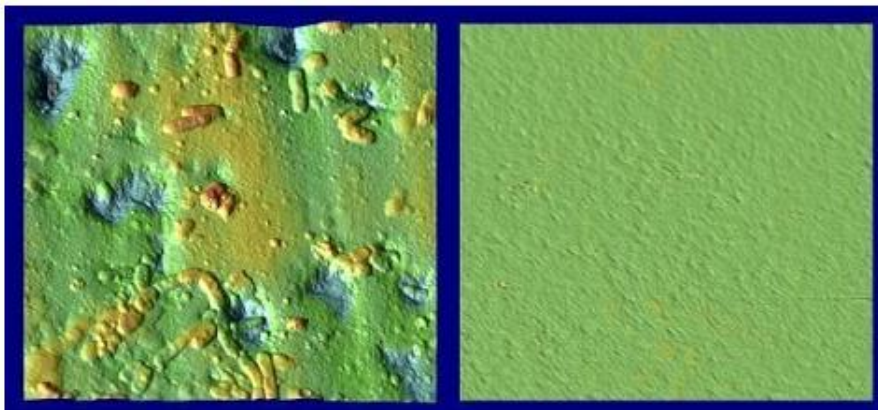


100 NATIONAL GEOGRAPHIC • JUNE 2006

101 NATIONAL GEOGRAPHIC • JUNE 2006

SILICA NANOPARTICLES TO POLISH TOOTH SURFACES FOR CARIES PREVENTION

Polishing may protect tooth surfaces against the damage caused by cariogenic bacteria, because the bacteria can be easily removed from such polished surfaces. This was tested on human teeth *ex vivo*. **Nanoparticles will make the teeth too slick for bacteria to stick**



Nano:

A prefix that means very, very, small.

The word nano is from the Greek word 'Nanos' meaning Dwarf. It is a prefix used to describe "one billionth" of something, or 0.000000001.



Nanoscience

A part of science that studies small stuff.

It's not biology, physics or chemistry. It's all sciences that work with the very small.



PERTANYAAN

Penanya: Hasan (Universitas Mataram)

Nanobiologi merupakan ilmu yang bersifat filosofis/abstrak sehingga kajiannya harus bersifat komprehensif. Sejauh mana perkembangan ilmu nanobiologi di Indonesia pada jenjang S1?S2? (Prof. Sutiman)

Jawab:

Nanobiologi belum banyak berkembang di Indonesia, tetapi di beberapa universitas seperti di Unair Surabaya sudah mulai dikembangkan penelitian nanobiologi melalui kelompok studi yang dilaksanakan oleh mahasiswa pascasarjana. Belum berkembangnya ilmu nanobiologi di Indonesia dikarenakan karena perbedaan budaya belajar dan fasilitas antara Indonesia dan negara maju.

Menurut Prof. Sutiman, nanobiologi menawarkan perspektif atau sudut pandang nanobiologi ke dalam bidang pendidikan tergantung dari pengemasan atau penyajiannya supaya menarik.

Penanya Dodin Koswanudin (Litbang Pertanian Bogor)

Mengharapkan ada terbitan referensi berupa jurnal, prosiding atau karya ilmiah lain tentang nanobiologi yang disampaikan oleh Prof. Sutiman!

Pada kasus temulawak dimana sudah banyak dilakukan isolasi senyawa aktif pada temu lawak, kemudian dibuat senyawa sintesis dan diperbanyak dalam skala industry kemudian digunakan untuk kepentingan masyarakat, dalam hal tersebut apakah menentang kaidah biologi?

Di bidang apa sajakah pengembangan nanobiologi di Indonesia?

Jawab:

Peserta dapat memperoleh makalah Prof. Sutiman berupa PDF atau powerpoint setelah kegiatan seminar selesai.

Pendapat yang menyatakan bahwa pada kasus temulawak merupakan hal yang bertentangan dengan kaidah biologi merupakan pendapat umum yang terjadi di masyarakat. Pada umumnya di masyarakat masih terjadi parsialisme (pemahaman suatu konsep hanya ditinjau dari satu sudut pandang), hal ini membuat seseorang yang merasa mendalami suatu bidang telah mengetahui semuanya, tetapi sebelumnya masih banyak hal yang belum banyak diketahuinya. Hal inilah yang menjadi kelemahan bagi orang ketika mengembangkan ilmu.

Penerapan nanobiologi di bidang biologi, sebenarnya nanobiologi bukan sebuah penerapan tetapi sebagai "*changing of mind set*" yaitu mengubah sudut pandang supaya konsep lebih mudah dipahami dengan disertai penjelasan ilmiah (misal: jamu, pijat refleksi, kasus air putih yang sudah didoakan dapat menyembuhkan penyakit seseorang).

Penanya: Nanang (UT)

Di banyak referensi telah banyak dikemukakan bahwa untuk menangani radikal bebas adalah dengan mengkonsumsi antioksidan, tetapi ada juga yang menyatakan dengan NO. Bagaimanakah kaitan antara radikal bebas dengan senyawa NO?

Jawab:

Makhluk hidup adalah sebuah fenomena sebagai aliran energy yang mampu mengubah energy menjadi bentuk energy lain sesuai dengan hokum Termodinamika I dan II. Aliran energy dipakai untuk proses hidup.

Radikal bebas bukan merupakan molekul tetapi atom yang kehilangan atau ketambahan electron sehingga bisa menghasilkan gelombang, gaya ataupun energi magnetic. Sedangkan NO adalah materi yang dihasilkan dari sel otak. Radikal bebas tidak bias ditanggulangi dengan antioksidan karena radikal bebas adalah atom yang tidak stabil yang mengalami kekurangan atau penambahan electron sehingga dapat bereaksi pada fase gas dengan kecepatan 1/milyar detik. Sedangkan antioksidan berbentuk molekul terlarut yang hanya mampu bereaksi 1/1000 detik, sehingga kecepatan reaksi yang diperlukan tidak sama. Dalam hal ini bukan ilmu kimia yang dibutuhkan melainkan sudah masuk ke kajian fisika kuantum.

Penanya: Eko Yunarto (STTP Malang)

Bagaimana penjelasan nanobiologi dan kaitannya dengan long life education?(Prof. Sutiman)

Jawab:

Nanobiologi sebagai perubahan sudut pandang ilmu biologi yang dipelajari tidak secara parsial tetapi komprehensif (mencangkup bidang ilmu lain, dalam hal ini fisika quantum dan fisika teori) (Prof. Sutiman).



PENDIDIKAN DAN PENELITIAN SAINS DALAM MENGEMBANGKAN KETERAMPILAN BERPIKIR TINGKAT TINGGI UNTUK PEMBANGUNAN KARAKTER

Nuryani Y. Rustaman

Universitas Pendidikan Indonesia
Email: nuryani_rustaman@yahoo.com

ABSTRAK

Proses membangun karakter berlangsung terus menerus dan seyogianya dilakukan melalui pendidikan sejalan dengan tujuan yang ingin dicapai. Proses tersebut memerlukan upaya serius untuk merealisasikannya secara terencana. Studi tentang pembangunan karakter dapat ditinjau dari berbagai aspek, di antaranya melalui pembelajaran bidang studi tertentu, melalui pengembangan kemampuan berpikir; mengintegrasikan domain kognitif, afektif dan psikomotor; memfokuskan pada ipteks dan imtaq, dan mengembangkan sikap ilmiah. Pembangunan karakter melalui pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi merupakan salah satu alternatif dalam pendidikan sains. Kecerdasan majemuk juga merupakan salah satu wahana yang dapat digunakan untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang akhir-akhir ini banyak dibicarakan. Kebiasaan berpikir (*habits of mind*) sebagai perilaku cerdas jauh lebih penting dibandingkan dengan membekalkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada peserta didik melalui pendidikan sains. *Habits of mind* dalam arti perilaku cerdas dapat dilatihkan dan diukur pencapaiannya. Semua itu dimungkinkan apabila pendidikan sains menekankan pembelajaran berbasis inkuiri dan didukung dengan penerapan asesmen otentik dan asesmen formatif. Penelitian sains yang menekankan asesmen formatif menjadi bidang yang menarik untuk diteliti, karena berbeda dengan asesmen sumatif yang lebih menekankan hasil belajar (*assessment of learning*), asesmen formatif justru mendorong peserta didik untuk belajar (*assessment for learning*).

Kata kunci : *Keterampilan berpikir tingkat tinggi, habits of mind, pendidikan sains, pembangunan karakter, kecerdasan majemuk*

PENDAHULUAN

Masalah serius tengah dihadapi oleh bangsa Indonesia adalah sistem pendidikan yang ada sekarang ini terlalu berorientasi pada pengembangan otak kiri (kognitif) dan kurang memperhatikan pengembangan otak kanan (afektif, empati, dan rasa). Mata pelajaran yang berkaitan dengan pendidikan karakter pun (seperti budi pekerti dan agama) ternyata pada prakteknya lebih menekankan pada aspek otak kiri (hafalan atau hanya sekedar "tahu"). Padahal, pembentukan karakter harus dilakukan secara sistematis dan berkesinambungan yang melibatkan aspek ***knowledge, feeling, loving, and acting***. Pembentukan karakter dapat diibaratkan sebagai pembentukan seseorang menjadi binaragawan yang memerlukan "latihan otot-otot akhlak" secara terus-menerus agar menjadi kokoh dan kuat.

Selain itu, sistem pendidikan yang terlalu kognitif ini juga terlalu abstrak (tidak konkrit), dengan proses pembelajaran yang pasif, kaku, sehingga proses belajar menjadi sangat tidak menyenangkan dan penuh beban. Semua ini telah "membunuh" karakter, siswa menjadi tidak kreatif, tidak percaya diri, tertekan dan *stress*, serta tidak mencintai belajar, sehingga sulit membangun manusia yang *lifelong learner* dan berkarakter.

Dalam bukunya yang berjudul: "Science and Virtue: An Essay on the Impact of Scientific Mentality on Moral Character", Louis Caruana (2006) mengemukakan secara panjang lebar serba serbi tentang "Observasi" (kualitas, persepsi, perluasan daya sensasi; hubungan observasi dengan kehidupan yang arif); tentang Eksplanasi dan hubungannya dengan kearifan; *Science as way of life*. Dikemukakan pula hubungan Sains dengan sejarah, di dalamnya dibahas revolusi dan *personal value judgement*, dan Evaluasi teori dan pertumbuhan dalam kebajikan.

Mencermati sembilan pilar karakter yang mendasari pendidikan karakter, ternyata sebagian besar termasuk pada domain afektif atau terkait dengan *self-system* (Marzano & Kendall, 2008). Padahal selama ini sebagian besar berpendapat yang penting dalam pendidikan sains adalah penguasaan materi subyek (*content*, pengetahuan, konsep). Pengetahuan atau materi subyek hanyalah wahana untuk mengembangkan proses berpikir dan hal-hal lain yang terkait di dalamnya. Apabila dikatakan sains sebagai produk, proses dan aplikasi dengan sikap dan nilai-nilai di dalamnya barulah menyangkut ketiga domain dalam pendidikan. Biasanya bobot terbesar diberikan pada aspek kognitif yakni penalaran. Termasuk dalam bernalar adalah berpikir logis, berpikir rasional, berpikir kritis, berpikir kreatif, mengambil keputusan. Bahkan ada pula yang membedakannya menjadi berpikir dasar dan berpikir kompleks (Presseissen dalam Costa, 1985). Berpikir logis dan berpikir rasional termasuk berpikir dasar, sedangkan berpikir kritis, berpikir kreatif, mengambil keputusan termasuk berpikir kompleks. Ditambahkan pula bahwa berpikir kompleks terjadi setelah melalui berpikir dasar. Dalam hubungannya dengan pembentukan karakter, berpikir manakah yang diperlukan atau dikembangkan?



Sembilan Pilar Karakter

1. Cinta Tuhan dan segenap ciptaanNya (*love Allah, trust, reverence, loyalty*).
2. Tanggung jawab, Kedisiplinan dan Kemandirian (*responsibility, excellence, self reliance, discipline, orderliness*)
3. Kejujuran/Amanah dan Arif (*trustworthines, honesty, and tactful*)
4. Hormat dan Santun (*respect, courtesy, obedience*)
5. Dermawan, Suka menolong dan Gotongroyong/Kerjasama (*love, compass-sion, caring, empathy, generosity, moderation, cooperation*)
6. Percaya Diri, Kreatif dan Pekerja keras (*confidence, assertiveness, creativity, Resourcefulness, courage, determination, enthusiasm*)
7. Kepemimpinan dan Keadilan (*justice, fairness, mercy, leadership*)
8. Baik dan Rendah Hati (*kindness, friendliness, humility, modesty*)
9. Toleransi, Kedamaian dan Kesatuan (*tolerance, flexibility, peacefulness, unity*).

PENGEMBANGAN (PROSES) BERPIKIR DALAM PENDIDIKAN SAINS

Science As A Way of Knowing

Sains merupakan suatu cara bertanya dan menjawab pertanyaan tentang aspek fisis jagat raya. Sains tidak sekedar suatu kumpulan fakta atau kumpulan jawaban tentang pertanyaan, namun lebih merupakan suatu proses melakukan dialog berkelanjutan dengan lingkungan fisik sekitarnya. Saintis dengan keahlian khusus, secara umum memiliki bahasa, metode-metode dan kebiasaan berpikir (*habits of mind*) untuk mengkonstruksi penjelasan tentang alam. Pengetahuan ini kadangkala-kadangkala terpisah bahkan bertentangan dengan cara mencari tahu yang biasa. Sains memiliki peran untuk melakukan pilihan. Pengetahuan ilmiah sebagai suatu pengetahuan disiplin, dikonstruksi secara identik dan secara simbolik di alam. Penalaran ilmiah ditandai dengan formulasi teoritis yang eksplisit yang dapat dikomunikasikan dan diuji dengan bukti-bukti yang mendukung.

Banyak saintis berpendapat bahwa siswa tidak dapat diharapkan untuk mengkonstruksi gagasan entitas ilmiah melalui penyelidikan bebas dan tidak dimediasi diskusi dengan sesamanya, karena siswa merupakan pemula dalam masyarakat ilmiah. Guru sains dan penerbit buku teks seyogyanya *me"match"*kan cara-cara sehari-hari dengan cara-cara ilmiah untuk memahami suatu fenomena dalam merancang dan memilih materi pembelajaran, merancang unit-unit kurikulum dan memilih strategi pembelajaran.

