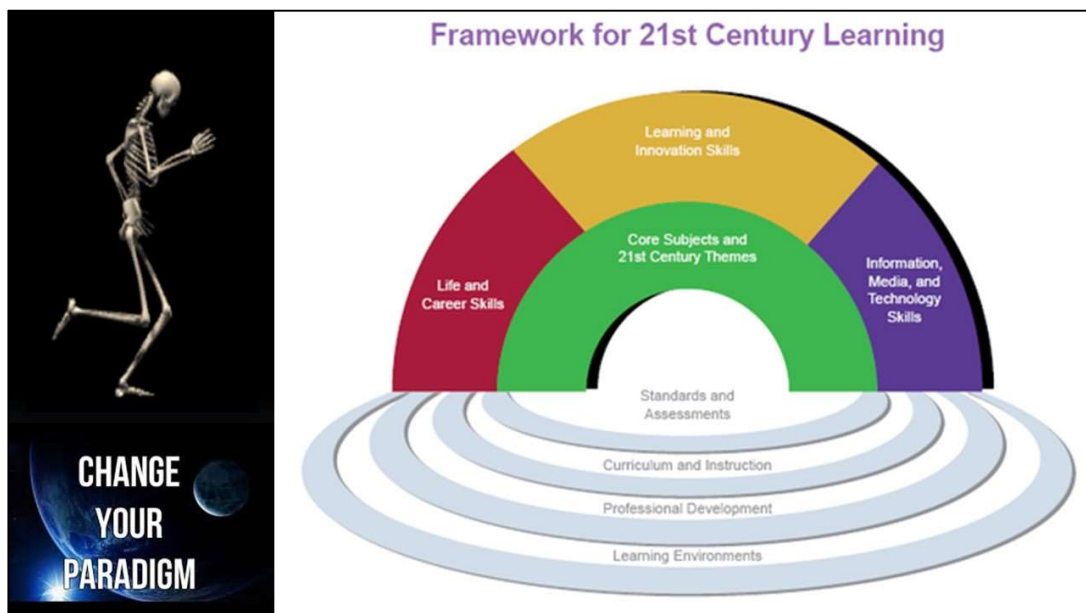


Praktikum untuk Membangun Kompetensi

Bambang Supriatno, Dr., M.Si
Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
E-mail: bambangs@upi.edu





PARADIGM SHIFT

Core Subjects

- English
- Reading/Lang Arts
- World Languages
- Arts
- Mathematics
- Economics
- Science
- Geography
- History
- Government
- Civics

21st Century Themes

(21st Century Content)

- Global Awareness
- Financial, Economic, Business and Entrepreneurial Literacy
- Civic Literacy
- Health Literacy

The diagram features a rainbow arch with four segments: red (Life and Career Skills), yellow (Learning and Innovation Skills), green (Core Subjects and 21st Century Themes), and purple (Information, Media, and Technology Skills). Below the arch are four concentric circles representing Learning Environments, Professional Development, Curriculum and Instruction, and Standards and Assessments. An arrow points from the 'Core Subjects and 21st Century Themes' segment to the 'Core Subjects' list.

Learning and Innovation Skills

- Creativity and Innovation Skills
- Critical Thinking and Problem Solving Skills
- Communication and Collaboration Skills

Information, Media & Technology Skills

- Information Literacy
- Media Literacy
- ICT Literacy (Information, Communications, and Technology)

The diagram features a rainbow arch with four segments: red (Life and Career Skills), yellow (Learning and Innovation Skills), green (Core Subjects and 21st Century Themes), and purple (Information, Media, and Technology Skills). Below the arch are four concentric circles representing Learning Environments, Professional Development, Curriculum and Instruction, and Standards and Assessments. Arrows point from the 'Learning and Innovation Skills' and 'Information, Media, and Technology Skills' segments to their respective lists.

