

MEWUJUDKAN SISTEM PEMBELAJARAN SAINS/BIOLOGI BERORIENTASI PENGEMBANGAN LITERASI PESERTA DIDIK

Nuryani Y. Rustaman

Guru Besar Universitas Pendidikan Indonesia
e-mail korespondensi: nuryanirustaman@upi.edu

Keynote Speaker

Tema: "Peran Biologi dan Pembelajarannya dalam Mewujudkan Masyarakat Berliterasi"

ABSTRAK

Makalah ini mengupas makna literasi dari beberapa versi (*scientific literacy, science literacy, environment literacy, assessment literacy & STEM literacy*). Selain itu dibahas apa, mengapa dan bagaimana pembelajaran sains/biologi berorientasi pengembangan literasi peserta didik. Karakteristik biologi yang kompleks memerlukan pemahaman yang mengacu pada sistem dan berpikir sistem. Karakteristik asesmen literasi sains, khususnya literasi sains menurut PISA yang terdiri dari sejumlah komponen memberi titik terang untuk membekali pembelajaran sains menurut kurikulum 2013 dan sejalan dengan tuntutan kompetensi abad 21. Kompetensi sains (*scientific competency*) dalam PISA mencakup: *identifying scientific issue, explaining scientific issue, dan using scientific evidence*. Selain itu pevelan *scientific competency* dapat dilakukan mengacu pada pevelan tertentu dari kategori tertentu. Mencermati pevelan *scientific literacy* menurut PISA mengingatkan pendidik sains untuk mempertimbangkan sub komponen-sub komponen dari masing-masing kompetensi agar dapat dihasilkan pembekalan pembelajaran sains berorientasi pengembangan literasi peserta didik yang berkarakter.

Kata-kata kunci: Sistem biologi, berpikir sistem, berorientasi literasi, kompleksitas, calon guru

PENDAHULUAN

1. Apakah Pembelajaran Berorientasi Literasi?

Pembelajaran berorientasi literasi berbeda dengan pembelajaran berbasis literasi. Berorientasi berarti bertujuan, sedangkan berbasis berarti berdasarkan. Jadi pembelajaran sains berorientasi literasi mengandung arti bahwa pembelajaran sains dimaksudkan untuk membekali Literasi. Begitu pentingkah literasi sehingga perlu menjadi tujuan pembelajaran sains, termasuk biologi?

Selama ini "literate" atau melek lebih dikenal sebagai lawan dari "iliterasi" atau tidak literat. Selama ini untuk mencegah supaya tidak literat (buta), maka harus dibekalkan three Rs, yakni: reading, writing, arithmetics. Namun tampaknya 3R's tidaklah mencukupi. Pada abad ke 21 ini diperlukan literasi-literasi yang lain, antara lain literasi sains, literasi lingkungan, literasi biodiversitas, literasi STEM.

2. Mengapa perlu Pembelajaran berorientasi Literasi?

a. Sains hayati (*Life science*) sebagai disiplin ilmu yang kompleks

Biologi merupakan disiplin ilmu yang kompleks dibandingkan dengan disiplin ilmu lainnya dalam sains. Kompleksitas dalam biologi memiliki karakteristik tertentu, sehingga diperlukan suatu kerangka pemahaman karakteristik tersebut, khususnya pemahaman tentang *functioning of natural systems* atau sistem alam yang fungsional (Dauer & Dauer, 2016). Untuk memiliki pemahaman yang mendalam tentang *natural system* tidaklah mudah, meski terdapat suatu kesepakatan umum

bahwa pemahaman sistem yang kompleks merupakan tujuan penting dalam pendidikan sains. Pendefinisian yang membuat suatu sistem alami menjadi kompleks akan membantu dalam mengidentifikasi rumpang (*gaps*) dalam penelitian terkait penalaran siswa tentang aneka sistem. Pembahasan tentang hal ini dimaksudkan untuk mengusulkan kerangka pikir secara eksplisit cara-cara dalam hal mana sistem biologi itu kompleks dan membahas potensinya yang relevan dengan dimensi kompleksitasnya untuk melakukan penelitian terkait penalaran siswa tentang kompleksitas dalam kelas biologi. Untuk kompleksitas itu dapat digunakan *engineering framework* (kerangka rekayasa) untuk mendiskusikannya yang juga dapat digunakan dalam sistem biologi, menggunakan ekspresi gen sebagai contoh. Dimensinya dapat dipilah menjadi beberapa bagian seperti komponen-komponen, hubungan fungsional antar komponen, proses-proses, *manifestasi* dan interpretasi dalam sistem-sistem biologi.

b. Kompetensi abad 21

Sejumlah keterampilan abad 21 diperkenalkan dengan berbagai label dan dikemas dalam sejumlah rumpun (*ways of thinking, ways of working, tools of working and living in the world*) (Binkley et al., 2012). Dalam *ways of thinking* tercakup berpikir kritis, pemecahan masalah dan pengambilan keputusan (i), kreativitas dan inovasi (ii), *learning to learn* dan metakognisi (iii). Dalam *ways of working* dikenalkan komunikasi dan kolaborasi, sedangkan dalam *tools of working* diperlukan literasi Informasi, dan literasi digital. Adapun dalam rumpun *living in the world* perlu

dikembangkan *citizen-ship-local* dan *global* (i), *life and career* (ii), serta *personal and social* (iii). Dari sejumlah keterampilan tersebut, cenderung disepakati bahwa empat diantaranya dikenal dengan 4Cs atau Four Cs sebagai kompetensi abad 21, yakni: *Communication, Collaboration, Critical thinking and problem solving*, serta *Creativity and innovation*.