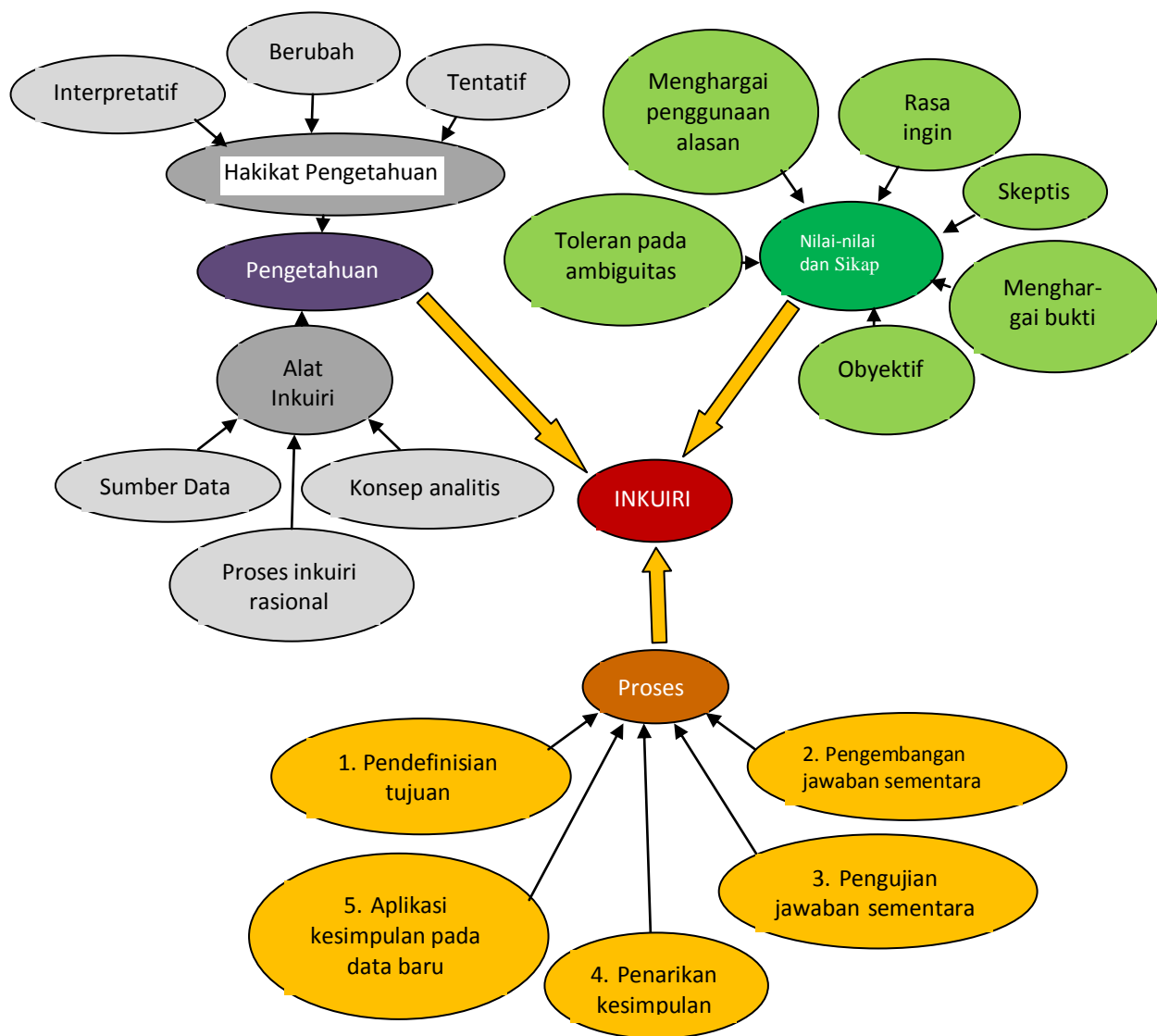
Hanya sedikit pakar pendidikan sains yang akan tidak menyetujui bahwa tujuan pembelajaran seyogyanya mempromosikan pemahaman tentang proses inkuiri dan "*domain specific scientific concepts*" daripada menghafal konsep, fakta dan algoritma (Aulls & Shore, 2008). Memorisasi dengan bantuan akumulasi fakta, konsep dan algoritma yang lambat, tidak akan menggantikan belajar bagaimana menggunakan pengetahuan dengan cara menghubungkannya untuk menginterpretasi gejala alam, dan menggeneralisasi konsep sains yang baru kepada siswa, solusi pada masalah sains yang baru bagi siswa, dan dalam suatu disiplin untuk menghasilkan konsep ilmiah atau teori baru.

Esensi dari *hakikat sains* adalah **inkuiri** itu sendiri. Inkuiri dalam pembelajaran sains dapat berperan sebagai **metode**, sebagai **pendekatan**, sebagai **model pembelajaran**, sebagai "*tools*" untuk mengembangkan keperibadian dengan nilai-nilai dan sikap ilmiah tercakup di dalamnya, bahkan sebagai kemampuan yang perlu dikembangkan dan diukur perolehannya (Rustaman, *et al.*, 2007; Rustaman, 2010). Hubungan antar komponen sains dengan inkuiri digambarkan sebagai berikut (Gambar 1).

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

Pembelajaran sains sejak kurikulum 1975 hingga kurikulum berbasis kompetensi meminta siswa mengembangkan kemampuannya melalui penggunaan metode ilmiah, kegiatan praktikum, pendekatan keterampilan proses, pelaksanaan eksperimen, **inkuiri** 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.





Gambar 1. Konsep Inkuiri (Beyer, 1971)

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 tidak 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 siswa yang belajar sains, karena sistem pengujian yang hanya mengukur penguasaan konsep (sesungguhnya hanya pengetahuan atau definisi-definisi). Pencapaian anak-anak Indonesia dalam tiga periode TIMSS (*Trend of International Mathematics and Science Study*) berturut-turut (1999, 2003, 2007) selalu berada di papan bawah, begitu pula perolehan anak-anak Indonesia tentang *Scientific Literacy* dalam PISA (*Performance for International Student Assessment*) selama beberapa periode (tahun 2000, 2003, 2006, 2009). 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 pembelajaran yang merujuk pada pandangan konstruktivisme memang penting, tetapi hampir mustahil tanpa melibatkan emosi. Situasi konflik dalam memori dan emosi perlu diciptakan pada pembelajaran konstruktivistik. Tanpa itu semua, pencarian makna melalui kegiatan yang *hands-on* dan *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.

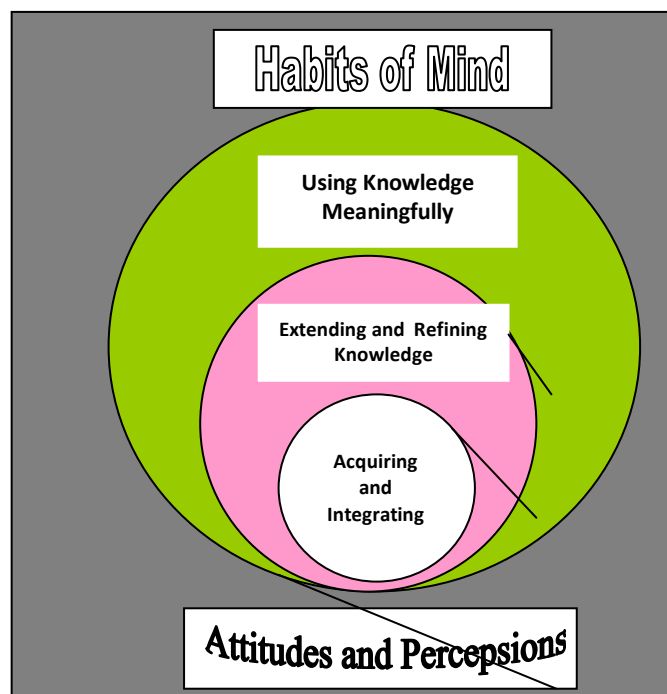
HABITS OF MINDS SEBAGAI KARAKTER PERILAKU CERDAS TERTINGGI

Pengertian dan Komponen-Komponen *Habits of Mind*

Memiliki *habits of mind* yang baik berarti memiliki watak berperilaku cerdas (*to behave intelligently*) ketika menghadapi masalah, atau jawaban yang tidak segera diketahui (Costa & Kallick, 2000a; Costa & Kallick, 2000b; Carter *et al.*, 2005). Masalah didefinisikan sebagai stimulus, pertanyaan, tugas (*task*), fenomena, ketidaksesuaian ataupun penjelasan yang tidak segera diketahui. Dalam memecahkan masalah yang kompleks, dituntut strategi penalaran, wawasan, ketekunan, kreativitas dan keahlian siswa. *Habits of mind* terbentuk ketika merespon jawaban pertanyaan atau masalah yang jawabannya tidak segera diketahui, sehingga kita bisa mengobservasi bagaimana siswa mengingat sebuah pengetahuan dan bagaimana siswa menghasilkan sebuah pengetahuan. Kecerdasan manusia dilihat dari pengetahuan yang dimilikinya dan terlebih penting dilihat dari cara bagaimana seorang individu bertindak (Costa & Kallick, 2000a).

Habits of mind dikembangkan melalui kerja Costa dan Kallick pada tahun 1985 dan selanjutnya dikembangkan oleh Marzano (1992) melalui *Dimensions of Learning*. Pada awalnya Costa pada tahun 1985 membuat artikel mengenai "hierarki berpikir" pada *The Behaviours of Intelligence* (Campbell, 2006). Hierarki berpikir ini meliputi konsep: *thinking skills* (membandingkan, mengklasifikasikan, berhipotesis); *thinking strategies* (memecahkan masalah, membuat keputusan); *creative thinking* (membuat model, berpikir *metaphorical*) dan *cognitive spirit* (berpandangan terbuka, mencari alternatif tidak men-*judgment*). Tulisan ini kemudian direvisi tahun 1991 dalam bukunya *Developing Minds: A Resource Book for Teaching Thinking*. Selanjutnya sejumlah penulis mengembangkan hal yang sama (Marzano, 1992; Meier, 2003; Anderson, 2004; Sizer & Meier, 2004; Campbell, 2006), Karena banyak yang mengembangkan *habits of mind*, maka deskripsi *habits of mind* ini menjadi bermacam-macam. Gambar 2 memaparkan kedudukan *habits of mind* dalam *Dimensions of Learning* yang dikembangkan oleh Marzano (1992) dan Marzano, *et al.* (1993).





Gambar 2. Interaksi Dimensi belajar (Marzano, et al., 1993)

Tugas utama siswa adalah “menggumpulkan dan mengintegrasikan pengetahuannya” (*acquiring and integrating knowledge*) pada dimensi *kedua*. Melalui dimensi ini siswa harus dapat mengintegrasikan pengetahuan baru dan keterampilan-keterampilan yang telah diketahuinya. Disini terjadi proses subjektif berupa interaksi dari informasi lama dan informasi baru. Kemudian sejalan proses waktu, siswa mengembangkan pengetahuan barunya melalui kegiatan yang membantu siswa “memperluas dan menghaluskan pengetahuannya” (*Extending and Refining Knowledge*) pada dimensi *ketiga*, dan pada akhir tujuan pembelajaran, siswa dapat “menggunakan pengetahuan dengan cara bermakna” (*Using Knowledge Meaningfully*) (dimensi *keempat*). Seperti yang terlihat dalam Gambar 2., dimensi kedua, ketiga dan keempat bekerja seperti konser, satu sama lain tidak terpisahkan. Kelima dimensi belajar ini membentuk kerangka yang dapat digunakan untuk mengorganisasi kurikulum, instruksi pembelajaran dan asesmen.

Marzano (1993) membagi *habits of mind* ke dalam tiga kategori yaitu: *self regulation*, *critical thinking* dan *creative thinking*. *Self regulation* meliputi: (a) menyadari pemikirannya sendiri, (b) membuat rencana secara efektif, (c) menyadari dan menggunakan sumber-sumber informasi yang diperlukan, (d) sensitif terhadap umpan balik dan (e) mengevaluasi keefektifan tindakan. *Critical thinking* meliputi: (a) akurat dan mencari akurasi, (b) jelas dan mencari kejelasan, (c) bersifat terbuka, (d) menahan diri dari sifat impulsif, (e) mampu menempatkan diri ketika ada jaminan, (f) bersifat sensitif dan tahu kemampuan temannya. *Creative thinking* meliputi: (a) dapat melibatkan diri dalam tugas meski jawaban dan solusinya tidak segera nampak, (b) melakukan usaha semaksimal kemampuan dan pengetahuannya, (c) membuat, menggunakan, memperbaiki standar evaluasi yang dibuatnya sendiri, (d) menghasilkan cara baru melihat situasi yang berbeda dari cara biasa yang berlaku pada umumnya.

Habits of mind memerlukan banyak keterampilan majemuk, sikap, pengalaman masa lalu dan kecenderungan. Hal ini berarti bahwa kita menilai satu pola berpikir terhadap yang lainnya. Oleh karena itu hal tersebut menunjukkan bahwa kita harus memiliki pilihan pola mana yang akan digunakan pada waktu tertentu. Termasuk juga kemampuan apa yang diperlukan untuk mengatasi sesuatu di lain waktu, sehingga *habits of mind* dijabarkan sebagai berikut. Pertama, *value*, memilih menggunakan pola perilaku cerdas daripada pola lain yang kurang produktif; (b) *Inclination*, kecenderungan, perasaan dan tendensi untuk menggunakan pola perilaku cerdas; (c). *Sensitivity*, tanggap terhadap kesempatan dan kelayakan menggunakan pola perilaku; (d) *Capability*, memiliki keterampilan dasar dan kapasitas dalam hubungannya dengan perilaku; (e) *Commitment* adalah secara konstan berusaha untuk merefleksi dan meningkatkan kinerja pola perilaku cerdas (Costa & Kallick, 2000a; Costa & Kallick, 2000b).

Hasil penelitian para ahli (Feuerstein, 1980; Glatthorn dan Baron, 1995; Stenberg, 1985; Perkins, 1985; Ennis, 1985 dalam Marzano, et al., 1993) yang meneliti tentang berpikir efektif dan berperilaku cerdas, menunjukkan bahwa ada karakteristik khas seorang pemikir efektif. Kemampuan berpikir efektif dan berperilaku cerdas tidak hanya dimiliki oleh para saintis, seniman, ahli matematika ataupun orang kaya, tetapi juga dimiliki oleh tukang bengkel, guru, pengusaha, pedagang kaki lima dan orang tua serta semua



orang yang menjalani kehidupan. Perilaku cerdas jarang tampak pada orang yang mengisolasi diri, karena kecerdasan perilaku ini akan muncul bila digunakan dalam menghadapi situasi kompleks yang menuntut berperilaku jamak. Sebagai contoh seseorang yang sedang mendengarkan kuliah dengan seksama, orang tersebut menggunakan kemampuan *flexibility*, metakognisi, bahasa yang tepat dan pertanyaan-pertanyaan (Anwar, 2005).

Costa dan Kallick (2000a) mendeskripsikan 16 indikator *habits of mind* yang merupakan karakteristik yang muncul ketika manusia berhadapan dengan masalah yang pemecahannya tidak segera diketahui. Sebenarnya tidak hanya 16 indikator ini yang ada pada kecerdasan manusia, akan tetapi lebih banyak dari ini. Ke 16 indikator yang diajukan oleh Costa dan Kallick (2000a) ditabelkan oleh Campbell (2006) sebagai berikut.