**CHANGE YOUR PARADIGM
CHANGE YOUR LIFE**

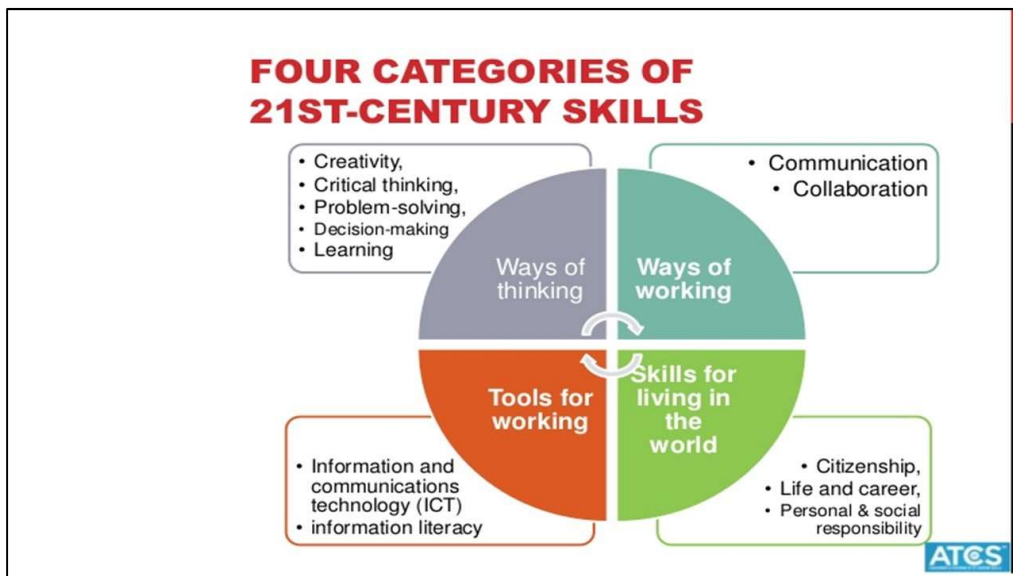
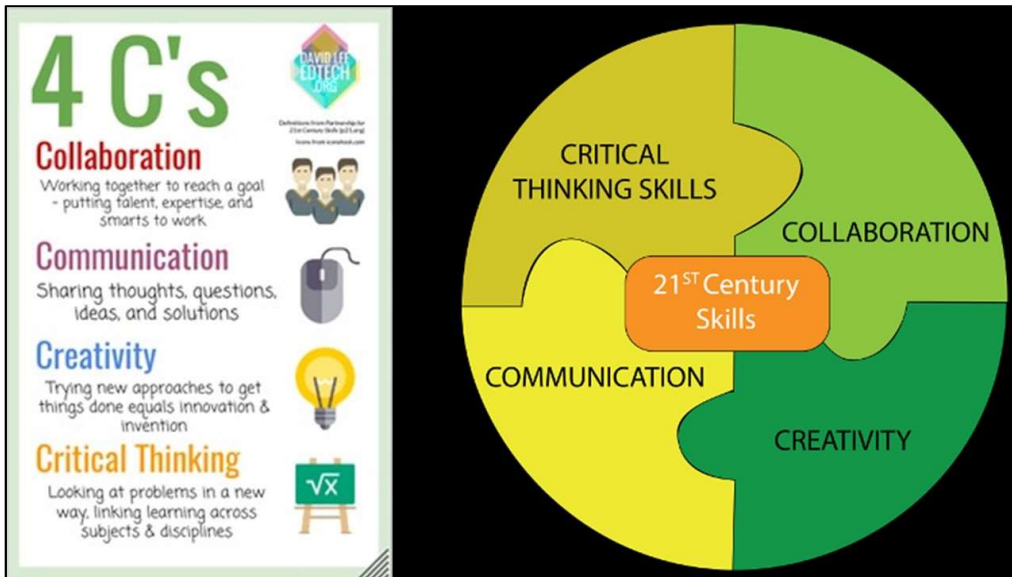
ATTENTION

PARADIGM SHIFT

Life and Career Skills

- Flexibility and Adaptability
- Initiative and Self Direction
- Social and Cross-Cultural Skills
- Productivity and Accountability
- Leadership and Responsibility