Calon guru yang dapat membekali para siswanya dengan kepemilikan keterampilan abad 21 dalam profil pribadinya hanya dapat dihasilkan melalui sistem pendidikan yang mengadaptasi keterampilan abad 21 dalam setiap aspeknya. Secara umum, penguasaan keterampilan abad 21 dapat menjadi fokus yang diterapkan dalam kegiatan perencanaan, pelaksanaan hingga evaluasi penyelenggaraan sistem pendidikan, dan secara khusus dapat diterapkan dalam penyelenggaraan kegiatan pembelajaran. Peran pembelajaran biologi dalam penguasaan keterampilan abad 21 sangat strategis, terutama dalam menyiapkan peserta didik masa depan yang kritis, kreatif, kompetitif, mampu memecahkan masalah serta berani mengambil keputusan secara cepat dan tepat, sehingga mampu bertahan dan berkembang secara produktif di tengah derasnya gelombang persaingan era digital global yang penuh peluang dan tantangan.

3. Tujuan Penyusunan Makalah

Penyusunan masalah ini dimaksudkan untuk memperkenalkan pentingnya dan makna literasi dalam pembelajaran sains atau biologi dalam konteks kemampuan abad 21, sekaligus bagaimana sistem pembelajarannya. Semua itu dicoba diperkenalkan melalui pengenalan kompleksitas sistem-sistem biologi yang memerlukan pemahaman sistem dan berpikir sistem. Keterkaitan yang sangat erat seperti dua sisi mata uang antara hakikat sains dan hakikat asesmen dalam pembelajaran sains, maka pembelajaran sains hendaknya memperhatikan bagaimana literasi sains diases secara internasional. Komponen-komponen asesmen literasi sains seyogianya dijadikan kerangka pikir (framework) dalam mewujudkan pembelajaran sains yang berorientasi pengembangan literasi peserta didik.

MAKNA LITERASI DALAM PEMBELAJARAN SAINS

1. Makna Literasi Sains, Literasi Ilmiah dan Literasi Lingkungan

Literasi sains (*scientific literacy*) merupakan pengetahuan dan pemahaman dari konsep-konsep dan proses-proses ilmiah yang diperlukan untuk pengambilan keputusan secara perorangan, partisipasi dalam bidang kewarganegaraan dan budaya, dan produktivitas ekonomi. Literasi sains juga melibatkan tipe kemampuan-kemampuan spesifik. Seorang warganegara yang “literate” seyogianya mampu mengevaluasi kualitas informasi ilmiah berdasarkan sumbernya, dan juga metode-metode yang digunakan untuk menghasilkannya.

Literasi sains juga diimplikasikan pada kapasitas untuk menghadapi dan mengevaluasi argument berdasarkan bukti dan menerapkan kesimpulannya dari argument semacam itu secara akurat (NRC, 1996).

Literasi Sains diturunkan dari *scientific literacy* atau *science literacy*. Terdapat perbedaan yang hakiki antara *scientific literacy* dengan *science literacy*, tetapi pada prakteknya kedua istilah ini dipertukarkan tanpa perbedaan, khususnya apabila dinyatakan dalam istilah Indonesia “literasi sains”. *Scientific literacy* digunakan dalam PISA sebagai pendamping *mathematics literacy* bersama *reading literacy* pada PISA 2003 dan PISA 2012, tetapi menjadi fokus utama pada PISA 2006 dan PISA 2015. Tampaknya *scientific literacy* lebih cocok dialih-bahasakan menjadi literasi ilmiah, dan *science literacy* menjadi literasi sains. Literasi sains (*scientific literacy*) berarti bahwa seseorang dapat bertanya, menemukan, dan menentukan jawaban-jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diturunkan dari keingintahuan tentang pengalaman sehari-hari. Hal ini berarti bahwa orang tersebut memiliki kemampuan untuk mempertelakan, menjelaskan, dan memprediksi gejala alam. Literasi sains (*science literacy*) diartikan sebagai kemampuan untuk memahami sains, mengomunikasikan sains (lisan dan tulisan) serta menerapkan pengetahuan sains untuk memecahkan masalah sehingga memiliki sikap dan kepekaan yang tinggi terhadap diri dan lingkungannya dalam mengambil keputusan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sains (Toharudin *et al.*, 2010).