Tabel 1. Deskripsi dari *Habits of Mind*

No.	<i>Habits of Mind</i>	Deskripsi
1.	<i>Persisting</i>	Tekun mengerjakan tugas sampai selesai. Tidak mudah menyerah
2.	<i>Managing impulsivity</i>	Menggunakan waktu untuk tidak tergesa-gesa bertindak
3.	<i>Listening with understanding and empathy</i>	Mau menerima pandangan orang lain
4.	<i>Thinking flexibly</i>	Mempertimbangkan pilihan dan dapat mengubah pandangan
5.	<i>Metacognition</i>	Berpikir tentang berpikir, Menjadi lebih peduli terhadap pikiran, perasaan dan tindakan dan memperhitungkan pengaruhnya pada yang lain
6.	<i>Striving for accuracy</i>	Menetapkan standar yang tinggi dan selalu mencari cara untuk meningkat
7.	<i>Questioning and problem posing</i>	Menemukan pemecahan masalah. Mencari data dan jawaban
8.	<i>Applying past knowledge to new situations</i>	Mengakses pengetahuan terdahulu dan mentranfer pengetahuan ini pada konteks baru
9.	<i>Thinking and communicating with clarity and precision</i>	Berusaha berkomunikasi lisan dan tulisan secara akurat
10.	<i>Gathering data through all sense</i>	Memberikan perhatian thd sekeliling melalui rasa, sentuhan, bau, pendengaran, penglihatan
11.	<i>Creating, imagining and innovating</i>	Memiliki ide-ide dan gagasan baru
12.	<i>Responding with wonderment and awe</i>	Mempunyai rasa ingin tahu terhadap misteri di alam
13.	<i>Taking responsible risk</i>	Mengambil resiko secara bertanggungjawab
14.	<i>Finding humour</i>	Menikmati ketidaklayakan dan yang tidak diharapkan, menyenangkan.
15.	<i>Thinking interdependently</i>	Dapat bekerja dan belajar dengan orang lain dalam tim
16.	<i>Remaining open to continuous learning</i>	Tetap berusaha terus belajar dan menerima bila ada yang tidak diketahuinya

Apabila kita cermati indikator-indikator dari *habits of mind* yang dikemukakan oleh Marzano (1993) serta Costa dan Kallick (2000a), terlihat bahwa indikator-indikator tersebut membekali individu dalam mengembangkan kebiasaan mental yang menjadi tujuan penting pendidikan agar siswa dapat belajar mengenai apapun yang mereka inginkan dan mereka butuhkan untuk mengetahui segala yang berkaitan dengan hidupnya. Bahkan Costa dan Kallick (2000) dan Campbell (2006) mengklaim *habits of mind* sebagai karakteristik perilaku berpikir cerdas yang paling tinggi dalam memecahkan masalah dan merupakan indikator kesuksesan dalam akademik, pekerjaan dan hubungan sosial. Menurut Sriyati (2011) sejumlah peneliti mengklaim bahwa *habits of mind* dapat membantu siswa untuk melakukan *self regulation* dalam belajarnya dan menemukan solusi dalam hubungan sosial dan tempat bekerjanya.

Habits of Mind dan Asesmen Formatif

Pemberian asesmen formatif terutama umpan balik secara umum dapat memotivasi belajar mahasiswa, mendorong mahasiswa untuk tertarik pada topik yang diajarkan, meningkatkan hasil belajar, menimbulkan optimisme, kepercayaan diri dan apresiasi dari mahasiswa, *self regulating learning*, dapat mengembangkan potensi metakognisi, berani mengambil resiko (bila umpan balik diberikan dengan benar). Apabila kita cermati dampak positif yang ditimbulkan dari pemberian asesmen formatif, aspek-aspek di atas merupakan hal-hal yang juga dikembangkan pada *habits of mind*. Dengan demikian dapat dipastikan bahwa ada keterkaitan antara asesmen formatif dan *habits of mind*. Berbagai bentuk asesmen formatif yang sudah dibahas sebelumnya yang meliputi asesmen berbasis kinerja dalam proyek dan penyelidikan, jurnal ilmiah (laporan praktikum dan gambar), portofolio, bagan konsep, dan tanya jawab dapat diterapkan pada mahasiswa dalam upaya mengembangkan *habits of mind* nya.



Asesmen formatif diinterpretasikan sebagai semua cakupan berkaitan dengan aktivitas yang dilakukan guru dan atau siswa yang menyediakan informasi yang digunakan sebagai umpan balik untuk memodifikasi aktivitas pembelajaran dengan pihak-pihak yang terlibat (Black dan William, 1998).

Asesmen formatif menurut para ahli merupakan asesmen interaktif (guru dan siswa) yang dilakukan selama proses pembelajaran. Asesmen formatif bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kekuatan dan kelemahan pembelajaran yang telah dilakukan dan menggunakan informasi tersebut untuk memperbaiki, mengubah atau memodifikasi pembelajaran agar lebih efektif dan dapat meningkatkan kompetensi siswa (Popham dan Shepard, 2006; Black dan William, 1998). Lebih lanjut ditekankan bahwa agar asesmen formatif lebih efektif, karena guru harus terampil dalam menggunakan strategi asesmen yang bervariasi. Strategi asesmen tersebut bisa berupa observasi, diskusi siswa, portofolio, *performance task*, rubrik, umpan balik dan *self assessment*. Guru dituntut untuk memiliki pemahaman mendalam mengenai proses formatif dan penerapan "*scaffolding*" pada pembelajaran sains.

Berkaitan dengan asesmen formatif, Sadler (1989) menekankan pada tugas siswa dalam menghilangkan *gap* yang terjadi antara pemahaman dan tujuan pembelajaran. *Self assessment* merupakan hal penting yang harus dilakukan oleh siswa dalam upaya menyadari adanya *gap* tersebut. Guru berperan untuk mengkomunikasikan tujuan pembelajaran dan mendorong siswa untuk melakukan *self assessment* dalam upaya mencapai tujuan tersebut. Umpan balik perlu dilakukan di dalam kelas oleh guru dan siswa secara timbal balik.

Pendapat lain mengenai asesmen formatif disampaikan oleh *Assessment Reform Group* (2002). Asesmen formatif melibatkan proses mencari dan menginterpretasikan bukti-bukti yang digunakan siswa dan guru untuk memutuskan posisi siswa dalam pembelajarannya, kemana siswa perlu melangkah dan bagaimana cara terbaik untuk mencapainya.

Popham (2011) mendefinisikan asesmen formatif sebagai proses yang direncanakan yang memerlukan bukti-bukti asesmen siswa. Bukti-bukti asesmen tersebut digunakan guru untuk menyesuaikan langkah-langkah pembelajaran yang sedang berjalan atau digunakan siswa untuk menyesuaikan strategi belajarnya. Dari definisi tersebut Popham menekankan pada proses mengumpulkan bukti-bukti berbasis asesmen dan menggunakan bukti-bukti ini untuk membuat perbaikan. Lebih lanjut Popham menyebutkan bahwa asesmen formatif merupakan suatu strategi pembelajaran.

Pengertian-pengertian asesmen formatif yang telah dipaparkan di atas mengandung pesan kunci bahwa asesmen formatif menggunakan informasi yang diperoleh untuk meningkatkan pembelajaran. Black dan William (1989) dalam *Inside the black box* mengidentifikasi lima faktor kunci yang dapat meningkatkan pembelajaran melalui asesmen. Kelima faktor kunci tersebut adalah: (a) menyediakan umpan balik yang efektif untuk siswa, (b) secara aktif melibatkan siswa dalam pembelajaran, (c) mengatur pembelajaran yang memungkinkan siswa memperoleh nilai baik ketika dilakukan asesmen, (d) memperkenalkan pengaruh besar asesmen terhadap motivasi dan *self-esteem* siswa (keduanya krusial untuk pembelajaran, dan (e) mempertimbangkan kebutuhan siswa untuk meng-*assess* dirinya sendiri dan untuk memahami bagaimana cara meningkatkan hasil belajarnya.

Adapun aspek-aspek yang menjadi prinsip utama dari asesmen formatif dikemukakan oleh beberapa tokoh. *Assessment Reform Group* (2002) dan Suratno (2007) merinci prinsip-prinsip utama asesmen formatif. *Pertama*, asesmen formatif merupakan bagian dari pembelajaran yang efektif. *Kedua*, asesmen formatif memfokuskan pada bagaimana siswa belajar dan merupakan inti dari proses pembelajaran serta sekaligus kunci utama profesionalisme guru. *Ketiga*, sebaiknya dipertimbangkan aspek sensitivitas dan umpan balik yang konstruktif. *Keempat*, asesmen formatif menekankan pada peningkatan motivasi belajar siswa dan menekankan pada pengembangan kapasitas penilaian diri. Terakhir asesmen formatif ditujukan untuk mencapai seluruh pencapaian pendidikan secara holistik.

Dua hal utama yang secara terus menerus dapat diperbaiki dalam asesmen formatif untuk meningkatkan proses, hasil dan standar pendidikan adalah: (a) umpan balik dalam asesmen formatif, dan (b) swa asesmen (*self assessment*) (Zainul, 2008). Adapun menurut Black *et al.*, (2004) ada empat strategi dasar dalam asesmen formatif. Keempat strategi dasar tersebut adalah: (a) bertanya (*questioning*), (b) memberi umpan balik melalui komentar (*marking*), (c) menilai diri (*self assessment*) dan menilai teman sebaya (*peer assessment*), dan (d) menjadikan penilaian sumatif seperti penilaian formatif.

Tugas tulisan ilmiah seperti laporan praktikum memberikan kesempatan pada siswa untuk menuangkan hasil penyelidikan, observasi, hipotesis dan kesimpulan tentang suatu fenomena sains (Lowery, 2000; Mui, 2004). Melalui tulisan yang dibuatnya, siswa dapat menggambarkan dan memahami fenomena melalui pengalamannya (Shepardson, 1997; Mui, 2004). Gambar atau tulisan ilmiah mempunyai



potensi membantu siswa membuat pengamatan, mengingat peristiwa dan dapat mengkomunikasikan apa yang dipahaminya (Shepardson & Britsch, 2000; Mui, 2004).

Peta konsep dapat digunakan untuk tujuan asesmen formatif dan asesmen sumatif pada pembelajaran sains. Penggunaan peta konsep dalam pembelajaran dipelopori oleh Novak dan Gowin (1985) didasarkan atas teori belajar Ausubel (Dahar, 1996). Peta konsep digunakan untuk menyatakan hubungan yang bermakna antara konsep-konsep dalam bentuk proposisi-proposisi. Proposisi-proposisi merupakan dua atau lebih konsep-konsep yang dihubungkan oleh kata-kata dalam suatu unit semantik (Novak dan Gowin, 1985; Dahar, 1996).

Peta konsep dapat mengukur atau merefleksikan tingkat berpikir yang kompleks sama seperti tugas-tugas tulisan ilmiah, proyek sains, penyelidikan ilmiah, dan berbagai metode asesmen lainnya. Peta konsep dapat membantu siswa untuk mengorganisasi sejumlah konsep, dan mempelajari konsep dengan lebih bermakna. Peta konsep dapat memperlihatkan kaitan antar konsep, dan memperlihatkan proposisi yang tepat atau miskonsepsi siswa (Dahar, 1996). Pendapat lain berkaitan dengan peta konsep yang dihimpun oleh Mui (2004) adalah: "Kelebihan dari peta konsep adalah bahwa peta konsep bersifat formatif dan dengan segera dapat dilengkapi" (Hollin & Whitby, 1998). Peta konsep dapat digunakan dalam aktivitas di dalam kelas, karena siswa dapat dengan cepat memperoleh umpan balik mengenai kedalaman pemahaman konsepnya atau dapat juga meng-assess tujuan pembelajaran khusus yang tidak selalu harus diuji dengan *paper and pencil test*.

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. 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 antara 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.

Pada kesempatan mengolah data hasil tiga periode TIMSS (Rustaman, 2009) ditemukan bahwa anak-anak Indonesia tidak terbiasa dengan soal-soal yang diberi informasi berupa data/gambar/grafik/tabel untuk diolah lebih lanjut untuk dapat menjawab soal-soal yang terkait dengankurikulum negara peserta. Kemampuan mereka tentang komponen *scientific inquiry*-nya sangat minim, padahal sudah sejak kurikulum 1984 ditekankan pada pengembangan keterampilan proses sains (KPS). Bahkan pada GBPP Kurikulum 1994 sangat dibantu bagaimana melaksanakan pembelajaran sains yang mengembangkan KPS di sekolah menengah pertama, dan menggunakan KPS di sekolah menengah umum. Kurikulum berbasis kompetensi dan Kurikulum tingkat satuan pendidikan (KTSP) tidak mengubah sistem penilaiannya. Sekolah-sekolah yang pembelajaran sainsnya sesuai dengan hakikat Sains dan hakikat pembelajaran sainsnya lebih "survive".

Tampaknya pembelajaran dengan strategi yang memperhatikan keunikan masing-masing siswa, yaitu menerapkan kurikulum yang melibatkan aspek kecerdasan majemuk manusia (*multiple intelligences*). Selain itu diperlukan lingkungan belajar yang hangat dan kondusif untuk belajar bagi anak Indonesia.

Pengembangan Kecerdasan Majemuk untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif Tingkat Tinggi (Higher Order Cognitive level)

Asumsi adanya potensi kecerdasan majemuk pada anak muncul berdasarkan paradigma bahwa setiap anak yang lahir telah memiliki potensi genius. Setiap anak dilahirkan dengan kemampuan tertentu, dengan kekaguman tertentu, keingintahuan, spontanitas, vitalitas, fleksibilitas (Armstrong, 2003). Anak kecil akan secara langsung menguasai sistem simbol yang rumit, otak cemerlang, kepribadian sensitif dan akselerasi terhadap setiap simulasi, tanpa pendidikan formal.

Menurut Gardner kecerdasan anak bukan hanya berdasarkan pada standar skor semata (tes IQ) melainkan dengan ukuran (1) kemampuan menyelesaikan masalah yang terjadi dalam kehidupan individu; (2) kemampuan menghasilkan persoalan-persoalan baru untuk diselesaikan; (3) kemampuan menciptakan



sesuatu atau memberikan penghargaan dalam budaya seseorang. Gardner mengembangkan teori kecerdasan majemuk yang sebelumnya hanya dilihat dari segi linguistik dan logika. Padahal ada berbagai kecerdasan dan orang-orang dengan kecerdasan tipe lain yang tidak diperhatikan.

Gardner memperluas lingkup potensi manusia melampaui batas nilai IQ melalui teori Kecerdasan Majemuk (*Multiple intelligencies*). Kecerdasan majemuk adalah kemampuan untuk memecahkan masalah atau menciptakan suatu produk yang efektif atau bernilai dalam suatu latar belakang tertentu. Gardner memetakan lingkup kemampuan manusia yang luas menjadi delapan (8) kategori yang komprehensif atau delapan "kecerdasan dasar", yaitu: kecerdasan visual-spatial (i), kecerdasan tubuh/kinestetik (ii), kecerdasan logika matematis (iii), kecerdasan musikal-ritmik (iv), kecerdasan verbal-bahasa (v), kecerdasan interpersonal (vi), kecerdasan intrapersonal (vii), dan kecerdasan naturalis (viii). (Kecerdasan existensial: Peka terhadap keberadaan manusia, masih diperdebatkan)

Lazear (2004) mencoba menggabungkan antara taksonomi Bloom dengan kecerdasan majemuk dan berpendapat bahwa setiap kecerdasan tersebut mempunyai taksonomi kemampuan kognitif yang unik. Apabila pendidik ingin meningkatkan tingkat pembelajaran dan penuntasan kurikulum bagi siswanya, maka pendidik sebaiknya memberdayakan semua kecerdasan/intellegensi ini sesuai dengan urutan berpikir tingkat tinggi.