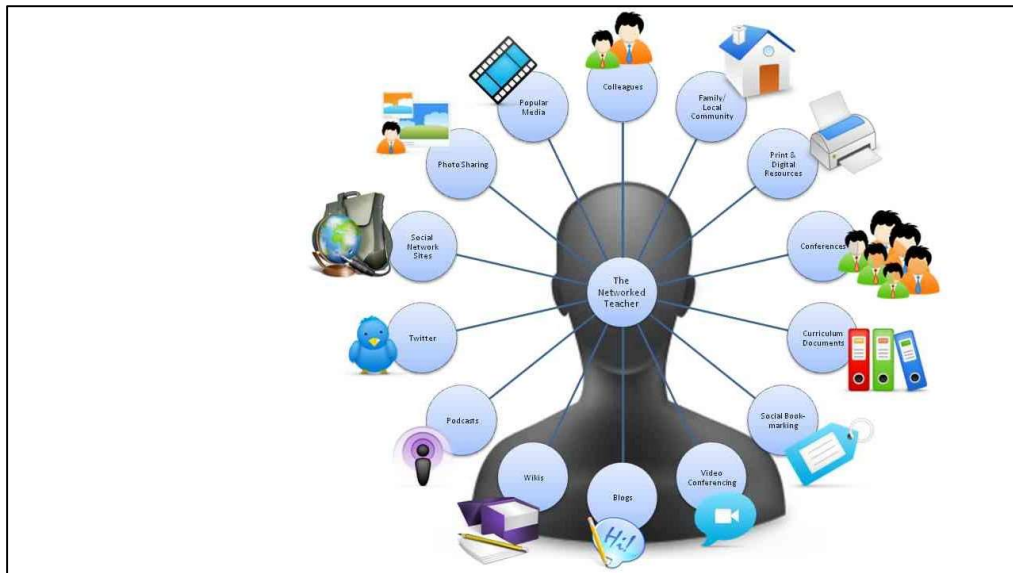
The diagram features a rainbow arch with four segments: red (Life and Career Skills), yellow (Learning and Innovation Skills), green (Core Subjects and 21st Century Themes), and purple (Information, Media, and Technology Skills). Below the arch are four concentric circles representing Learning Environments, Professional Development, Curriculum and Instruction, and Standards and Assessments. An arrow points from the 'Life and Career Skills' segment to the 'Life and Career Skills' list.



Media literacy is:

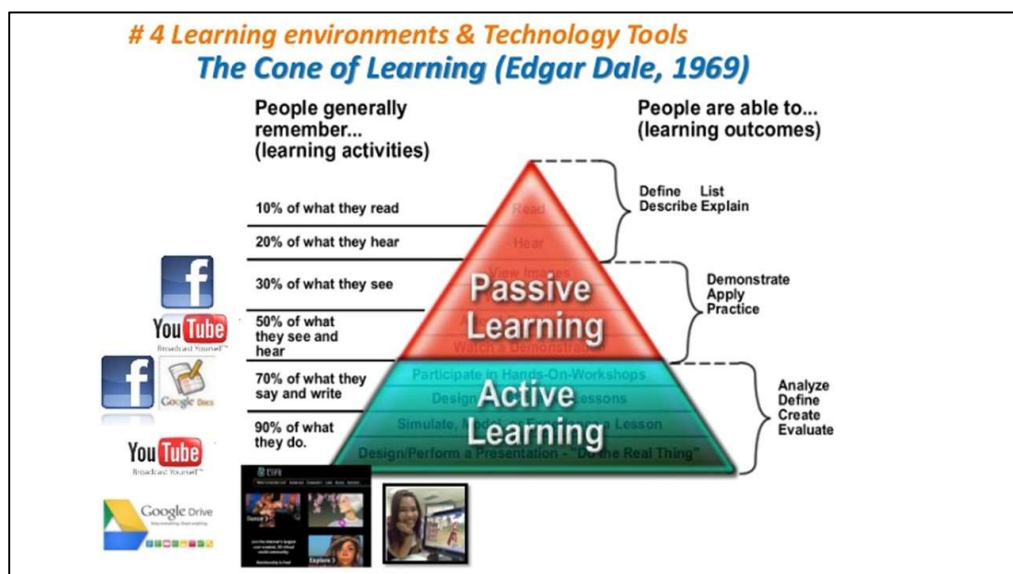
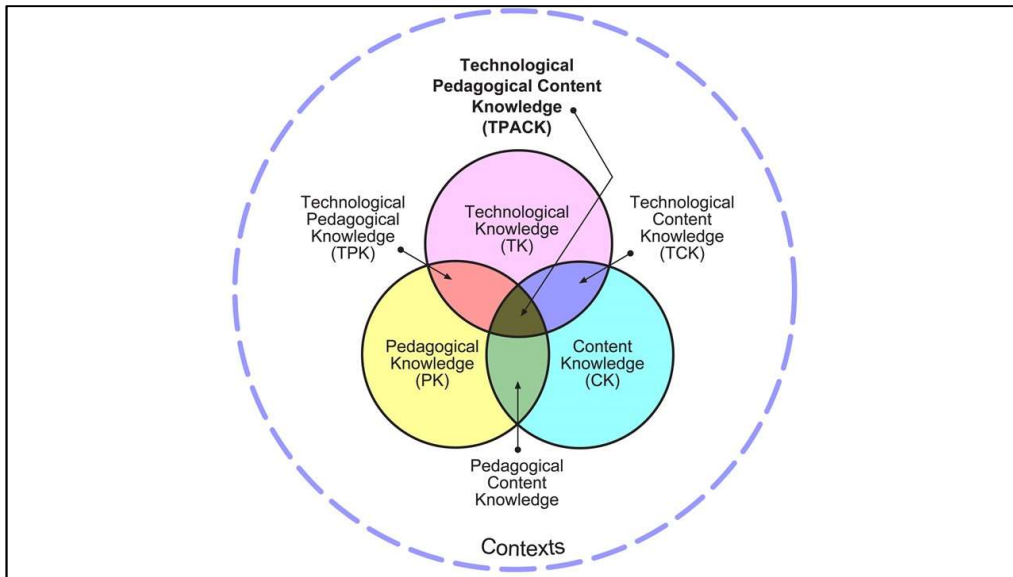
- the ability to *access, analyze, evaluate* and *produce* media
- the process of becoming *active*, rather than *passive*, consumers of media