Literasi sains dalam PISA berasal dari *scientific literacy*. Literasi lingkungan juga diases dalam studi PISA yang fokus utamanya literasi sains. Beberapa soal literasi sains, sekaligus dapat digunakan untuk mengungkap atau mengases literasi lingkungan. Contohnya pada PISA 2006, selain dilaporkan tentang hasil *Scientific Literacy*, dilaporkan juga hasil literasi lingkungan dengan bunyi “Green at Fifteen?” (OECD, 2007).

Dalam *Green at 15* dan melalui pembahasan yang khusus tentang literasi lingkungan telah dicoba diungkap kesiapan dan kepedulian siswa berusia 15 tahun menghadapi masalah lingkungan di bumi akibat keterbatasan daya dukung bumi. Soal-soal seperti hujan asam, pemanasan global dan beberapa contoh soal lainnya dimunculkan sebagai soal-soal yang mengungkap literasi lingkungan.

Literasi lingkungan dinilai dari soal-soal literasi yang spesifik berkaitan dengan lingkungan. Literasi lingkungan mungkin saja merupakan soal literasi sains yang konteksnya lingkungan atau mempermasalahkan lingkungan sebagai isu utamanya. Literasi lingkungan sering dikembangkan dan/atau diases pada usia lebih awal atau usia muda, sedangkan literasi sains sering dikembangkan dan/atau diases pada usia lebih kemudian atau lebih dewasa.

Literasi sains dalam PISA 2015 selain menuntut literasi yang regular, juga menekankan literasi finansial (*financial literacy*). Hal ini memperkuat studi tentang

keterampilan abad 21 dan literasinya (Griffin *et al.*, 2012). Bahkan pada kerangka PISA 2018 sudah tercantum ada kecenderungan untuk mengungkap kemampuan orang dewasa dari sejumlah negara peserta, bukan hanya siswa usia 15 tahun. Pengolahan datanya dilakukan dengan analisis model Rasch. Begitu pula akan diadakan kajian antar negara anggota dengan negara mitranya.

2. Sistem dan Berpikir Sistem dalam Pembelajaran Sains (dan STEM)

Suatu sistem telah dinyatakan “kompleks” (Jacobson, 2001; Johnson, 2009) jika memperlihatkan karakteristik tertentu antara lain sebagai berikut. Pertama, memiliki banyak agen yang berinteraksi. Kedua, dipengaruhi oleh perilaku agen-agensya (misalnya: umpan balik positif dan negatif) yang dapat dimodifikasi berdasarakan sejarah. Ketiga, terbuka dan memiliki “property” yang muncul tanpa pengendalian sentral. Keempat, memperlihatkan pola-pola yang muncul karena keteraturan atau karena ketidakteraturan.

Penelitian pendidikan sains sebelumnya telah mengusulkan cara-cara untuk menyelidiki pemahaman siswa dari aneka system yang kompleks. Sebuah contoh dalam structure-behaviour-function (SBF) framework yang telah digunakan untuk mendukung dan meneliti berpikir sistem siswa (Bray-Speth *et al.*, 2014; Dauer *et al.*, 2013; Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Liu & Hmelo-Silver, 2009; Vattam *et al.*, 2011). SBF pertama kali digunakan dalam *engineered systems* (Goel & Stroulia, 1996) yang kemudian diadaptasikan oleh peneliti lain (Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Hmelo-Silver & Pfefer, 2004; Jordan *et al.*, 2008).

Berpikir Sistem dikenal ada tiga rumpun. Pertama, berpikir sistem yang umum. Kedua berpikir sistem yang menunjukkan hubungan struktur dan fungsi. Ketiga, berpikir sistem yang dinamis. Berpikir sistem yang umum dapat diterapkan pada pembelajaran sel, berpikir sistem struktur dan fungsi dapat diterapkan pada fisiologi, khususnya mempelajari sistem organ pada manusia. Berpikir sistem yang dinamis diperlukan untuk memfasilitasi belajar sistem terbuka seperti pada saat mempelajari sistem respirasi yang sudah dipengaruhi oleh berbagai factor luar (asap rokok, uap air dari air conditioning), termasuk sistem alami yang sudah terkontaminasi campur tangan manusia melalui kegiatan-kegiatannya.

Dalam pendidikan STEM dikenal ada tripartit yang saling terjalin. Ketiga komponen tersebut adalah *core ideas*, *cross cutting concepts*, dan *Engineering design practice*. Core ideas dapat lebih mengarah pada Fisika, Kimia, Biologi secara terpisah ataupun sains secara terintegrasi atau bentuk lainnya. Dalam cross cutting concepts terdapat sejumlah komponennya, antara lain: pola, skala, struktur dan fungsi, sistem dan model sistem, energi, stabilitas. Dalam Engineering design practice ditemukan siklus yang beririsan dengan proses-proses sains (*scientific processes*). Jadi sistem merupakan aspek

penting yang dibahas dalam pendidikan STEM. Pembelajaran berbasis STEM dimungkinkan apabila pembelajaran sains menekankan atau berbasis inkuiri. Pembelajaran sains berbasis inkuiri sedang ditekankan benar dalam esensi kurikulum 2013. Inkuiri adalah hakikat sains itu sendiri.