Perkembangan setiap kecerdasan dapat ditransformasikan ke dalam taksonomi kemampuan kognitif. Disajikan dalam bentuk tabel yang menjelaskan proses berpikir di dalam pikiran ke dalam domain kecerdasan yang berbeda pada tingkat pemikiran yang berbeda berdasarkan pada versi sederhana taksonomi Bloom. Dikemukakan tingkatan berpikir tingkat tinggi (HOT): mengumpulkan dan memahami pengetahuan dasar, pemrosesan dan analisis informasi, serta penalaran dan berpikir tingkat tinggi.

Mengumpulkan dan memahami pengetahuan dasar

Pada tingkatan ini terutama memperhatikan pembelajaran dan pemahaman fakta dasar, lambang, definisi, komponen, membedakan informasi, dan konsep yang berhubungan terhadap topik spesifik. Level ini merupakan awal seseorang belajar, tetapi sayangnya dalam pendidikan formal tingkat ini juga sering merupakan akhir pembelajaran. Ada asumsi yang salah bahwa seseorang yang mengingat fakta dasar, lambang simbol, definisi, komponen, perbedaan informasi, dan konsep, dan dapat mereproduksinya dalam bentuk yang dibutuhkan, telah terdidik.

Pengumpulan dan memahami pengetahuan yang secara umum terlibat seperti:

- Menuntaskan istilah dan konsep inti dari konten pada unit tertentu;
- Mengingat fakta kunci, simbol, data yang akan digunakan selama unit tersebut;
- Belajar bagaimana menunjukkan proses tertentu atau operasi pada intisari konten;
- Memahami klasifikasi tertentu atau pengelompokan informasi;
- Ringkasan atau menjelaskan konsep terhadap orang lain.

Pemrosesan dan analisis informasi

Setelah mempunyai informasi dasar yang disyaratkan tentang topik, seseorang dapat menghimpun data. Ini merupakan tingkatan pemikiran yang meminta siswa untuk berpikir dan menemukan bagaimana informasi yang berbeda yang telah dikumpulkannya tersebut berhubungan satu sama lain. Mereka belajar tentang hakekat dinamika informasi. Mereka menganalisis bagian mana yang tergantung pada bagian lain, dan bagian yang mana yang bebas. Mereka belajar bagaimana menghubungkan pembelajaran yang baru ke pengetahuan sebelumnya dan mempelajari yang mungkin akan terjadi dalam konten area yang sangat berbeda. Dengan demikian mereka memulai proses pencarian kapan dan bagaimana informasi yang baru mungkin akan berguna.

Pemrosesan dan analisis informasi secara umum terlibat dengan:

- Bertanya tentang pengumpulan informasi, seperti: darimana ini berasal atau bagaimana hal itu ditemukan?
- Memisahkan informasi kedalam bagian-bagian, dan belajar bagaimana setiap bagian berkontribusi terhadap keseluruhan.
- Belajar bagaimana dan mengapa proses tertentu, operasi, konsep, dan sebagainya sangat penting dalam konten area yang sedang dipelajari.
- Membandingkan dan menkonstraskan perbedaan bagian informasi.
- Meneliti bagaimana orang lain menggunakan informasi di luar *setting* pendidikan formal.
- Mengeksplor hubungan antara informasi ini dengan bidang lain dalam kurikulum sekolah.



Penalaran dan berpikir tingkat tinggi

Beberapa peneliti keterampilan berpikir menyarankan bahwa level ini merupakan asesment utama dari apa yang terjadi pada pembelajaran dalam suatu unit pelajaran. Apakah siswa mengetahui apa yang harus dilakukan dengan informasi di luar situasi akademik formal. Dapatkah mereka mengaplikasikannya? Apakah mereka melihat hubungan antara apa yang seharusnya diajar dan pengetahuan sebelumnya? Apakah mereka mampu menginvestasikan pengetahuan yang diperlukannya dengan makna personal sehingga hal itu menjadi bagian dari hidupnya. Dapatkah mereka menggunakan pengetahuan atau informasi ini untuk menciptakan pengetahuan dan informasi? Level ini merupakan level yang memberdayakan siswa untuk memberikan kontribusi efektif dan produktif terhadap masyarakatnya. Pada level ini siswa memperoleh nilai dan belajar bertanggungjawab untuk menciptakan masa depannya.

Mensintesis dan mengevaluasi (inti urutan berpikir lebih tinggi) umumnya meliputi :

- Mengeksplor personal implikasi dari informasi (hasil belajar): bagaimana informasi ini akan membuat hidup saya berbeda?
- Mengartikulasikan perbedaan dalam perspektif: bagaimana informasi ini telah mengubah pemahaman diri saya dan dunia saya?
- Membuat penilaian personal tentang kepentingan informasi relatif terhadap diri seseorang.
- Membuat rencana bagaimana menggunakan informasi dalam kehidupan sehari-hari.
- Mengintegrasikan informasi dengan pengetahuan atau informasi lain.

Tabel 1. Aplikasi Taksonomi Bloom dalam Kecerdasan Majemuk

Tingkatan Berpikir	Aspek-aspek dan aktivitas pada level	Proses berpikir untuk merangsang tingkatan berpikir
Higher –order thinking	<p>Mensintesis :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan pengetahuan untuk menghasilkan komunikasi baru • Merancang rencana untuk menggunakan, mengimplementasikan, atau mengaplikasikan pengetahuan • Mengumpulkan intisari relasi dan hubungan terhadap pengetahuan lain <p>Mengevaluasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyelidiki bukti internal dan konsistensi informasi yang dipelajari • Menyelidiki bukti eksternal dan konsistensi informasi yang dipelajari • Menginvestasi pembelajaran dengan kepentingan dan kebermaknaan personal 	<p>Merancang, merancang kembali, menggabungkan; Menambahkan, menyusun, membuat hipotesis, membangun, membayangkan, membuat kesimpulan jika...maka; Mengintegrasikan dengan hasil belajar yang lain, menciptakan, mengaplikasikan.</p> <p>Menginterpretasikan, menilai(menksir), mengkritisi; Memutuskan, memperkirakan, meramalkan, berspekulasi; Menjelaskan pentingnya, menceritakan makna personal</p>
Memproses dan menganalisis informasi	<p>Memproses:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan informasi yang dipelajari dalam situasi dan nyata dan spesifik • Memahami dinamika atau prosedur inherent dalam informasi • Memahami pentingnya informasi dan mengetahui kapan akan menggunakannya <p>Menganalisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Memecah informasi yang dipelajari ke dalam elemen-elemen kunci nya - Menganalisis hubungan antarelemen kunci - Menganalisis organisasi prinsip informasi 	<p>Mengaplikasikan, memecahkan masalah, melakukan percobaan, membedakan, memilih, menafsirkan, menjelaskan menghafal, memutuskan, membandingkan, dan mengkontraskan</p> <p>Menghubungkan, mengaitkan, membedakan, mengklasifikasikan, menyusun, mengelompokan, menginterpretasikan, mengorganisasikan, meng-kategorikan, mengambil bagian, menganalisis</p>
Mengum-pulkan dan memahami penge-tahuan dasar	<p>Mengumpulkan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belajar fakta khusus, lambang, dan pengetahuan - Belajar untuk memanipulasi pengetahuan - Belajar struktur dan teori dasar pengetahuan <p>Memahami:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parafrasing atau mentranslasikan pengeta-huan yang dikumpulkan - Menjelaskan informasi ke seseorang - Mengekstrapolasi dari kepingan khusus informasi 	<p>Mendefinisikan, mengorganisasikan kembali, mengingat, mengidentifikasi label, memahami, menyelidiki, membuat kategori, menunjukkan, memperlihatkan, mengumpulkan, mengurutkan, membuat klasifikasi, menjodohkan, menghitung</p> <p>Menerjemahkan, mengatakan dengan kata-kata sendiri; Menjelaskan kepada seseorang, menjelaskan, meringkas, mendemonstrasikan</p>



Mengaplikasikan Taksonomi Bloom dengan *Multiple Intelligence*

Keuntungan lengkap aplikasi ini adalah siswa mendapat kesempatan untuk memahami kecerdasannya sendiri, atau cara untuk mengetahui sesuatu, dan diberikan kesempatan yang sering untuk menggunakannya dalam pelajaran. Hal ini tidak saja akan membuat mereka aktif terlibat dengan apa yang sedang mereka pelajari, tetapi mereka juga membuat banyak hubungan personal dengan apa yang sedang mereka pelajari, yaitu dengan mengkaji kebermaknaan. Membelajarkan siswa tentang perbedaan kecerdasan dan bagaimana menggunakannya memberikan "alat" bagi mereka agar sukses di sekolah, dan juga di luar sekolah.

Contoh penerapan bentuk –bentuk kecerdasan personal: Interpersonal dan Intrapersonal

Konsekuensi dari kecerdasan dengan keperluannya untuk mengajar siswa secara eksplisit keterampilan kolaborasi sosial adalah bahwa kita harus berlatih dan praktik menggunakan kapasitas inti kecerdasan intrapersonal secara sadar dan cermat, jika kita mau memperkuatnya dalam diri kita sendiri. Oleh karena itu, ketika kita bekerja dengan kemampuan kognitif kecerdasan intrapersonal, pertamakali harus punya minat dan mengutamakan keterlibatan siswa dalam pengalaman pembelajaran yang kooperatif, yaitu pengalaman dimana mereka sebagai sebuah kelompok mereka mencapai lebih jika mereka hanya bekerja sendiri. Menciptakan situasi kebersamaan otentik dalam kelas akan dengan cepat menggerakkan siswa pada taksonomi fungsi tingkat tinggi kecerdasan ini.

Tabel 2 Aplikasi taksonomi kognitif pada kecerdasan interpersonal

Taxonomi tingkat kognitif	Kemampuan Kecerdasan Interpersonal				
	<i>Empathetic processing</i>	<i>Giving feedback</i>	<i>Listening to others</i>	<i>Team building</i>	<i>Inquiry & Questioning</i>
Higher Order thinking & Reasoning Menggunakan pemahaman hubungan manusia yang mendalam dan dinamika proses kelompok untuk membangun konsesus kelompok, manage konflik, dan mengembangkan tingkat kepekaan dan kepedulian manusia secara mendalam	Berbicara dengan baik dari perspektif partner, mencoba menilai, mengubah, atau memperluas respons partner	Memberikan umpan balik melalui dialog yang asli dengan anggota tim dimana respons digali dan diselidiki untuk pemahaman menyeluruh	Secara akurat menginterpretasikan komunikasi orang lain dan bertindak atau menggunakan komunikasi ini	Bertanggung-jawab terhadap tim, tidak hany melakukan bagiannya tetapi juga membantu melakukan pekerjaan orang lain	Mengidentifikasi respons akurat dengan mempertanyakan untuk meyakinkan bahwa yang menjawab betul-betul memahami konsep
Information Analysis & Processing: Mengerjakan hubungan yang relatif kompleks dan ketrampilan inter-personal utk menggali pemahaman orang lain & memperoleh makna hubungan manusia di antara orang-orang.	Mengkomunikasikan jawaban/respons partner, dan menyertakan perspektif partner untuk akurasi	Ketika memberikan umpan balik, bertanya kepada anggota tim untuk memperluas dan kejelasan respons awal/jawaban	Memahami makna dan implikasi apa yang dikatakan oleh orang lain	Dalam bekerja, melebihi apa yang ada dalam petunjuk dan yang diperlukan oleh kelompok	Mengenali respons akurat terhadap pertanyaan bahkan ketika respons dikatakan/diucapkan secara berbeda dari konsep orisinalnya
Gathering basic Knowledge: Menggunakan keterampilan interpersonal dasar seperti mendengar-kan, berpartisipasi dalam kerja kelompok, dan mengajak orang lain	Secara akurat mengulang jawaban/respons yang diberikan oleh partner	Menghubungkan umpan balik & evaluasi terhadap informasi apakah cocok dengan informasi awal	Mengulang secara akurat apa yang telah dikatakan oleh orang lain	Melakukan pekerjaan bagianya persis seperti yang diminta oleh gurunya	

PENELITIAN DALAM BIDANG SAINS

Penelitian yang baik biasanya adalah penelitian yang belum diketahui jawabannya. Hasil penelitian semacam itu seringkali memberikan teori yang mendasar (*grounded theory*) yang belum ada sebelumnya. Dalam penelitian pendidikan sering digunakan penelitian yang bersifat pengembangan. Penelitian semacam itu lebih dikenal sebagai R & D (*research and development*). Pada awalnya program atau model yang dikembangkan belum diketahui pasti hasilnya. Sambil dilakukan ujicoba, dilakukan perbaikan-perbaikan. Ujicobanya dilakukan bertahap, mulai dari ujicoba terbatas hingga ujicoba diperluas, dan sangat diperluas.



Penelitian pendidikan pada umumnya tidak dapat dikendalikan sepenuhnya, sehingga kondisi tidak dapat dikendalikan, apalagi terdapat keterbatasan dalam implementasinya. Dengan demikian penelitian pendidikan sangat baik dilaksanakan melalui pendekatan naturalistik atau dalam *natural setting*.

Penelitian pendidikan sains diupayakan yang bermanfaat bagi kehidupan. Penelitian pendidikan sains tidak terbatas pada penelitian di dalam kelas tentang pembelajaran. Banyak aspek lain yang dapat diangkat menjadi penelitian pendidikan sains, seperti kearifan lokal yang ditransfer dalam kelompok-kelompok budaya tertentu dari satu generasi ke generasi berikutnya. Selain itu keanekaragaman hayati dihubungkan dengan pemanfaatannya oleh kelompok budaya setempat. Bahkan aspek pendidikan dari biokonservasi, atau aspek biologi dari konsep konservasi (bilangan, luas, volume) menurut Piaget & Inhelder masih terbuka lebar untuk diteliti. Belum lagi bagaimana membelajarkan sesama guru melalui program *lesson study*, pemberdayaan dokumen lokal di suatu masyarakat tertentu. Pemberdayaan bahan dasar setempat sebagai *teaching material*, atau pemanfaatan IT (*information technology*) sebagai pembelajaran berbantuan komputer, program animasi, dan pengembangan media elektronik untuk konsep-konsep sains biologi yang abstrak (genetika sel ultra-struktur), yang prosesnya memerlukan waktu lama (evolusi, perkembangan embrio), atau waktunya terlalu singkat (pembelahan sel), atau cakupannya terlalu luas (biosfer).

Penelitian sains memungkinkan dilakukan dalam *natural setting*, yang pendekatannya sering dikenal dengan naturalistik (*naturalistic inquiry*). Kearifan masyarakat Bali dalam membuat bangunan dan menggunakan peralatan untuk kehidupan sehari-hari, termasuk lingkup penelitian sains. Pembuatan soal-soal Literasi sains dalam konteks budaya Bali merupakan contoh lingkup penelitian pendidikan sains. Peran budaya lokal dalam pembentukan sains siswa di suatu kelompok budaya dapat pula menjadi isu penelitian sains, misalnya dalam biologi: Studi naturalistik pembentukan sains siswa kelompok budaya Sunda tentang fotosintesis dan respirasi tumbuhan dalam konteks sekolah dan lingkungan pertanian (Djulia, 2005); Pengenalan kelompok budaya tertentu tentang warna, kemampuan klasifikasi logis anak usia sekolah dasar (Rustaman, 1990). Dalam studi yang lain diperoleh temuan bagaimana *quality assurance* terjadi atau ditemukan dalam pendidikan nonformal sebagai paraji di masyarakat tertentu yang turut membentuk karakter orang-orang yang ikut menjadi pendamping atau magang.