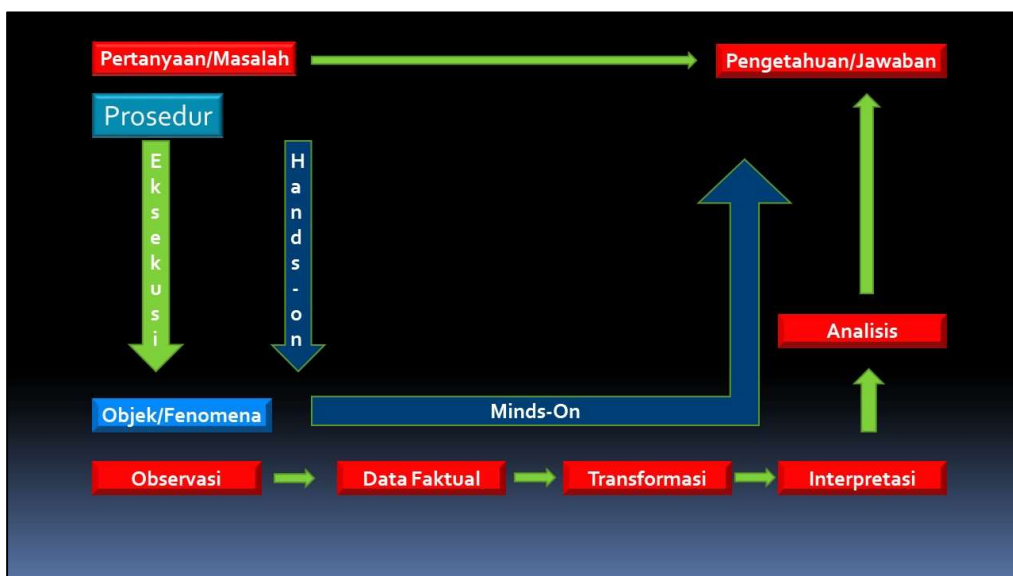
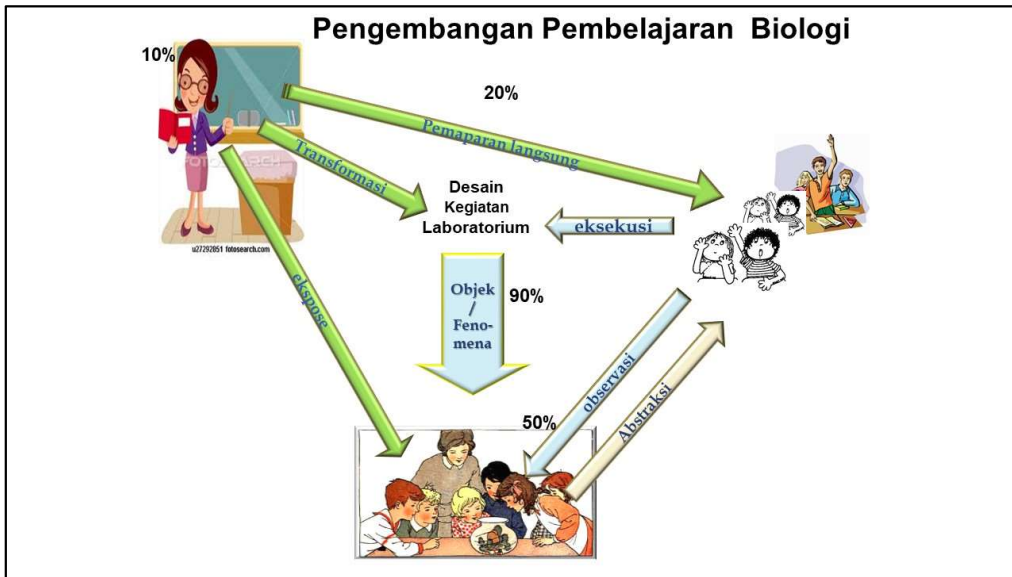