HAKIKAT SAINS DAN HAKIKAT ASESMEN DALAM PEMBELAJARAN BIOLOGI

1. Hakikat Sains

Hakikat sains sangat penting untuk menjadi perhatian semua pendidik sains dalam membelajarkan sains. Sains sebagai produk, proses dan aplikasi, sekaligus sebagai nilai dan sikap ilmiah. Hakikat sains dan pembelajaran sains adalah inkuiri itu sendiri (NRC, 1996). Banyak terjadi miskonsepsi tentang hakikat sains (Adisendjaja, 2016), baik secara per orangan maupun secara kelompok terkait kearifan local (*local wisdom*). Dalam pembelajaran sains seyogianya ada kegiatan (science activities) yang membekali peserta didik untuk mengembangkan operasi mereka menjadi sesuatu yang lebih bermakna dalam memahami pola atau pattern di alam dan hakikat sains sekaligus melatih keterampilan-keterampilan saintifik (ilmiah) dan menumbuhkan kepedulian terhadap alam dan upaya pelestarian fungsinya.

Dalam the Next Generation Science Standard atau NGSS dan Framework for K-12 Science Education (2013) dalam *connections to Nature of Science* (NoS) dicontohkan bagaimana materi Earth's place in the Universe dapat dibuat bergradasi untuk berbagai level, mulai dari hanya:

“Scientific knowledge assumes an Order and Consistency in Natural Systems: *Science assumes natural events happen today as they happened in the past (1-ESS1-a); *Many events are repeated (1-ESS1-a) ke arah “science assumes consistent patterns in natural systems” (4-ESS1-a); menjadi: “Science assumes that objects and events in natural systems occur in consistent pattern that are understandable through measurement and observation” (MS-ESS1-f), (MS-ESS1-g), hingga: “Scientific knowledge assumes an Order and Consistency in Natural systems: * scientific knowledge is based on the assumption that natural laws operate today as they did in the past and they will continue to do so in the future (HS-ESS1-g); * Science assumes the universe is a vast single system in which basic laws are consistent” (HS-ESS1-g).

Terkait dengan Earth's System (2-ESS2) dinyatakan connections to NoS sebagai berikut. “Science is a way of knowing: science knowledge helps us know about the world”(2-ESS2-a),(2-ESS2-f). Untuk *level middle school* di pendidikan dasar: “Science assumes that

objects and events in natural systems occur in consistent patterns that are understandable through measurement and observation” (MS-ESS2-o). Terkait dengan aktivitas manusia di bumi ditemukan connections to NoS sebagai berikut: “Science in a human Endeavor: *Science affects everyday life” (3-ESS3-b). Selanjutnya ditemukan masih berhubungan dengan connection to NoS: “Science addresses questions about the Natural and Material World: *Science findings are limited to questions that can be answered with empirical evidence” (5-ESS3-b). Lebih jauh ditemukan terkait connections to NoS: “Science addresses questions about the natural and Material world: *Science knowledge can describe consequences of actions but does not make the decisions that society takes”, sedangkan untuk “Science as a way of knowing: *science knowledge is cumulative and man-people, from many generations, and nations have contributed to science knowledge” (MS-ESS3-b). Akhirnya untuk jenjang SMA connections to NoS: “science addresses questions about the natural and material world: *Science and technology may raise ethical issues for which science, by itself, does not provide answers and solutions (HS-ESS3-b); *Science knowledge indicates what can happen in natural systems—not what should happen. The latter involves ethics, values, and human decisions about the use of knowledge (HS-ESS3-b); *Many decisions are not made using science alone, but rely on social and cultural contexts to resolve issues” (HS-ESS3-b).

2. Hakikat Asesmen (assessment of/for/as learning)

Ditinjau dari hubungannya dengan pembelajaran, asesmen dapat ditujukan untuk menilai hasil belajar (*assessment of learning*), menilai proses belajar (*assessment for learning*), dan menilai potensi diri sendiri (*assessment as learning*). Dari ketiga tujuan tersebut tampaknya belum banyak yang memanfaatkan *assessment for learning*, padahal tujuan inilah yang paling banyak mempengaruhi kebiasaan belajar dan belajar berkelanjutan pembelajar, apalagi *assessment as learning* (Rustaman *et al.*, 2016).

Assessment for learning sangat bersesuaian dengan penerapan asesmen kinerja (performance assessment) dalam pelaksanaan asesmen formatif. Para praktisi di lapangan belum optimal memberdayakan asesmen kinerja dan lainnya untuk tujuan *assessment for learning*.