Penelitian untuk Pembelajaran Bermakna (Inkuiri, Multi Media Interaktif)

Penelitian pendidikan biologi untuk pengajaran sudah sejak dulu memfokuskan pada penguasaan konsep. Biasanya penguasaan konsep yang merupakan hasil utama pendidikan (termasuk biologi dan sains lainnya) diberikan dalam bentuk jadi. Siswa seyogianya diajak untuk membangun atau mengkonstruksi konsep berdasarkan pengalaman dan pemaknaan terhadap fakta atau pengalaman tersebut, atau siswa diajak menginterpretasi sejumlah informasi yang diperoleh sebagai data sekunder. Dengan kata lain sangat penting dilakukan penelitian untuk pengajaran yang menekankan pada penguasaan konsep dengan cara yang benar sehingga bermakna untuk bekal mempelajari konsep lain yang lebih "advanced".

Sudah sejak lama (kurikulum 1975) ditekankan pengajaran yang menekankan pemahaman konsep dan hubungan antarkonsep, serta penggunaan metode ilmiah. Dalam GBPP Kurikulum 1984 dan Kurikulum 1994 pengajaran sains ditujukan untuk mengembangkan keterampilan proses sains (KPS) pada tingkat pendidikan dasar, dan menggunakan keterampilan proses pada tingkat pendidikan menengah (Rustaman, *et al.*, 2003 & 2005). Penelitian untuk pengajaran banyak dilakukan untuk mengukur ketercapaian keterampilan proses dalam pembelajaran biologi. Bagaimana dengan kurikulum berbasis kompetensi (KBK) dan kurikulum tingkat satuan pendidikan (KTSP)? Apakah KPS tidak dipentingkan lagi?

KBK dan KTSP sangat menekankan pengembangan dan pemanfaatan kemampuan (kompetensi) dalam pengajaran di berbagai jenjang. KPS merupakan keterampilan dasar yang memungkinkan pengajaran inkuiri dilakukan di kalangan siswa. Penelitian untuk pengajaran juga sangat diperlukan yang mengembangkan kemampuan (*ability*). *Ability* diartikan sebagai suatu hasil belajar yang kompleks yang memerlukan interaksi antara pengetahuan dan keterampilan secara berulang-ulang sehingga menjadi milik siswa yang mempelajarinya secara internal dan dapat dipanggil (*retrieved*) kembali apabila diperlukan. Pembelajaran yang hanya menekankan pengetahuan atau keterampilan secara terpisah tidak akan membekalkan *ability* bagi siswa yang mengalaminya. Melalui pembelajaran berinkuiri yang bermakna, kemampuan inkuiri dapat dikembangkan, dicapai dan diukur.

Penelitian untuk pengajaran sains perlu dan dapat dimuati unsur pembentukan karakter melalui pengembangan sikap ilmiah (*scientific attitude*). Beberapa jenis sikap ilmiah yang dapat dikembangkan melalui pengajaran sains antara lain meliputi: *curiosity* (sikap ingin tahu), *respect for evidence* (sikap untuk senantiasa mendahulukan bukti), *flexibility* (sikap luwes terhadap gagasan baru), *critical reflection* (sikap



merenung secara kritis), *sensitivity to living things and environment* (sikap peka atau peduli terhadap makhluk hidup dan lingkungan). Penelitian untuk pengajaran sains dapat diintegrasikan dengan penyisipan dan penanaman nilai-nilai sains di dalamnya. Nilai-nilai yang dimaksud antara lain adalah nilai praktis, nilai intelektual, nilai religius, nilai sosial-ekonomi, dan nilai pendidikan.

Berdasarkan penelitian untuk pengajaran yang telah disebutkan di atas dapat dilakukan penelitian melalui pengembangan dan implementasi model-model pengajaran. Terdapat beberapa model pengajaran, tetapi kebanyakan model pengajaran dalam sains merujuk pada rumpun model kognitif atau pemrosesan informasi, dan rujukan konstruktivis.

Masih banyak aspek yang dapat diungkap melalui penelitian pendidikan sains yang terkait dengan pengajaran dengan pendekatan konsep dan media pembelajaran. Untuk pengajaran dengan pendekatan konsep selain dapat mengukur pencapaian, diagnosis kesulitan belajar, dapat mengungkap miskonsepsi dan melakukan remediasi-nya.

Penelitian untuk Pengembangan Berpikir

Pentingnya peranan proses berpikir berdasarkan pandangan biologi dan peranannya dalam pendidikan sains (Rustaman, 2002) mengingatkan kita semua akan adanya hubungan yang erat antara proses berpikir dengan aspek afektif melalui suatu sistem limbik. Sistem Limbik mempunyai peran sebagai pengandali proses berpikir. 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 dan 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 sensoris (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).

Emosi juga dilayani oleh belahan kanan otak besar (selain pusat-pusat sensoris, intuisi, imajinasi, persepsi spasial, kemampuan artistik, kemampuan musikal). Sementara itu belahan otak kiri bertanggung jawab dalam hal bernalar; sebagai tempat pusat-pusat bahasa; kemampuan logika, matematis, dan pidato. Jadi, mengembangkan kemampuan bernalar saja tanpa mengembangkan kemampuan mengendalikan emosi atau kemampuan artistik akan menyebabkan kedua belahan otak tidak berkembang seimbang. Meskipun penelitian yang mengembangkan penalaran lebih banyak dilakukan dalam pendidikan sains dengan menggunakan kerangka kerja tertentu sebagai acuan (seperti Bloom, Norris dan Ennis, Marzano), tetapi sesungguhnya para pakar sudah mengantisipasi eratnya hubungan antara aspek afektif dan kognitif.

Disiplin dalam sains, misalnya Biologi memiliki kekhasan dalam berpikirnya. Dalam fisiologi atau biologi fungsi, orang yang mempelajarinya diminta mengembangkan berpikir sibernetik, sementara dalam sistematika biologi atau taksonomi dikembangkan keterampilan berpikir logis melalui klasifikasi atau klasifikasi logis. Dalam genetika diperlukan berpikir peluang atau probabilitas (khususnya untuk genetika populasi) dan kombinatorial. Sayangnya hal ini semua tampaknya kurang disadari oleh para siswa yang mempelajarinya dan guru-guru sains/biologi pemula.

Dalam studi sains khususnya studi biologi sering dan banyak digunakan istilah-istilah yang pada umumnya berupa istilah latin atau kata yang dilatinkan. Banyaknya istilah latin tersebut menyebabkan kurangnya minat para siswa sekolah menengah untuk memasuki jurusan biologi dan jurusan-jurusan yang menggunakan biologi sebagai ilmu dasarnya. Sebe-narnya istilah tersebut bukan sekedar istilah namun konsep yang sudah disepakati di antara para biologawan, dan istilah-istilah tersebut dapat dikembangkan atau dikombi-nasikan dengan membentuk pengertian yang lebih kompleks atau lebih spesifik. Umpamanya istilah *poda* untuk kaki. Jika ditambahkan awalan *hexa* (yang artinya enam) akan berarti berkaki enam. Jika *Hexapoda* ditulis dengan huruf kapital berarti dia kelompok organisme (dalam hal ini hewan) yang berkaki enam buah dalam tiga pasangan, yaitu kelompok serangga. Dengan demikian penggunaan istilah latin mempersingkat suatu pernyataan, mirip dengan notasi atau simbol dalam matematika, fisika atau kimia. Jadi penggunaan istilah latin untuk mewakili konsep dalam biologi memenuhi prinsip hemat (*parsimoni*) yang perlu dipenuhi oleh suatu ilmu atau teori.



Rustaman (2002) mengemukakan hubungan antara klasifikasi dengan berpikir. Sebagai prosedur yang paling dasar untuk mengubah data agar berfungsi dan prosedur pokok bagi semua penelitian, juga bagi kegiatan mental, klasifikasi diperlukan dalam pengembangan ilmu. Tanpa 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 melakukan klasifikasi sejak bangun tidur hingga pergi tidur kembali. Secara hierarki sudah diketahui bahwa tujuan akhir dari melakukan klasifikasi adalah kemampuan **berpikir fleksibel** (Rustaman, 2001; Rustaman, 1991; Rustaman, 1990). Kemampuan berpikir fleksibel ini dibutuhkan dalam **pengambilan keputusan** dan untuk **menjadi bijaksana**.

Penelitian untuk Mengembangkan Potensi Siswa

Pemetaan teritori baru dalam antarmuka antara *Science and Ethics*, dan antara *Science and Virtue* dalam suatu studi bagaimana *the scientific mentality* dapat mempengaruhi pembangunan karakter atau pencapaian kebijakan atau kearifan (“virtue”) oleh individu-individu. Pembangunan karakter dapat dimulai (inspirasi) dari *virtue-ethics* dan *virtue-epistemology*. Caruana (2006) berargumentasi bahwa sains meruoakan suatu sistem pengetahuan dan sekaligus juga suatu faktor penting yang menentukan “*a way of life*”.

Dalam bukunya Caruana (2006) mengemukakan bukti-bukti strategi normal dalam “*the science-ethics realm of examining specific ethical dilemmas*” yang dihadapi oleh inovasi ilmiah, yang terkait dengan isu-isu yang lebih mendasar. Caruana menambahkan dan mencoba mengungkap (*uncover*) kecenderungan-kecenderungan signifikan secara moral dengan hal yang paling inti dengan *scientific mentality* dan menjelaskan bagaimana sains dengan metodenya, sejarah dan daya eksplanasinya dapat membentuk “*a conception of the good life*”.

Virtue berarti kebijakan, kearifan dapat diartikan sebagai keterkaitan antara intelektual dan kehidupan sosial dapat ditemukan kembali dan dilestarikan fungsinya. Sains dan Teknologi terdapat di mana-mana di seluruh penjuru dunia. Apakah sains bebas nilai? Bagaimana penerapannya? Dalam suatu realita secara budaya suatu komunitas yang seragam mencerminkan suatu pembentukan karakter terhadap pencapaian kebijakan atau kearifan, dan menjanjikan sesuatu yang dapat membuahkan hasil yang bermanfaat dalam pandangan “*rediscovering*” aspirasi komunitas global sebagai “*regards of good life*”.

Dapat dikatakan bahwa suatu perubahan bergantung pada cara bagaimana seseorang berdasarkan observasi yang merupakan ciri keyakinan secara religius dan filosofis dari sains dan teknologi betul-betul ditampilkan oleh mereka sendiri dalam menyikapi dunia, alam, lingkungan. Jadi sangat beralasan jika diasumsikan bahwa cara pandang manusia secara individual sangat bergantung atau dipengaruhi oleh sains dan deskripsi dunia/ alam/lingkungan sebagaimana dijamin secara dinamis oleh metode-metode atau cara-cara kerjanya. Caruana mengutip pendapat Peter Lombard yang mengemukakan: “*virtues are good qualities of mind which dispence us to live rightly, which we cannot misuse, and which God works in us without our help*”. Bahkan apabila disimak pendapat St Thomas Aquinas berikut: ... *that the term “quality” in this definition can be substituted by “disposition” so as to give a more precise genus, and hence a better definition*”, maka kualitas terkait dengan disposition atau pembentukan watak.

Terkait dengan **observasi**, Caruana (2006) mengungkap empat hal, yaitu kualitas observasi, persepsi, memperluas daya penginderaan, serta observasi dan kehidupan yang arif atau bijak. “*Virtu lies in the acting within the perimeter of a right balance between the scientific and the manifest image*”. Pada satu pihak, orang yang bijak dapat mengenali keyakinan yang terkait dengan *point* untuk mengembangkan *discovery*. Pada pihak lain gagasan filosofis baru dan *scientific discovery* yang mencengangkan selalu terkait dengan latar belakang seseorang ketika dia memulai sesuatu, melakukannya secara objektif, tidak berprasangka sehingga bisa memperoleh sesuatu lebih banyak dan lebih meyakinkan.

Tidaklah berlebihan apabila Kuhn (2002) mengemukakan pandangannya tentang perkembangan sains. Dengan menggunakan pengertian **paradigma**, Kuhn menyatakan bahwa sains berkembang dari satu paradigma ke paradigma lain secara revolusioner. Apabila kemudian ada hal-hal yang tidak sesuai lagi dengan paradigma yang disepakati ilmuwan dan masih dalam skala kecil, maka ketidaksesuaian itu merupakan suatu **anomali**. Namun apabila ketidaksesuaian tersebut makin banyak, maka akan terjadi krisis yang akan mengubah paradigma yang ada secara radikal menjadi paradigma baru.

Menjelaskan sesuatu berarti memperjelas sesuatu, “*intelligible*”. Melalui eksplanasi kita mencapai pemahaman/pengertian. Hal ini dimungkinkan karena beberapa peristiwa dihubungkan satu sama lain



dengan suatu atribut terkait dengan tindakan kemanusiannya secara khusus/unik. Umpamanya peristiwa menendang sebuah bola berhubungan dengan peristiwa pergerakannya. Pada kasus lain suatu peristiwa mungkin terkait dengan peristiwa lain seperti tindakan manusia lainnya. Cara bagaimana suatu eksplanasi mempengaruhi atribut personal, hasilnya mungkin berbeda pada sejumlah orang yang terlibat karena interaksinya berbeda, baik dari segi penerimaannya, latar belakang sosial budayanya, aspek moralnya, pandangan hidupnya.

Beberapa filsuf berpendapat bahwa penjelasan ilmiah murni terkait dengan *intellectual enterprise*. Ada keterkaitan antara apa yang dijelaskan, *explanans*, dan *explanandum*. Jadi masalah penjelasan ilmiah tidak sekedar mempengaruhi penarikan kesimpulan, melainkan ada beberapa faktor lain yang turut berpengaruh, terutama logika pertanyaan “why”, *the paradigm argument for a good explanation*, selain “hidden assumption” juga turut berpengaruh. Penjelasan lengkap akan berbeda intinya dengan penjelasan sebagian. Dalam penjelasan lengkap tercakup *hidden assumptionnya*.

Penjelasan ilmiah (*Scientific explanation*) seringkali diasumsikan sesuatu yang bersifat abstrak yang tidak berhubungan dengan sifat perorangan yang melakukannya. Sesungguhnya ada keterkaitan antara penjelasan ilmiah dengan moral orang yang menjelaskannya. Seseorang bermoral akan menjelaskan lengkap sehingga tersirat bahaya yang mungkin akan terjadi dari suatu hasil pemikiran atau penyelidikan. Seseorang yang bermoral akan memberikan penjelasan ilmiah yang terkait dengan konteksnya, tidak hanya kepentingannya. Jadi semakin jelaslah bahwa ada keterkaitan antara metode, cara menjelaskan, latar belakang keyakinan yang tercakup dengan konteks budaya, dan kebiasaan seseorang yang terlibat di dalamnya. Tidak dapat dirumuskan secara matematis derajat ketepatan untuk masing-masing inkuiri, Apa yang terjadi secara keseluruhan seringkali dirujuk *as metally scientific*. Ketika ada perubahan yang signifikan apakah akan digantikan oleh teori yang lebih baru? Hasil pengujian menunjukkan bahwa kearifan atau kebajikan saintis perorangan dapat dipengaruhi oleh disiplin ilmunya.