Abad 21, guru harus melek teknologi.

- White boards interaktif, kamera, tablet, laptop dan internet merupakan suatu kebutuhan dalam pembelajaran
- Sekolah-sekolah virtual dan belajar online tumbuh dengan sangat cepat
- Calon guru dituntut untuk mampu menggunakan teknologi dalam pembelajaran sains, namun tidak berarti teknologi menggantikan "proses sains" dalam pembelajaran, karena teknologi tidak dapat menggantikan guru
- Pengetahuan transferabel tentang how, why and when, untuk menjawab dan menyelesaikan masalah dalam situasi tertentu



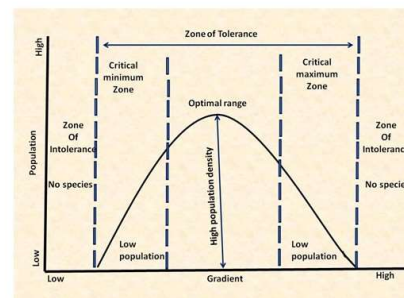


Kompetensi SDM

- Kemampuan Guru Menggunakan Alat (SMP) :
 - 40 -47% (sumatra);
 - 60 -65% (Jawa)
- Kemampuan Guru Mengembangkan Keg. Lab 53%

Pengembangan Praktikum Berorientasi Quantitative Literacy

Literasi kuantitatif yang dimaksud ialah kemampuan interpretasi, representasi, perhitungan, aplikasi, asumsi, dan komunikasi (AACU, 2009).