Penekanan berlebihan pada assessment of learning cenderung meningkatkan daya saing atau kompetisi antar siswa. Hal itu baik dalam satu aspek tapi tidak baik dalam aspek lainnya. Di abad 21 diperlukan kompetensi kolaborasi dan komunikasi, selain berpikir kritis dan pemecahan masalah, serta kreativitas dan inovasi (Binkley *et al.*, 2012).

3. Pembelajaran Sains/Biologi for Developing Sustainable Environment

Pembelajaran sains atau biologi cenderung ditekankan pada penguasaan konsep semata, kurang menekankan pengembangan penalaran dan penanaman

kepedulian dan kesadaran akan pentingnya memelihara **fungsi lingkungan**. Hal itu antara lain dapat disebabkan karena kurangnya penekanan asesmen pada kompetensi yang perlu dikembangkan dan diasah. Dalam *living in the world* sebagai konteks pengembangan kompetensi abad 21 sangat ingin ditekankan pada kondisi bumi di tatasurya kita, posisi manusia di alam, di jagat raya khususnya di bumi. Untuk mendukung manusia hidup aman, sejahtera dan nyaman dengan jumlah populasi manusia seperti sekarang ini ditambah ledakan penduduk di belahan bumi bagian selatan, maka diperlukan dua bumi.

SISTEM PEMBELAJARAN SAINS/BIOLOGI BERORIENTASI LITERASI

1. Apakah dan Mengapa Sistem Pembelajaran

Sebagai suatu sistem, sistem pembelajaran memiliki komponen-komponennya yang sudah disadari bersama, dan bahwa komponen-komponen tersebut perlu saling mendukung untuk mencapai hasil yang komprehensif dalam menjalankan fungsi atau perannya. Namun pada kenyataannya komponen –komponen sistem pembelajaran berjalan sendiri-sendiri.

Apabila diinginkan sistem pembelajaran yang berorientasi pada literasi, maka seyogianya literasi tersebut dijadikan tujuan dan rujukan dalam pembelajaran. Berapa banyak guru sains dan guru bidang lainnya yang memahami makna literasi? Bagaimana mereka dapat menerapkannya dan menjadikannya tujuan atau rujukan apabila maknanya saja tidak dipahami dengan benar?

Sudah sejak lama prinsip siswa belajar aktif diperkenalkan dan konon kabarnya diberlakukan di Indonesia dengan diawali di sekolah dasar. Namun tampaknya belajar aktif yang terjadi tidak selalu relevan dengan makna siswa belajar aktif secara fisik (manual) dan mental (intelektual) yang diharapkan. Siswa belajar aktif secara fisik, duduk berkelompok, tetapi tidak ada kolaborasi. Bahkan dalam pembelajaran kooperatif pun ditekankan hanya duduk berkelompok, hasilnya per kelompok, tapi tidak setiap siswa yang terlibat berkembang dan mencapai kompetensi yang direncanakan, karena sistem penilaiannya yang tidak mendukung.

Sebuah sistem akan berhasil baik apabila anggota atau komponen-komponennya diberdayakan selengkapnyanya. Seluruh komponen yang terkait dalam setiap sistem pembelajaran seyogianya memahami peran dan kontribusinya dalam peningkatan kompetensi peserta didik, dan semuanya dilaksanakan semata-mata untuk kepentingan peserta didik. Semangat melayani dan mendidik para pendidik kita perlu direvitalisasi dan dicontohkan melalui tindakan nyata. Tipe kepemimpinan di level kelas, level sekolah, di level regional sangat berperan penting untuk kesuksesan sistem pembelajaran berorientasi literasi. Pemimpin yang amanah yang memiliki kognitif tinggi disertai nilai moral yang sejalan, sangatlah dibutuhkan oleh penduduk Indonesia yang sedang berjuang di kancah regional dan global.