Pertimbangan antara sains dan kearifan/kebajikan seringkali dibedakan dari kajian sains dan theologi. Semuanya terfokus pada pribadi orangnya. Sifat karakter dipengaruhi oleh sikap ilmiah secara mental, dan oleh domain keyakinan lainnya dalam kehidupan secara umum. Keduanya mendorong untuk menjadi orang yang baik, sehingga dia dapat berbuat lebih banyak penyelidikan. Sains dan kehidupan keagamaan sama-sama dianggap merupakan kerangka mental untuk menjalani cara hidup yang baik (Caruana, 2006).

Tabel 1. Unsur-Unsur Esensial Inkuiri Kelas dan Variasinya

	Unsur Esensial		Variasi		
1.	Siswa diajak atau dilibatkan melalui pertanyaan berorientasi ilmiah	Siswa mengajukan pertanyaan	Siswa memilih di antara pertanyaan ² , mengajukan pertanyaan baru	Siswa mempertajam/memperjelas pertanyaan guru, materi atau sumber lain	Siswa dilibatkan dalam pertanyaan yang diberikan guru, materi/ sumber lain
2.	Siswa memberi prioritas pada bukti, yang memungkinkan untuk mengembangkan dan mengevaluasi eksplanasi yang ditujukan pada pertanyaan yang berorientasi ilmiah.	Siswa menentukan bukti yang diangkat & mengumpulkannya	Siswa diarahkan untuk mengumpulkan data tertentu	Siswa diberi data dan ditanya cara untuk menganalisisnya	Siswa diberi data & diberitahukan cara menganalisisnya
3.	Siswa merumuskan eksplanasi dari bukti yang ditujukan pada pertanyaan berorientasi ilmiah.	Siswa merumuskan eksplanasi sesudah meringkas bukti	Siswa dibimbing dalam proses perumusan eksplanasi dari bukti	Siswa diberi cara ² yg mungkin dalam menggunakan data untuk merumuskan eksplanasi	Siswa diberi bukti & cara menggunakan bukti untuk merumuskan eksplanasi
4.	Siswa mengevaluasi eksplanasi mereka dgn mempertimbangkan eksplanasi alternatif, terutama yg merefleksikan pemahaman ilmiah	Siswa secara independen mengkaji sumber ² lain & membentuk tautan terhadap eksplanasi	Siswa diarahkan pada area dan sumber pengetahuan ilmiah	Siswa diberi hubungan yang mungkin	
5.	Siswa mengkomunikasikan dan menjustifikasi eksplanasi yang diusulkannya	Siswa membentuk argumen yg logis & masuk akal dlm mengkomunikasikan eksplanasinya	Siswa dilatih mengembangkan kemampuan berkomunikasi	Siswa diberi pedoman untuk menggunakan komunikasi yang dipertajam	Siswa diberi langkah ² dan prosedur untuk berkomunikasi
	Lebih banyak-----		Arahan-Diri Siswa -----	kurang banyak	
	Kurang banyak -----		Arahan dari Guru atau Materi -----	Lebih banyak	



Contoh Penelitian Pembelajaran untuk mengembangkan Kemampuan Kerja Ilmiah

Studi berkelanjutan pada topik Bioteknologi berkenaan dengan kemampuan kerja ilmiah dilakukan berdasarkan hasil studi pendahuluan bahwa topik Bioteknologi dirasakan sulit dan penting di berbagai jenjang pendidikan (SMP, SMA, LPTK). Bioteknologi konvensional yang diperkenalkan sejak di SMP, diperluas di SMA dan diterapkan dalam Biologi Terapan di LPTK berpotensi untuk mengembangkan kemampuan kerja ilmiah di kalangan pelajar di sekolah, calon guru di LPTK, serta guru melalui program *Lesson Study* berbasis Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP).

Kemampuan kerja ilmiah (*scientific abilities*) merupakan salah satu hasil belajar sains jangka panjang (*learning outcomes*) yang perlu dikembangkan pada siswa, calon guru dan gurunya. Pengembangan kemampuan kerja ilmiah pada siswa melibatkan guru sains di sekolah dan hal ini tidak mudah dilaksanakan. *Lesson study* (berbasis musyawarah guru mata pelajaran atau MGMP) sebagai suatu model pembinaan profesi pendidik melalui pengkajian pembelajaran secara kolaboratif dan berkelanjutan berlandaskan prinsip-prinsip kolegialitas dan *mutual learning* untuk membangun "learning community" berpotensi untuk diberdayakan. Melalui kegiatan *Lesson Study* berbasis MGMP masalah pembelajaran sains (misalnya topik Bioteknologi) yang dihadapi guru-guru dimungkinkan untuk diatasi bersama, sekaligus solusi yang digagas untuk mengatasinya dimungkinkan tersebar luas di kalangan guru sains SMP karena sejumlah besar guru terlibat dalam kegiatannya, sebagai guru model dan sebagai *observer* pada keseluruhan proses.

Bioteknologi di SMP relatif baru bagi guru sains SMP dan pembelajarannya pada umumnya dilakukan dengan ceramah dan penugasan. Alasan guru-guru untuk pembelajaran bioteknologi di kelas IX tidak cukup waktunya apabila dilaksanakan dengan metode eksperimen. Bioteknologi sendiri sesungguhnya merupakan topik menarik karena merupakan aplikasi aktivitas mikroorganisme, sistem dan proses dalam industri barang dan jasa untuk kepentingan manusia serta terkait dengan kehidupan sehari-hari (Purwianingsih, *et al.*, 2010).

Rumusan masalahnya adalah: "Bagaimana membekalkan kemampuan bekerja ilmiah di kalangan guru agar siswa mempunyai pengalaman belajar yang memberdayakan kemampuan bekerja ilmiah tersebut?". Melalui penelitian tersebut ingin dijaring juga kendala penerapan kerja ilmiah di kalangan guru-guru sains SMP di Sumedang.

Khusus di sekolah yang kelompok guru sainsnya melakukan modifikasi pembelajaran, perencanaan dan uji coba tampaknya dilakukan dengan sungguh-sungguh. Variasi perbandingan bahan dasar (terigu dan kentang) dijadikan variabel bebas, sedangkan ukuran pengembangan dan tekstur donut menjadi variabel terikat. Adapun pengendalian variabel dilakukan dengan mengatur waktu dari menguleni hingga digoreng. Pada tahap uji coba oleh calon guru model bersama guru-guru sains lainnya melakukan persiapan-persiapan yang diperlukan, seperti mendatangkan pakar donat, mencoba sendiri, menyiasati keterbatasan waktu dan alat, menggunakan bahan lokal.

Pada saat implementasi disebarkan lembar observasi oleh fasilitator MGMP untuk mengamati interaksi kelompok dalam kelas melalui pendistribusian observer pada sejumlah kelompok siswa. Sementara itu dari peneliti disebarkan angket untuk diisi oleh para observer khusus biologi (termasuk fasilitator MGMPnya) dan lembar observasi untuk digunakan oleh nara sumber dari UPI (2 orang), selain rambu-rambu wawancara untuk siswa, guru observer dan guru model dari tim MONEV *Lesson study*. Lembar observasi yang terisi langsung dikumpulkan segera setelah selesai pembelajaran, juga wawancara kepada siswa. Wawancara kepada guru observer dan guru model dilakukan setelah kegiatan refleksi selesai. Angket untuk diisi oleh para guru observer sains/biologi diberi waktu satu minggu untuk dikumpulkan, karena diminta masukan bukan hanya untuk pembelajaran yang telah berlangsung tetapi juga untuk CD pembelajaran yang merupakan bagian dari perangkat pembelajaran bioteknologi yang lengkap.

Sebelum dan setelah pembelajaran siswa diberi tes yang disiapkan secara khusus. Sementara itu hasil pekerjaan siswa (LKS yang sudah terisi) dan donut dinilai oleh guru yang mengajar. Hasil pembelajaran bioteknologi melalui pembuatan donat dibedakan berdasarkan hasil pengamatan dan LKS, serta berdasarkan hasil tes. Hasil pengamatan selama pembelajaran dan LKS menunjukkan bahwa baik siswa maupun guru pengamat antusias terhadap pelaksanaan pembelajaran bioteknologi melalui pembuatan donat. Guru-guru sains dan kepala sekolah menyambut baik pelaksanaan pembelajaran sains yang melibatkan siswa dengan kegiatan yang menyenangkan (*hands-on*), dan sekaligus melibatkan pemahaman konsep bioteknologi sebagai hasil pemaknaan (*minds-on*) berdasarkan kegiatan siswa. Dari lembar observasi yang diisi oleh nara sumber (dosen UPI) diperoleh hasil bahwa siswa berani bertanya, menjelaskan kepada anggota kelompok, inisiatif mengatasi masalah, keneranian mengemukakan pendapat,



memperhatikan penjelasan guru, tidak meninggalkan pekerjaan kelompok saat kegiatan praktikum. Dari hasil wawancara dengan siswa diketahui mereka belum pernah belajar semacam itu. Mereka menyatakan bahwa ternyata pelajaran sains juga dapat dibuat menyenangkan karena mereka diajak terlibat langsung melakukan proses sains sekaligus memperoleh hasilnya dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Mereka juga dapat lebih bekerjasama dalam mencapai keberhasilan praktikum. Mereka berharap metode serupa itu diberikan juga kepada guru-guru lainnya.

Dari hasil wawancara dengan guru diketahui tentang kesulitan memperkirakan waktu dan melaksanakan pembelajaran tepat waktu, karena karakter siswa bervariasi dan inisiatif siswa masih kurang. Juga diketahui bahwa guru masih mengalami kebingungan untuk mengembangkan kemampuan kerja ilmiah karena tidak ada dalam kurikulum berbasis kompetensi (KBK) maupun dalam kurikulum tingkat satuan pendidikan (KTSP). Mereka juga belum menyadari perbedaan pembelajaran dengan penekanan pada kompetensi dengan pada materi pelajaran. Mereka akan tetap menerapkan pembelajaran semacam yang dicontohkan dengan beberapa revisi. Ternyata keberhasilan pembelajaran tidak semata-mata upaya meningkatkan kualitas pembelajaran dan kemampuan gurunya, tetapi juga memerlukan dukungan dan kolaborasi dengan berbagai pihak (kepala sekolah, siswa, MGMP).

Kendala lain yang dideteksi dari hasil pengamatan selama pembelajaran adalah bahwa guru tampaknya masih ragu-ragu (belum begitu mantap dalam mengangkat hasil kegiatan siswa menuju kepada konsep fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses pembuatan donat. Mereka lebih terbiasa menerangkan dulu teorinya baru dilanjutkan dengan pembuktian melalui praktikum. Hakikat pembelajaran inkuiri secara induktif belum dipahami oleh sebagian guru sains.

Kendala lain yang ditemukan melalui jawaban hasil pengkajian terhadap angket diperoleh kesan bahwa sebagian besar guru masih belum memahami benar makna variabel, identifikasi jenis variabel dan pengendalian variabel. Variabel kontrol masih tertukar dengan variabel terikat. Mereka kurang menyadari manfaat mengendalikan variabel agar pengaruh variabel bebas atau variabel manipulasi (variasi komposisi bahan dasar donat) dapat lebih jelas tampak pada variabel terikat (ukuran pengembangan adonan dan teksturnya).

Kemampuan kerja ilmiah dapat dibekalkan dengan cara melibatkan guru-guru dalam perencanaan pembelajaran (dan evaluasinya) untuk mengatasi masalah nyata yang mereka hadapi. Guru-guru juga dilibatkan dalam menguji coba, melaksanakan pembelajaran dan melakukan refleksi setelah pembelajaran. Dengan demikian kesenjangan temuan Rustaman dkk (2007) tentang kecerdasan emosional dapat dicarikan solusinya dalam hal keinginan mencoba sendiri.

Penelitian Rustaman dan kawan-kawan (2006) menghasilkan kemampuan dasar bekerja ilmiah (KDBI) sebagai perpaduan antara kecerdasan intelektual (*intellectual intelligence*) dengan kecerdasan emosional (*emotional intelligence*). KDBI tersebut melibatkan keterampilan proses sains (KPS) dan kemampuan generik (KG). Keduanya termasuk ke dalam intelegensi intelektual. Melalui pengembangan KPS dan KG, sikap ilmiah siswa akan ikut dikembangkan. Pernyataan ini dikuat oleh pendapat Harlen (1985) bahwa dari dua jenis *scientific attitude* (*attitude toward science* dan *attitude of science*), sikap ilmiah yang sering diungkapkan dalam belajar sains adalah "attitude of science" atau sikap yang melekat pada sains. Berbeda dengan sikap ilmiah, kecerdasan emosional tidak begitu saja dapat ikut berkembang. Kecerdasan emosional ini perlu secara terencana dirancang sebelum dan selama pembelajaran sains.

Pembelajaran sains akan lebih cepat berkembang apabila dalam setiap kegiatannya terkait juga kegiatan penelitian. Umpamanya upaya memperbaiki kualitas pembelajaran sains melalui *lesson study* akan lebih berhasil apabila diikuti dengan kegiatan penelitian. Penelitian yang baik biasanya belum diketahui jawabannya. Begitu pula penelitian yang berkenaan dengan pembelajaran sains. Oleh karena penelitian pendidikan pada umumnya tidak dapat dikendalikan sepenuhnya, maka penelitian pendidikan sangat baik dilaksanakan dalam *natural setting*. Namun disadari juga sulitnya menemukan pembelajaran dalam natural setting. Kegiatan *lesson study* berbasis MGMP dapat diberdayakan sebagai wahana untuk tujuan tersebut sekaligus memperkenalkan contoh pembelajaran yang sesuai dengan hakikat sains dan pembelajarannya (inkuiri). Forum tersebut efektif digunakan untuk mensosialisasikan inovasi pembelajaran dengan melibatkan guru sains di lapangan dalam rangka membekalkan kemampuan kerja ilmiah (*scientific abilities*) beserta atributnya.

Penelitian pendidikan sains diupayakan yang bermanfaat bagi kehidupan dan memberikan bekal pengembangan kemampuan, termasuk kemampuan bekerja ilmiah (*scientific ability*) dengan penyisipan sikap ilmiah (*scientific attitude*) dan nilai-nilai yang terdapat di dalamnya. Penelitian pendidikan sains tidak terbatas pada penelitian di dalam kelas tentang pembelajaran. Terdapat aspek lain yang dapat diteliti,



seperti bagaimana membelajarkan sesama guru peserta *lesson study* pengalaman dan kemampuan bekerja ilmiah. Pemberdayaan bahan dasar setempat sebagai *teaching material*, atau pemanfaatan IT (*information technology*) sebagai pembelajaran berbantuan komputer, program animasi, dan pengembangan media elektronik untuk konsep-konsep sains yang abstrak (genetika, sel ultra-struktur), yang prosesnya memerlukan waktu lama (kultur jaringan, evolusi, perkembangan embryo), atau waktunya terlalu singkat (pembelahan sel), atau cakupannya terlalu luas (biosfer).