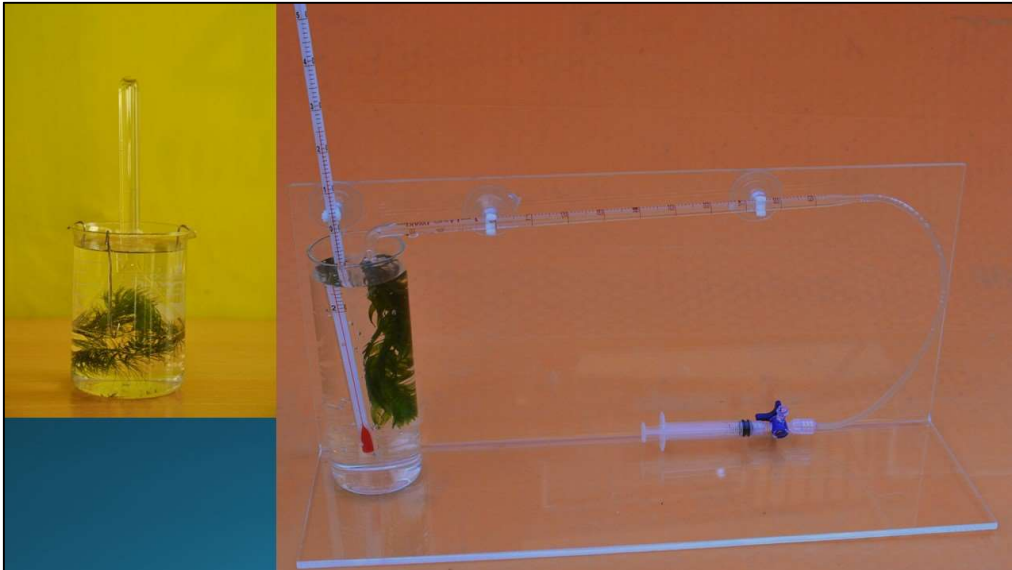


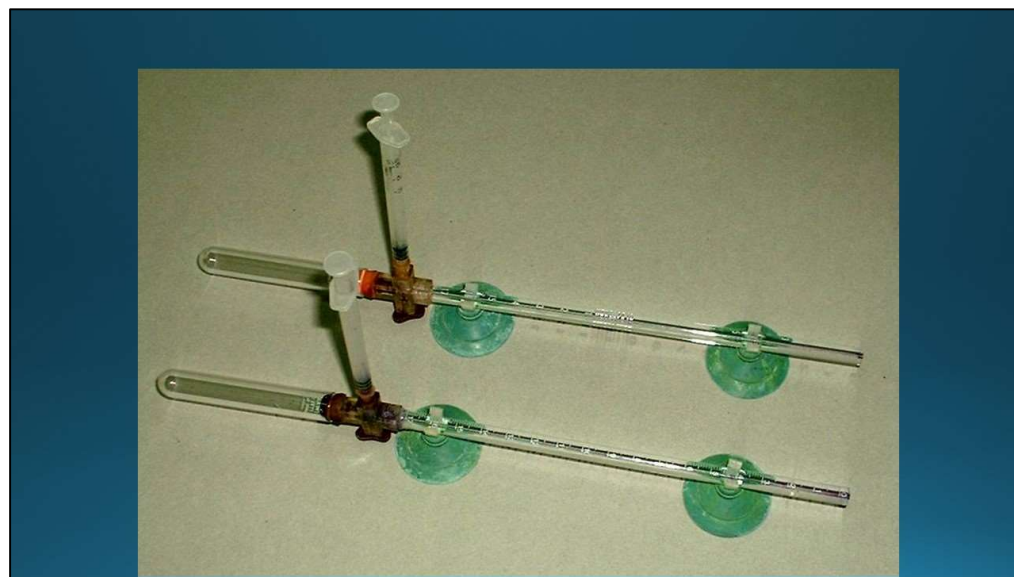
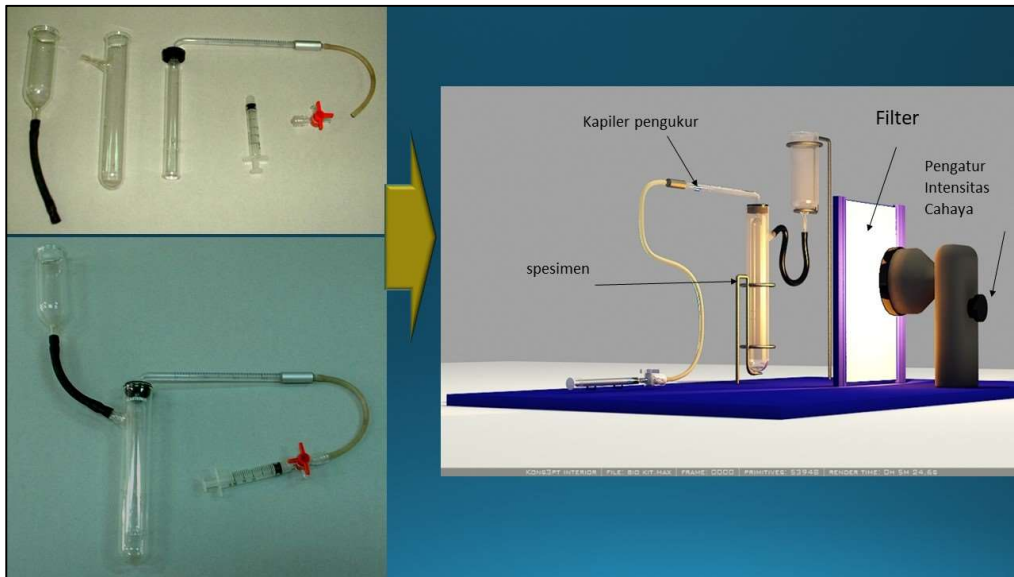
Literasi kuantitatif dalam Biologi