2. Bagaimana Mewujudkan Pembelajaran Berorientasi Literasi

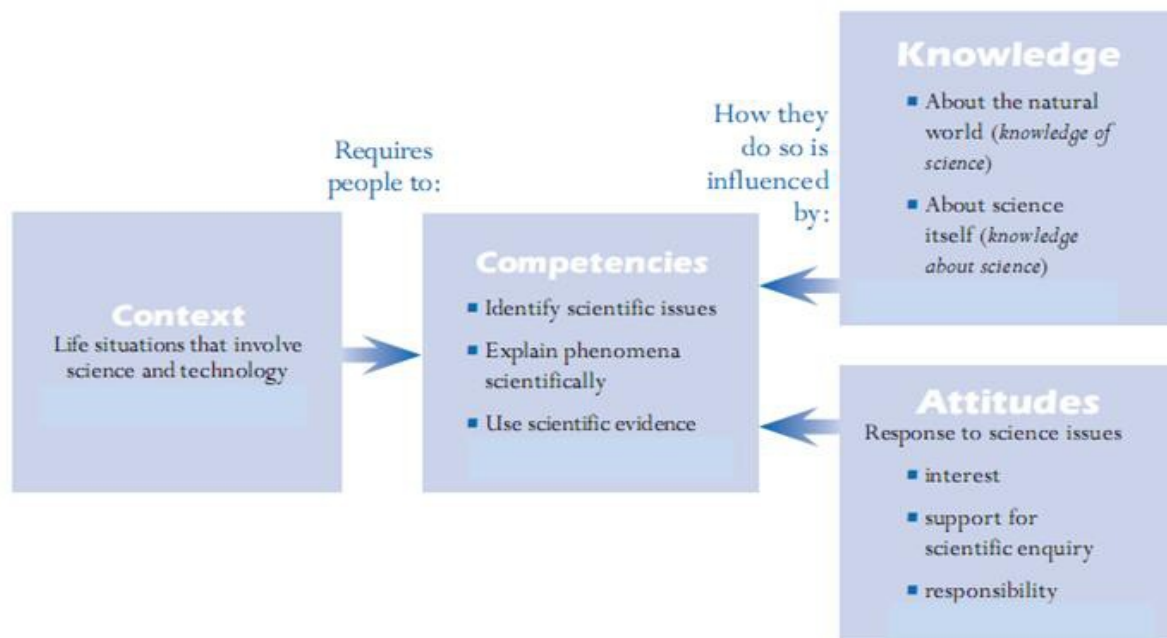
Guru IPA (Biologi) di tingkat dasar menengah harus dibekali penekanan yang kuat dalam **inkuiri kolaboratif** di laboratorium dan di lapangan dan juga dibekali pemahaman yang lebih mendalam daripada guru SD tentang biologi untuk dapat membantu siswa memahami: struktur sistem kehidupan, klasifikasi organisme, sistem reproduksi dan gangguan terhadap makhluk hidup termasuk alergi, racun, penyakit dan agresi.

Melalui penugasan proyek atau riset mini (mini research) para siswa di kelas dapat diberdayakan untuk belajar sains/biologi berorientasi literasi. Selanjutnya merujuk scientific competency menurut PISA serta pelevelannya (Bybee et al., 2009) maka masing-masing subkompetensinya perlu menjadi acuan dalam pembelajaran, sains berorientasi literasi. Selain itu sesuai dengan tema seminar yang menekankan multidisipliner,

maka pemelajaran yang disarankan dicoba mengikuti kriteria sub kategori masing-masing kompetensi.

Untuk menjawab tantangan studi asesmen internasional seperti PISA, kurikulum 2013 menuntut kompetensi inti yang tidak hanya terkait dengan pengetahuan dan penalaran, tetapi juga keterampilan saintifik, dan sikap saintifik. Disayangkan level profisiensinya kurang dipahami oleh para pendidik, khususnya pendidikan sains. Pengenalan subkategori dalam dimensi pengetahuan dan proses konstruksinya masih jauh untuk dicapai apabila pembelajaran sains/biologi sebagaimana yang biasa ditemukan di sekolah-sekolah.

Dalam PISA komponen *scientific literacy* dibedakan menjadi: kompetensi (*competency*) sebagai inti yang diases, konteks (*context*), pengetahuan (*knowledge*), dan sikap (*attitudes*). Komponen-komponen lainnya mendukung ke arah kompetensi.



Gambar 1. Komponen-komponen yang diases dari scientific literacy dalam PISA

Dalam kompetensi sangat jelas dibedakan tiga sub komponennya, yakni mengidentifikasi isu-isu saintifik, menjelaskan fenomena secara saintifik, dan menggunakan bukti-bukti saintifik. Level-level pencapaian masing-masing sub komponen tersebut dianalisis oleh Bybee et al. (2007) sebagaimana terdapat dalam Lampiran makalah ini. Masing-masing mencakup enam level dengan gradasi yang jelas.

Pembelajaran sains (termasuk biologi berorientasi literasi peserta didik tidak lain adalah dengan mengkaji komponen-komponen yang dinilai dan menmbekalkannya kepada para peserta didik, bukan dengan melatih soal-soal literasi sains menurut PISA. Apabila dikaji komponen-komponen dalam pelevelan sub komponen

kompetensi *scientific literacy* jelaslah unsur-unsurnya lebih menunjukkan sifat ilmiah atau scientificnya dari pada science nya.

Komponen “knowledge” yang terdiri dari: *knowledge of science* dan *knowledge about science* bukanlah aspek utama yang diases, melainkan aspek pelengkap. Jika Indonesia ingin membekali generasi mudanya dengan kompetensi yang menjadi tolok ukur keliterasian saintifik/ilmiah yang diperlukan bagi seorang dewasa untuk dapat hidup berkomunikasi dan berkolaborasi secara kreatif dan kritis dalam menyelesaikan masalah dan sekaligus memperbaiki perolehan ranking dalam PISA.