Studi lanjutan mengenai kemampuan kerja ilmiah di kalangan guru sains perlu dilakukan sekaligus juga upaya menyiapkan bahan pelatihan untuk menerapkan kemampuan kerja ilmiah sebagai bekal belajar sains (*sciencing*) dan mengajarkan sains sesuai hakikat sains, baik berupa bahan tertulis maupun bahan *e-learning* lengkap dengan animasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstrong, T. (2009). *Multiple Intelligences in the Classroom*. 3rd edition. Alexandria, Virginia: ASCD.
- Anderson, J. (2004). Where do habits of mind fit in the curriculum? In c. Owen (Ed.), *Habits of Mind: A Resource Kit for Australia Schools* (pp. 54-56). Lindfield, NSW: Australian National Schools Network Ltd.
- Anwar, C. (2005). *Penerapan Penilaian Kinerja (Performance Assessment) dalam membentuk Habits of Mind Siswa Pada Pembelajaran Konsep Lingkungan*. Tesis Sekolah Pascasarjana Pendidikan IPA UPI. Bandung: tidak diterbitkan.
- Auls, M.W., & Shore, B.M. (2008). *Inquiry in Education: The Conceptual Foundations for Research as a Curricular Perspective*. Volume 1. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Assessment Reform Group. (2002). *Testing, Motivation and Learning*. ARG- Nuffield Foundation-EPPI Centre.
- Black, P. and William, D. (1998). "Inside the Black Box: Raising Standard through Classroom assessment". *Phi Delta Kappan*, 80(2). (Online). Tersedia: http://www.collegenet.co.uk/admin/download/inside_the_black_box_23_doc.pdf (8 Agustus 2009)
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B and William, D. (2004). *Working Inside The Black Box: Assessment for Learning in the Classroom*. (Online). Tersedia: http://www.defause.cse.ucla.edu/DOCS/pb_wor_2004. (1 Mei 2008).
- Campbell, J. (2006). *Theorising Habits of Mind as A Framework for Learning*.
(Online). Tersedia: www.aare.edu.au/06pap/cam06102.pdf. (15 April 2008)
- Campbell, N.A., Mitchell, L.G, & Reece, J.B. (1999). *Biology: Concepts and Connections*. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Carter, C. , Bishop, J. & Kravits, S.L. (2005). *Keys to Effective Learning Developing Powerful Habits of Mind*. Australia; Pearson Prentice Hall.
- Caruana, L. (2006). *Science and Virtue: An Essay on the Impact of the Scientific Mentality and Moral Character*. Aldershot, Hampshire: Ashgate Publishing Ltd.
- Costa, A.L. (1985). *Developing Mind: A Resource Teaching Thinking*. Washington D.C. ASCD.
- Costa , A.L. & Kallick, B. (2000a). *Describing 16 Habits of Mind: Habits of Mind*. A Developmental Series. Alexandria, VA. (Online). Tersedia: <http://www.ccsnh.edu/documents/CCSNH> MLC. Habits of mind CostaKallick.
- Costa, A.L. & Kallick, B. (2000b). *Assessing and Reporting on Habits of Mind*. Alexandria: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Dahar, RW. (1996). *Teori-teori Belajar*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- De Bono, E. (1989). *Thinking Course*. London: BBC Books.
- Djulia, E. (2005). *Peran Budaya Lokal dalam Pembentukan Sains: Studi Naturalistik Pembentukan Sains Siswa Kelompok Budaya Sunda Tentang Fotosintesis dan Respirasi Tumbuhan dalam Konteks Sekolah dan Lingkungan Pertanian*. Disertasi Doktor Kependidikan dalam Bidang Pendidikan IPA. Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung: Tidak diterbitkan.
- Gardner, H. (1983). *Multiple Intelligencies*. New York: Basic Books Harper Collins Publ. Inc.
- Kuhn, T.S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Second Edition, enlarged. Chicago: the University of Chicago.
- Lazear, D. (2004). *Higher-Order Thinking: The Multiple Intelligences Way*. Chicago: Zephyr Press.
- Lowery, L.F. (2000). *NSTA Pathways to The Science Standard*. Arlington: National Science Teacher Association.
- Marzano, R.J. (1992). *A Different Kind of Classroom. Teaching with Dimensions of Learning*. Alexandria : ASCD (Association for Supervision and Curriculum Development).



- Marzano, R.J., Pickering, & McTighe. (1993). *Assessing Student Outcomes: Performance Assessment Using the Dimension of Learning Model*. Alexandria, Virginia: ASCD.
- (Marzano, R.J. & Kendall. (2008). *New Taxonomy: Learning Objectives*. Alexandria, Virginia: ASCD).
- Popham & Shepard. (2006). *Makalah dipresentasikan di FAT SCASS di Austin*. Tanggal 10 Oktober 2006. (Online). Tersedia: www.republicschools.org/docs/accountability/.../fastattributes_04081. (12 Mei 2008)
- Purwianingsih, W., Rustaman, N.Y., & Redjeki, S. (2010). *Pengetahuan Konten Pedagogi (Pck) Bioteknologi dan Urgensinya dalam Pendidikan Guru*. Makalah di
- Rustaman, N.Y. (1990). *Kemampuan Klasifikasi Logis Anak: Studi tentang Kemampuan Abstraksi dan Inferensi Anak Usia SD pada Kelompok Budaya Sunda*. Disertasi Doktor. Program Pascasarjana IKIP Bandung. Bandung: tidak dipublikasikan
- Rustaman, N.Y. (1991). *Dasar Biologi Proses Berpikir*. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Biologi XII dan Kongres PBI X di Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Rustaman, N.Y. (2002). *Pandangan Biologi tentang Proses Berpikir dan Implikasinya dalam Pendidikan Sains*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Pendidikan Biologi pada FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia tanggal 17 Oktober 2002
- Rustaman, N.Y. (2007). *Arah Pendidikan Biologi dan Kecenderungan Penelitiannya*. Makalah Kunci dalam Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Temu Alumni. Jurusan Pendidikan Biologi. FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rustaman, N.Y. (2007). *Basic Science Inquiry in Science Education and Its Assessment*. Makalah utama dipresentasikan pada sidang pleno The First International Seminar of Science Education on "Science Education Facing against the challenges of the 21st century. di Auditorium FPMIPA UPI di Bandung.
- Rustaman, N. Y. (2010). "Pengembangan Pembelajaran Sains Berbasis Kemampuan Dasar Bekerja Ilmiah". Dalam Topik Hidayat *et al.*, (Eds.). *Teori, Paradigma, Prinsip, dan Pendekatan Pembelajaran MIPA dalam Konteks Indonesia*. Bandung: FPMIPA, 211-247
- Rustaman, N.Y. & Agustina, T.W. (2007). *Implementasi Pembelajaran Bioteknologi Bermuatan Nilai Sains untuk Mengembangkan Kemampuan Kerja Ilmiah siswa SMP di Kabupaten Sumedang*. Laporan Penelitian. Bandung: Tidak diterbitkan.
- Rustaman, N.Y., Arifin, M. & Permasari, A. (2007). *Mengefektifkan Pembelajaran Sains dan Animasinya untuk Mengembangkan Kemampuan Dasar Bekerja Ilmiah dengan Berbagai Metode*. Laporan Penelitian Hibah Pasca, didanai DP2M Ditjen Dikti.
- Sadler, R. (1989). Formative Assessment and The Design of Instructional Systems. *Instructional Science*. 18, 119-144.
- Shepardson, D.P. (1997). Butterflies and Beetles: First Graders ways of Seeing and Talking about Insect Life Cycles. *Journal of Research in Science Teaching*. 34(9), 876-889.
- Shepardson, D.P and Britsch, S. (2000). Children's Science Journal: Tools for Teaching, Learning and Assessing. *Science and Children*. 34(5), 13-17.
- Sizer, T. & Meier, D. (2004). *Habits of Mind*. (Online). Tersedia: http://www.essentialschools.org/lpt/ces_docs/210. (15 Oktober 2008)
- Sriyati, S., Rustaman, N., & Zainul, A. (2010). "Kontribusi Asesmen Formatif terhadap Habits of Mind Mahasiswa Biologi". Artikel untuk dimuat dalam *Jurnal Pengajaran MIPA*. 15, (2). 77-86.
- Sriyati, S. (2011). *Peran Asesmen Formatif dalam Membentuk Habits of Mind Mahasiswa Biologi*. Disertasi Doktor Kependidikan. Program Studi Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung: Tidak diterbitkan.
- Suratno. T. (2007). *Formative Assessment for Learning: Teacher's Professionalism in Raising Standards*. Makalah pada Seminar Nasional Biologi. Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA UPI. Mei 2007.
- Zainul, A. (2008). *Asesmen Sumatif dan Asesmen Formatif*. Bahan kuliah Evaluasi Pendidikan IPA di Prodi Pendidikan IPA Pascasarjana UPI.

PERTANYAAN

Penanya: Nanang (UT)

Dalam mengembangkan kemampuan otak kanan, skill atau keterampilan apa saja yang diperlukan?

Jawab:

Hubungan menyeimbangkan pengembangan skill kemampuan tangan kanan dan tangan kiri adalah dengan membiasakan anak untuk selalu berpikir tidak menghafal, menginisiasi anak untuk selalu bertanya, menorientasikan *social skill*, membelajarkan siswa untuk meneliti, mengamati fakta, mengobservasi, sebagai



guru harus dapat menunaikan profesi dengan amanah, mengubah *mind set* bangsa Indonesia senantiasa bekerja keras dan menghargai orang lain.

Penanya: Rusdiana Ristasa (UT)

Berdasarkan teori Piaget tentang motivasi bahwa media yang digunakan guru berperan penting dalam memberikan motivasi belajar bagi siswa, tetapi pada saat ini peran guru kalah dengan mainan atau media elektronik (televisi, internet). Bagaimana transplantasi pendidikan karakter agar dapat diserap atau diadopsi media dan mampu berperan dalam pengembangan pendidikan karakter?

Jawab:

Teori piaget mengemukakan bahwa kongkret operasional kemudian menjadi performatif membutuhkan media dengan urutan enaktif-simbolik-ikonik. Belajar tidak hanya memperhatikan tetapi dengan implementasi *habbits of mind* atau kebiasaan berpikir, kebiasaan belajar dengan tujuan untuk mencari ridho Tuhan, maka dalam hal ini guru harus senantiasa memberlakukan disiplin belajar dengan cara mengembangkan profesionalismenya sehingga kemampuan akan berkembang.

Penanya: Eko Yunarto (STTP Malang)

Berdasarkan pengamatan di lapangan saya melihat bahwa siswa yang biasanya mendapat peringkat atas (rangking 1), ternyata di lapangan tidak terlalu sukses, sedangkan siswa rangking tengah, biasanya mendapatkan pekerjaan yang jauh lebih baik.

Seperti di kampus saya dari tahun ke tahun saya cenderung dapat menyimpulkan bahwa 25% murid juara 1 di kelas sukses di lapangan, sedangkan murid dengan peringkat sedang atau rata-rata 75% sukses di lapangan. Apakah yang menyebabkan hal tersebut?

Jawab:

Fenomena bahwa anak dengan prestasi rata-rata biasanya lebih sukses dalam pekerjaan, dan anak dengan prestasi tinggi hanya sedikit yang sukses di bidang pekerjaan. Hal ini karena asumsi lama bahwa anak dengan kecerdasan kognitif matematik dominan biasanya pada masa sekolah lebih diunggulkan dari pada anak yang memiliki kecerdasan skill, social, verbal. Ditambah lagi di dunia kerja hanya 25% IQ yang dibutuhkan, yang lain adalah kecerdasan intrapersonal, skill, kecerdasan verbal, social skill, dll. Selain itu, guru lebih menekan pada belajar sebagai ilmu yang mendeteksi keteraturan, bukan menghargai perbedaan ataupun persamaan



PENGEMBANGAN SAINS DAN PEMBANGUNAN KARAKTER

M. Furqon Hidayatullah

Dekan FKIP UNS dan Ketua Forum Komunikasi FKIP Negeri se Indonesia

Email: furqonuns@yahoo.com

Mahatma Gandhi mengatakan ada tujuh dosa besar di dunia, yaitu:

1. Kaya tanpa kerja (Wealth without work)
2. Kesenangan tanpa kata/suara hati (Plesure without conscience)
3. Pengetahuan tanpa karakter (Knowledge without character)
4. Perdagangan tanpa moral (Commerce without morality)
5. Ilmu tanpa kemanusiaan (Science without humanity)
6. Ibadah tanpa pengorbanan (Worship without sacrifice)
7. Politik tanpa prinsip (Politics without principle)

Ary Ginanjar Agustian dalam Furqon (2009: 5) mengemukakan bahwa: "Ilmu tanpa Karakter bagi Samurai tanpa Bushido". Pendidikan selama beberapa dekade belakangan ini telah bertumpu hanya pada aspek intelektualitas. Hal ini tampak pada berbagai kasus remaja yang diangkat oleh media masa, seperti tawuran, siswa, kecurangan dalam pelaksanaan UN, penggunaan Napza, dan pergaulan bebas. Penelitian mutakhir dan realitas yang terjadi di masyarakat menunjukkan bahwa bukan hanya penguasaan intelektual saja yang menunjang kesuksesan seseorang. Aspek kecerdasan emosi dan spiritual justru lebih besar pengaruhnya terhadap kebahagiaan dan keberhasilan seseorang. Di sinilah tampak urgensi dari pendidikan karakter. Selanjutnya ia mengatakan: "Saya semakin merasakan betapa pentingnya pendidikan karakter setelah mempelajari ilmu dan semangat samurai. Para samurai memiliki dua hal, yaitu **Wasa** dan **Do**. **Wasa** artinya **skill** sedangkan **Do** artinya **The way of life** (Prinsip hidup) yang dikenal **Bushido**. Para samurai memiliki senjata yang disebut **Katana** atau Pedang. Pedang yang tajam tentu mengerikan dan berbahaya jika dimiliki oleh orang yang tidak bermoral. Pedang menjadi tidak berbahaya ketika pemegangnya mempunyai sifat yang disebut **Bushido**, yaitu amanah, pengasih, santun, sopan, mulia, hormat, dan lain-lain. Ilmu pengetahuan seperti kimia, fisika, akuntansi, hukum, adalah ibarat pedang yang bisa membinasakan. Jika ilmu tersebut dikuasai tetapi tanpa dibekali karakter, yang terjadi adalah tragedi kemanusiaan yang memilukan. Bom atom yang meluluhlantakkan Hiroshima dan Nagasaki adalah ilmu fisika tanpa nurani. Begitu pula dengan *white phospor* yang mematikan anak-anak di Palestina. Banyaknya orang tidak bersalah dijebloskan ke dalam penjara, adalah karena orang yang menguasai ilmu hukum tidak disertai dengan sifat keadilan".