- Biologi memiliki hubungan yang sinergis dengan matematika, biologi menghasilkan masalah yang menarik, dan matematika menyediakan jalan untuk memahami masalah di dalam biologi (Shonkwiler dan Herod, 2009).
- Individu dengan kemampuan literasi kuantitatif yang kuat memiliki kemampuan untuk memikirkan dan memecahkan masalah kuantitatif dari beragam konteks otentik dan situasi kehidupan sehari-hari.



- Agar menjadi efektif, keterampilan numerasi harus diajarkan dan dipelajari dalam situasi yang *meaningful and memorable*. (Steen et all,2000)









Praktikum untuk Membangun Kompetensi

Bambang Supriatno, Dr., M.Si

Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
E-mail: bambangs@upi.edu

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam bidang pendidikan disatu sisi mempermudah dan mempercepat arus informasi dan materi pembelajaran, tetapi disisi lain mengeliminasi berbagai kompetensi psikomotorik dan logika berfikir bahkan berpengaruh kuat terhadap konstruksi karakter. Perlu adanya kajian untuk mengadaptasi, menerapkan dan mensiasati pemilihan strategi dan media yang tepat dalam meningkatkan kualitas proses belajar sehingga mampu mengembangkan kompetensi untuk abad 21. Ketika kekuatan teknologi semakin tidak dapat dibendung, praktikum merupakan benteng terakhir yang mampu mengontruksi kompetensi berkarakter.

1. PENDAHULUAN

Abad ke-21 merupakan abad globalisasi yang penuh tantangan. Tantangan abad globalisasi memiliki kriteria khusus yang ditandai oleh hiperkompetisi (persaingan internasional), revolusi teknologi, migrasi, pasar yang terus berubah, tantangan politik, dan perubahan lingkungan (Scott, 2015). Untuk siap menghadapi tantangan diperlukan Sumber Daya Manusia (SDM) berkualitas yang memiliki berbagai kompetensi. *National Education Association* (NEA, 2010), menyatakan ada empat kompetensi yang harus dimiliki oleh SDM di abad 21 yang dikenal sebagai 4C yaitu *critical thinking and problem solving* (berpikir kritis dan mampu memecahkan masalah), *communication* (komunikasi), *collaboration* (kolaborasi), *creativity* dan *innovation* (kreatif dan inovatif). Untuk menjawab tantangan dan tuntutan di atas, maka dapat dilakukan melalui pengembangan strategi, metode, pendekatan dan model serta media pembelajaran yang dapat menunjang proses kegiatan belajar mengajar.

Salah satu kompetensi yang menantang dalam pembelajaran adalah menentukan media yang tepat, karena tidak satupun media yang dapat dipergunakan untuk berbagai pembelajaran. Media secara fisik merupakan benda mati, apapun bentuk dan wujudnya tidak berarti bila tidak digunakan dalam konteks pembelajaran yang tepat. Media dalam pembelajaran mengandung makna proses yang dikembangkan untuk mengkontruksi pengetahuan atau mengembangkan kompetensi tertentu. Tujuan penggunaan media adalah untuk meningkatkan kualitas proses pembelajaran sehingga hasil belajar mencapai target yang ditetapkan. Oleh karena itu penerapan media pembelajaran tidak terlepas juga

dari penerapan strategi yang tepat. Secara sederhana penggunaan media pembelajaran adalah untuk memperantarai interaksi kognitif sehingga peserta didik mampu mengembangkan kognisinya untuk mengkontruksi pengetahuan.