PENUTUP

Karakteristik Biologi yang kompleks dan memerlukan berpikir sistem dapat berkontribusi pada kehidupan manusia di lingkungan alamnya (bumi yang merupakan salah satu planet dalam sistem tata surya). Upaya manusia memanfaatkan bumi dan isinya perlu tetap memperhatikan daya dukung bumi. Kompetensi abad 21 perlu diintegrasikan dalam pembelajaran sains berorientasi pengembangan literasi peserta didik, karena kompetensi tersebut didukung dengan literasi (literasi dasar dan literasi lainnya) dan karakter sebagai konteksnya. Pengembangan literasi dan karakter ataupun moral senantiasa berlangsung bersama kognisi agar berkompeten, berkarakter dan literate. Pengembangan kognitif semata tidak akan menghasilkan generasi muda yang kompeten, berkarakter dan literate.

DAFTAR RUJUKAN

- Adisendjaja, Y.H. (2016). *Konsepsi mahasiswa calon guru Biologi dan guru IPA peserta Pengembangan Profesional Guru tentang Hakikat sains dan Inkuiri ilmiah*. Disertasi Doktor Pendidikan IPA Sekolah Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung: tidak diterbitkan.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., & Rumble, M., (2012). Defining Twenty-first Century Skills. In Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (Eds.), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. New York: Springer Science-Business media, B.V., 17-66.
- Bray-Speth, I., Shaw, N., Momsen, J. Reinagel, A., Le, Taqieddin, R., & Long, T. (2014). Introductory biology students' conceptual models and explanations of the origin of variation. *CBE-Life Sciences Education*, 13(3), 529-539.
- Bybee, R., McCrae, B. and Laurie, R. (2009). *PISA 2006: An Assessment on Scientific Literacy* page 880
- Dauer, J., & Dauer, J. (2016). A framework for understanding the characteristics of complexity in biology. In *International Journal of STEM Education*. 3 (13). Open Access. Springer Open. DOI 10.1186/s40594-016-0047-y
- Dauer, J.T, Monsen, J.L., Speth, E.B., Makohon-Moore, S.C. & Long, T.M. (2013). Analyzing change in students' gene-to-evolution models in college-level introductory biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 639-659.
- Goel, A., & Stroulia, E. (1996). Functional device models and model-based diagnosis in adaptive design. *Artificial intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*. 10 (04), 355-370.
- Hmelo-Silver, C.E. Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lung breathe, expert-novice understanding of complex systems. *Journal of Learning Science*, 16(3), 307-331.
- Hmelo-Silver, C.E., & Pfefer, M. G., (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviors, and functions. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal*, 28(1), 122-138.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The meaning of Scientific Literacy. *International Journal of Environmental & Science Education*. 4 (3). July 2009, pp 275-288.
- Jacobson, M. (2001). Problem solving, cognition, and complex systems: differences between experts and novices. *Complexity*, 6(3), 41-49.
- Johnson, N. (2009). Two's company, three is complexity. In *Simply Complexity: A Clear Guide to Complexity Theory* (pp. 3-18). London: Oneworld Publications.
- Jordan, R., Gray, S., Demeter, M., Liu, L., & Hmelo-Silver, C. (2008). Adding behaviour to thinking about structures & function, *American Biology Teacher*, 70(6), 329-330.
- Liu, I., & Hmelo-Silver, C.F. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*. 40 (9), 1023-1040.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Next Generation Science Standard (NGSS), (2013), Appendix F: Engineering Practice, Retrieved at March 17, 2013 from <http://ngss.org>
- OECD. (2007). *PISA 2006 Science Competencies for Tomorrow World: Volume I Analysis*. OECD Publishing.
- Rustaman, N.Y., Rusdiana, D., Liliawaty, W., & Efendi, R. (2016). *A workshop program on Authentic Assessment for Science Teacher*. MSCEIS
- Toharudin, U., Hendrawati, S. & Rustaman, A. (2011). *Membangun Literasi Sains Peserta Didik*. Bandung: Humaniora.
- Vattam, S.S., Goel, A.K., Rugaber, S., Hmelo-Silver, C.E, Jordan, R., Gray, S., & Sinha, S., (2011). Understanding complex natural systems by articulating structure-behavior-function models. *Journal of Educational Technology and Society*. 14(1), 66-81.

LAMPIRAN

Tabel 1. Level Literasi menurut Shamos (1995)

Level	Jenis Literasi	Uraian penjelasan
1	<i>Cultural Literacy</i>	berkenaan dengan informasi faktual yang dibutuhkan untuk membaca surat kabar/majalah dan menyangkut hapalan di luar kepala dari suatu pemahaman konsep atau istilah ilmiah
2	<i>Functional Literacy</i>	berhubungan dengan pemahaman beberapa pemikiran sains sehingga dapat menimbulkan pembicaraan yang bermakna terhadap suatu isu ilmiah, pemahaman yang luas dan tidak spesifik.
3	<i>True Science Literacy</i>	berkenaan dengan pengetahuan tentang teori-teori sains, ditandai dengan kepemilikan pengetahuan beberapa konsep umum yang mendasari sains, peran eksperimen pada sains, unsur-unsur untuk menginvestigasi sesuatu & logika prosesnya serta pentingnya suatu bukti yang objektif.