Sekilas tentang Bushido: Seorang pembesar Jepang sedang berada dalam perjalanan. Ia melihat seongkah emas yang tampaknya jatuh dari sebuah karavan yang lewat sebelumnya. Saat itu, ia berpapasan dengan pencari kayu yang sedang memikul bebannya. "Ambillah emas itu untukmu", kata pembesar tadi pada pencari kayu. Ia merasa iba dengan orang yang tampak hidup susah itu hingga ingin membantu meringankan bebannya. Bukan mengambil emasnya, pencari kayu itu justru menasehati sang pembesar. "Tuan", ucapnya. "Tuan seperti seorang terhormat. Mengapa bicara tuan begitu rendah. Saya memang seorang pencari kayu, tapi saya bangga hidup dengan hasil keringat saya sendiri. Jangan pernah tuan meminta saya mengambil yang bukan hak saya". Sang pembesar terkesima dengan sikap pencari kayu itu. Ia orang biasa, tapi menjaga tegak karakter Bushido yang menjunjung tinggi integritas dan kejujuran yang menjadi prinsip bushido. Kemajuan secara menyeluruh saat tidak lepas dari spirit bushido tersebut. Kisah itu ditulis oleh Yagama Soko (1622-1685), salah seorang penulis terpenting "Spirit Bushido atau Budaya Ksatria Jepang" (Zaim Uchrowi, 2009: 4). Spirit itu teguh dari masa ke masa hingga kini. Spirit itu bukan hanya di kalangan masyarakat terhormat, namun juga di masyarakat umum. Gambaran bahwa di Jepang setiap dampet yang jatuh umumnya akan kembali dalam keadaan utuh merupakan refleksi teguhnya integritas dan kejujuran.

Landasan penyelenggaraan pendidikan yang berlandaskan karakter atau watak sangatlah jelas. Hal ini sebagaimana tampak dalam UU Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Pasal 3 menyatakan bahwa: "Pendidikan Nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang: beriman dan bertaqwa kepada Tuhan



Yang Maha Esa; berakhlak mulia; sehat; berilmu; cakap; kreatif; mandiri; dan menjadi warga yang demokratis serta bertanggung jawab”.

Martin Luther King: *intelligence plus character... that is the goal of true education* (kecerdasan yang berkarakter... adalah tujuan akhir pendidikan yang sebenarnya). Keluaran institusi pendidikan seharusnya dapat menghasilkan orang "pandai" tetapi juga orang "baik" dalam arti luas. Pendidikan tidak hanya menghasilkan orang "pandai" tetapi "tidak baik", sebaliknya juga pendidikan tidak hanya menghasilkan orang "baik" tetapi "tidak pandai". Pendidikan tak cukup hanya untuk membuat anak pandai, tetapi juga harus mampu menciptakan nilai-nilai luhur atau karakter. Oleh karena itu, penanaman nilai-nilai luhur harus dilakukan sejak dini. Orang yang "pandai" saja tetapi "tidak baik" akan menghasilkan orang yang "berbahaya" karena dengan kepandaiannya ia bisa menjadikan sesuatu menyebabkan kerusakan dan kehancuran. Setidak-tidaknya pendidikan masih lebih bagus menghasilkan orang "baik" walaupun kurang "pandai". Tipe ini paling tidak akan memberikan suasana kondusif karena ia memiliki akhlak yang baik.

SDM unggul bercirikan, yaitu: (1) memiliki karakter kuat; (2) menguasai ilmu dan teknologi yang bermanfaat; dan (3) memiliki kinerja yang akuntabel. Berdasarkan karakteristik ini, maka seorang ilmuwan dan juga guru, dalam mengembangkan pengetahuan dan ilmunya tidak dapat lepas dari pendidikan karakter, baik untuk dirinya maupun untuk kemaslahatan orang lain.

Pendidikan (termasuk pendidikan karakter) seharusnya diawali dan didasari dengan pendidikan akhlak, bukan ritual. Harapannya antara pendidikan akhlak dan ritual dapat berjalan serempak dan menyatu. Jika pendekatan ritual yang diutamakan, maka dapat terjadi bahwa orang yang ibadahnya bagus belum tentu berdampak pada amaliah nyata. Orang yang ibadahnya bagus tetapi perbuatan korupsi jalan terus. Akan tetapi jika akhlak yang menjadi penekanannya, maka akan berdampak pada pendidikan amal nyata. Akhlak bukan hanya berupa sopan santun tetapi memiliki arti yang lebih luas. Akhlak berkaitan dengan perilaku dalam perbuatan nyata yang telah terpola. Kondisi semacam inilah akan sangat baik untuk dijadikan fondasi dalam pembangunan karakter.

Tanpa karakter seseorang dengan mudah melakukan sesuatu apa pun yang dapat menyakiti atau menyengsarakan orang lain. Oleh karena itu, kita perlu membentuk karakter untuk mengelola diri dari hal-hal negatif. Karakter yang terbangun diharapkan akan mendorong setiap manusia untuk mengerjakan sesuatu sesuai dengan suara hatinya.

Mengingat pentingnya karakter dalam membangun sumber daya manusia (SDM) yang kuat, maka perlunya pendidikan karakter yang dilakukan dengan tepat. Dapat dikatakan bahwa pembangunan karakter merupakan sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan. Oleh karena itu, diperlukan kepedulian oleh berbagai pihak, baik oleh pemerintah, masyarakat, keluarga maupun institusi pendidikan. Kondisi ini akan terbangun jika semua pihak memiliki kesadaran bersama dalam membangun pendidikan karakter. Dengan demikian, pendidikan karakter harus menyertai semua aspek kehidupan. Idealnya pembentukan atau pendidikan karakter diintegrasikan ke seluruh aspek kehidupan.

Rutland (2009: 1) mengemukakan bahwa karakter berasal dari akar kata bahasa Latin yang berarti "dipahat". Sebuah kehidupan, seperti sebuah blok granit yang dengan hati-hati dipahat atau pun dipukul secara sembarangan yang pada akhirnya akan menjadi sebuah maha karya atau puing-puing yang rusak. Karakter, gabungan dari kebajikan dan nilai-nilai yang dipahat di dalam batu hidup tersebut, akan menyatakan nilai yang sebenarnya. Tidak ada perbaikan yang bersifat kosmetik, tidak ada susunan dekorasi yang dapat membuat batu yang tidak berguna menjadi suatu seni yang bertahan lama. Hanya karakter yang dapat melakukannya. Hermawan Kertajaya (2010: 3) mengemukakan bahwa karakter adalah "ciri khas" yang dimiliki oleh suatu benda atau individu. Ciri khas tersebut adalah "asli" dan mengakar pada kepribadian benda atau individu tersebut, dan merupakan "mesin" yang mendorong bagaimana seseorang bertindak, bersikap, berujar, dan merespons sesuatu. Ciri khas ini pun yang diingat oleh orang lain tentang orang tersebut, dan menentukan suka atau tidak sukanya mereka terhadap sang individu. Karakter memungkinkan perusahaan atau individu untuk mencapai pertumbuhan yang berkesinambungan karena karakter memberikan konsistensi, integritas, dan energi. Orang yang memiliki karakter yang kuat, akan memiliki momentum untuk mencapai tujuan. Di sisi lain, mereka yang karakternya mudah goyah, akan lebih lambat untuk bergerak dan tidak bisa menarik orang lain untuk bekerjasama dengannya.

Ellen G. White dalam Sarumpaet (2001: 12) mengemukakan bahwa pembangunan karakter adalah usaha paling penting yang pernah diberikan kepada manusia. Pembangunan karakter adalah tujuan luar biasa dari sistem pendidikan yang benar. Jika bukan mendidik dan mengasuh anak-anak untuk perkembangan tabiat yang luhur, buat apakah sistem pendidikan itu? Baik dalam pendidikan rumah tangga maupun pendidikan dalam sekolah, orang tua dan guru tetap sadar bahwa pembangunan tabiat yang agung



adalah tugas mereka. Slamet Imam Santoso (1981: 33) mengemukakan bahwa tujuan tiap pendidikan yang murni adalah menyusun harga diri yang kukuh-kuat dalam jiwa pelajar, supaya mereka kelak dapat bertahan dalam masyarakat. Di bagian lain ia (1979: iii) juga mengemukakan bahwa pendidikan bertugas mengembangkan potensi individu semaksimal mungkin dalam batas-batas kemampuannya, sehingga terbentuk manusia yang pandai, terampil, jujur, tahu kemampuan dan batas kemampuannya, serta mempunyai kehormatan diri. Dengan demikian, pembinaan watak merupakan tugas utama pendidikan. Guru yang memiliki makna “digugu dan ditiru” (dipercaya dan dicontoh) secara tidak langsung juga memberikan pendidikan karakter kepada peserta didiknya. Oleh karena itu, profil dan penampilan guru seharusnya memiliki sifat-sifat yang dapat membawa peserta didiknya ke arah pembentukan karakter yang kuat. Dalam konteks ini guru berperan sebagai teladan peserta didiknya.

Tantangan pendidikan dewasa ini untuk menghasilkan SDM yang berkualitas dan tangguh semakin berat. Pendidikan tidak cukup hanya berhenti pada memberikan pengetahuan yang paling mutakhir, namun juga harus mampu membentuk dan membangun sistem keyakinan dan karakter kuat setiap peserta didik sehingga mampu mengembangkan potensi diri dan menemukan tujuan hidupnya.

Pendidikan di sekolah tidak lagi cukup hanya dengan mengajar peserta didik membaca, menulis, dan berhitung, kemudian lulus ujian, dan nantinya mendapatkan pekerjaan yang baik. Sekolah harus mampu mendidik peserta didik untuk mampu memutuskan apa yang benar dan salah. Sekolah juga perlu membantu orang tua untuk menemukan tujuan hidup setiap peserta didik. Di tengah-tengah perkembangan dunia yang begitu cepat dan semakin kompleks dan canggih, prinsip-prinsip pendidikan untuk membangun etika, nilai dan karakter peserta didik tetap harus dipegang. Akan tetapi perlu dilakukan dengan cara yang berbeda atau kreatif sehingga mampu mengimbangi perubahan kehidupan.

Guru harus memiliki komitmen yang kuat dalam melaksanakan pendidikan secara holistik yang berpusat pada potensi dan kebutuhan peserta didik. Pendidik juga harus mampu menyiapkan peserta didik untuk bisa menangkap peluang dan kemajuan dunia dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Akan tetapi, di sisi lain, pendidikan juga harus mampu membukakan mata hati peserta didik untuk mampu melihat masalah-masalah bangsa dan dunia, seperti kemiskinan, kelaparan, kesenjangan, ketidak-adilan, dan persoalan lingkungan hidup. Peserta didik harus diarahkan untuk mampu mengembangkan dirinya, tetapi ia juga harus diajarkan untuk memiliki beban atau panggilan hidup untuk menjadi bagian dari pemecahan persoalan-persoalan yang dihadapi bangsa dan dunia.

Mengingat pentingnya karakter dalam membangun sumber daya manusia (SDM) yang kuat, maka perlunya pendidikan karakter yang dilakukan dengan tepat. Dapat dikatakan bahwa pembentukan karakter merupakan sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan. Oleh karena itu, pendidikan karakter harus menyertai semua aspek kehidupan termasuk di lembaga pendidikan. Idealnya pembentukan atau pendidikan karakter diintegrasikan ke seluruh aspek kehidupan sekolah.

Upaya yang dapat dilakukan antara lain adalah: (1) melakukan berbagai aktivitas yang dapat menjadi contoh atau teladan orang lain, mahasiswa, peserta didik baik kegiatan akademik maupun kegiatan non-akademik; (2) turut secara aktif dan peduli melakukan upaya-upaya pembentukan karakter, baik di dalam pembelajaran maupun di luar pembelajaran; dan (3) dalam melakukan pembelajaran hendaknya dapat menginternalisasikan atau mengintegrasikan nilai-nilai karakter.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Mubarak (2001). *Panduan Akhlak Mulia: Membangun Manusia dan Bangsa Berkarakter* (Jakarta: PT. Bina Rena Pariwara).
- Ary Ginanjar Agustian (2009). *Bangkit dengan Tujuh Budi Utama* (Jakarta: PT Arga Publishing).
- Doni Koesoema A. (2007). *Pendidikan Karakter: Strategi Mendidik Anak di Zaman Global* (Jakarta: Grasindo).
- Hermawan Kertajaya (2010). *Grow with Character: The Model Marketing* (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama).
- M. Furqon Hidayatullah (2010). *Guru Sejati: Membangun Insan Berkarakter Kuat dan Cerdas*. (Surakarta: Yuma Press).
- Rutland, Mark (2009). *Karakter itu Penting. Terjemahan Ly Yen* (Jakarta: Light Publishing).
- R.I. Sarumpaet (2001). *Rahasia Mendidik Anak* (Bandung: Indonesia Publishing House).
- Slamet Imam Santoso (1981). *Pembinaan Watak Tugas Utama Pendidikan* (Jakarta: Penerbit UI Press).
- Zaim Uchrowi, Harian Republika. “*Bushido*”, Jumat, 13 Nopember 2009



PERTANYAAN

Penanya: Dodin Kuswanudin (Litbang Pertanian Bogor)

Bagaimanakah peran pendidikan menciptakan karakter bangsa yang lebih unggul melihat fakta di lapangan karakter manusia pada umumnya terlanjut tidak bagus?

Jawab:

Peran pendidikan dalam menciptakan karakter bangsa:

1. Mengawali kebiasaan baik dari diri sendiri sebagai pendidik dan orang tua.
2. Biasakan menjadi contoh yang baik, tidak sekedar member contoh.
3. Siap dikoreksi oleh orang lain.
4. Mengoptimalkan tugas seluruh komponen dalam keluarga maupun sekolah dalam menciptakan karakter.

Penanya: Eko Yunarto (STTP Malang)

Berapakah usia efektif untuk sekola bagi orang dewasa?

Jawab:

Usia efektif belajar pada seseorang bergantung pada motivasi yang mencangkup: motivasi guru, performance guru, dan bagaimana guru bias member inspirasi. Selain itu juga bergantung pada kematangan siswa: kematangan filogenetik (kematangan usia) dan kematangan ontogenetic (kematangan eksternal, missal motivasi belajar, sarana prasarana, dll).

Penanya: Sudirman (Malang)

Di era “gombalisasi” sekarang ini banyak ditemukan perilaku yang menyimpang terutama terjadi pada pejabat dan politisi Negara, padahal dahulu pada tahun 1965 sudah diadakan pelajaran budi pekerti sebagai pendidikan karakter. Maka menurut saya kiat khusus untuk meningkatkan pendidikan karakter adalah dengan mengutamakan pendidikan agama sejak dini.

Jawab:

Ya, memang betul karena ada hadist yang menjelaskan bahwa ilmu tanpa agama adalah pincang, sedangkan agama tanpa ilmu adalah buta. Jadi keduanya harus seimbang dan sama-sama harus diutamakan. Dalam hal ini kita bias meneladai sikap Rasulullah yaitu: (1) Cinta pada anak; (2) Memahami dunia anak; (3) Memilih metode yang tepat dalam mendidik anak. Di Negara maju, masyarakatnya meyakini prinsip “*long life education*” dimana kebiasaan belajar merupakan satu dari 10 factor yang memperpanjang usia manusia.

Lima langkah membelajarkan pendidikan karakter.

1. Keteladanan
2. Pendisiplinan
3. Pembiasaan
4. Menciptakan suasana kondusif
5. Mengintegrasikan nilai karakter dalam pembelajaran.