Tabel 2. Level atau Tingkatan Literasi Sains menurut Bybee (1997)

No	Level Literasi	Karakteristik orang yang memilikinya
1	<i>Nominal Literacy</i>	mempunyai kemampuan dapat mengenali istilah ilmiah, tanpa dapat memahami artinya dengan jelas
2	<i>Fungsional Literacy</i>	dapat menggunakan kata-kata dalam sains dan teknologi, tanpa dapat keluar dari konteks
3	<i>Conceptual & Prosedural Literacy</i>	dapat mendemonstrasikan pemahaman dan hubungan antara konsep dengan prosesnya;
4	<i>Multi-dimensional Literacy</i>	memahami konsep sains dan teknologi, sekaligus dapat mengembangkan perspektif terhadap sains dan teknologi termasuk hakikat sains (<i>nature of science</i>), peran sains (<i>role of science</i>) & teknologi dalam kehidupan personal atau umum

Table 3. Identifying scientific issues: Summary descriptions of the six proficiency level (Bybee et al., 2009: 880)

Level	Proficiency at Each Level
	Student at this level,
6	Demonstrate an ability to compare and differentiate among competing explanations by examining supporting evidence. They can formulate arguments by synthesizing evidence from multiple sources.
5	Are able to interpret data from related datasets presented in various formats. They can identify and explain differences and similarities in the datasets and draw conclusions based on the combined evidence presented in those datasets.
4	Can interpret a dataset expressed in a number of formats, such as tabular, graphic and diagrammatic by summarizing the data and explain relevant patterns. They can use the data to draw relevant conclusions. Students can also determine whether the data support assertions about a phenomenon.
3	Are able to select a piece of relevant information from data in answering a question or in providing support for or Against a given conclusion. They can draw a conclusion from an uncomplicated or simple information is present to support a given conclusion.
2	Are able to recognize the general features of a graph if they are given appropriate cases, and can point to an obvious feature in a graph or simple table in support of a given statement. They are able to recognize if a set of given characteristics apply to the function of everyday artefacts in making choices about their use.
1	In response to a question, students at this level can extract information from a fact sheet or diagram pertinent to a common context. They can extract information from bar graphs where the requirement is simple comparisons of bar heights. For common, experienced contexts, students at this level can attribute an effect to a cause.
Below level 1	

Table 4. Explaining phenomenon scientifically: Summary descriptions for the six proficiency levels

Level	Proficiency at Each Level
	Student at this level,
6	Can draw on a range of abstract scientific knowledge and concepts and the relationships between these in developing explanations of processes within systems
5	Draw on knowledge of two or three scientific concepts and identify the relationship between them in developing an explanation of a contextual phenomenon.
4	Have an understanding of scientific ideas, including scientific models, with a significant level of abstraction. They can apply a general, scientific concept containing such ideas in the development of an explanation of a phenomenon.
3	Can apply one or more concrete or tangible scientific ideas/concepts in the development of an explanation of a phenomenon. This is enhanced when there are specific cues given or options available from which to choose. When developing an explanation, cause and effect relationships are recognized and simple, explicit scientific models may be drawn upon.
2	Can recall an appropriate, tangible, scientific fact applicable in a simple and straight-forward context and can use it to explain or predict an outcome.
1	Can recognize simple cause and effect relationships given relevant cues. The knowledge drawn upon is a singular scientific fact that is drawn from experience or has widespread popular currency.
Below level 1	

Table 5. Using scientific evidence: Summary descriptions of the six proficiency levels

Level	Proficiency at Each Level
	Student at this level,
6	Demonstrate an ability to understand & articulate the complex modelling inherent in the design of an investigation
5	Understand the essential elements of the scientific investigation and thus can determine if scientific methods can be applied in a variety of quite complex and often abstract contexts. Alternatively, by analysing a given experiment they can identify the question being investigated & explain how the methodology relates to that question
4	Can identify the change and measured variables in an investigation and at least one variable that is being controlled. They can suggest appropriate ways of controlling that variable. The question being investigated in straightforward investigations can be articulated.
3	Are able to make judgments about whether an issue is open to scientific measurement and, consequently, to scientific investigation. Given a description of an investigation they can identify the change and measured variables.
2	Can determine if scientific measurement can be applied to a given variable in an investigation. They can recognize the variable being manipulated (changed) by the investigator. Students can appreciate the relationship between a simple model and the phenomenon it is modelling. In researching topics students can select appropriate key words for a search.
1	Can suggest appropriate sources of information on scientific topics. They can identify a quantity that is undergoing variation in an experiment. In specific context they can recognize whether that variable can be measured using familiar measuring tools or not.
Below level 1	