Peserta didik masa sekarang merupakan “*digital native*”, kompetensinya dalam mempergunakan teknologi digital sudah tidak diragukan lagi. Mereka sejak masa kanak-kanak sudah diperkenalkan dengan berbagai media digital, mulai dari game dalam bentuk Play Station, HP, Tablet, Laptop dll. Kemampuan nalar mereka terhadap icon-icon dalam media digital sangat adaptif. Digital Native menerima informasi dengan sangat mudah dan cepat, sehingga mereka beradaptasi dengan cara dapat melakukan beberapa pekerjaan sekaligus (*multi task*). Mereka mampu memperoleh berbagai informasi secara tepat dan cepat melalui web, dimanapun dan kapanpun. Mereka bisa belajar dalam kelas sambil mencari informasi lain, atau mengerjakan pekerjaan lain. Teknologi saat ini berada dalam genggamannya siswa tanpa hambatan geografis, ruang dan waktu. Meskipun pada daerah terpencil siswa dapat mengakses informasi. Tidak lagi diperlukan buku-buku yang dicetak tebal seperti yang tersedia melimpah di “abad 20an”, yang pada hakekatnya pembuatan kertasnya merusak hutan dan meningkatkan pemanasan global. Saat ini siswa dapat mengembangkan pengetahuannya sendiri sejalan dengan kebutuhannya. Semua sumber pengetahuan sudah ada dalam genggamannya dan bisa diakses atau ditinggalkan kapanpun dan dimana saja. Oleh karena itu pembelajaran yang hanya memberikan pengetahuan pada peserta didik sudah tidak tepat lagi.



Perkembangan teknologi tidak dapat dibendung atau ditolak, kita harus menyikapi dengan mempersiapkan diri dan mengadaptasinya. Dampak ketidaksiapan kita saat ini, pembelajaran disekolah berada dalam gempuran teknologi yang mengeliminasi kompetensi interaksi kognisi dan psikomotor, yang pada akhirnya terbentuk *karakter instan*. Sebagai contoh sederhana, ketika mikroskop cahaya dengan sumber daya listrik lebih praktis dan murah banyak digunakan, maka telah mengeliminasi banyak “proses” seperti: ketrampilan mengatur cahaya, memfokuskan objek pengamatan, menemukan objek dengan sabar dan hati-hati, memahami prinsip kerja alat, sifat dan transmisi cahaya. Dampaknya *outcome* beberapa alumni pendidikan tinggi penghasil guru, ketika dilapangan tidak mampu menggunakan mikroskop sekolah, karena pada umumnya masih menggunakan mikroskop bukan listrik, mereka tidak kreatif untuk mencoba dan mengembangkan kompetensinya, serta cenderung menyalahkan alat. Contoh lain, adalah teknologi peralatan untuk menimbang dan mengukur yang semakin canggih, praktis dan cepat seperti balance, DO meter, tensimeter digital dll.

Penggunaan media dan alat-alat berteknologi canggih dalam kegiatan belajar mengajar dapat diibaratkan dua sisi mata uang yang saling bertolak belakang. Disatu sisi mempercepat suatu proses dengan akurasi yang tinggi, tetapi disisi lainnya mengeliminasi perkembangan kompetensi-kompetensi dasar dan kemampuan berpikir yang harus dikembangkan secara bertahap dan struktur. Harus dibedakan peralatan/media yang digunakan untuk pembelajaran dan untuk penelitian. Penerapan alat-alat canggih di sekolah dan pendidikan tinggi untuk pembelajaran tidak selamanya menghasilkan peserta didik yang kreatif. Pada masa yang akan datang proses belajar mungkin tidak seperti sekarang, ada kecenderungan makin instan, mungkin kelas-kelas akan menjadi sepi, karena pembelajaran sudah menggunakan teknologi komunikasi, bahkan kegiatan praktek digantikan dengan virtual lab. Karena tingkat kemandiriannya tinggi, ada kecenderungan peserta didik menjadi tidak peka dan peduli dengan lingkungan di sekitarnya, karena yang dihadapinya adalah komputer. Ketergantungan pada teknologi yang mampu menyelesaikan segala masalah dengan cepat dan tepat membuat semuanya serba instan. Hal ini dapat mengancam kemandirian bangsa, karena kita nanti akan menjadi pengguna teknologi dan tidak mengembangkan produk teknologi baru.

Sejalan dengan tuntutan kompetensi untuk kehidupan abad 21, yakni 4C, sebagai guru dan dosen perlu mampu mengembangkan pembelajaran dengan memanfaatkan perkembangan teknologi informatika sebagai media. Salah satu kompetensi penting yang

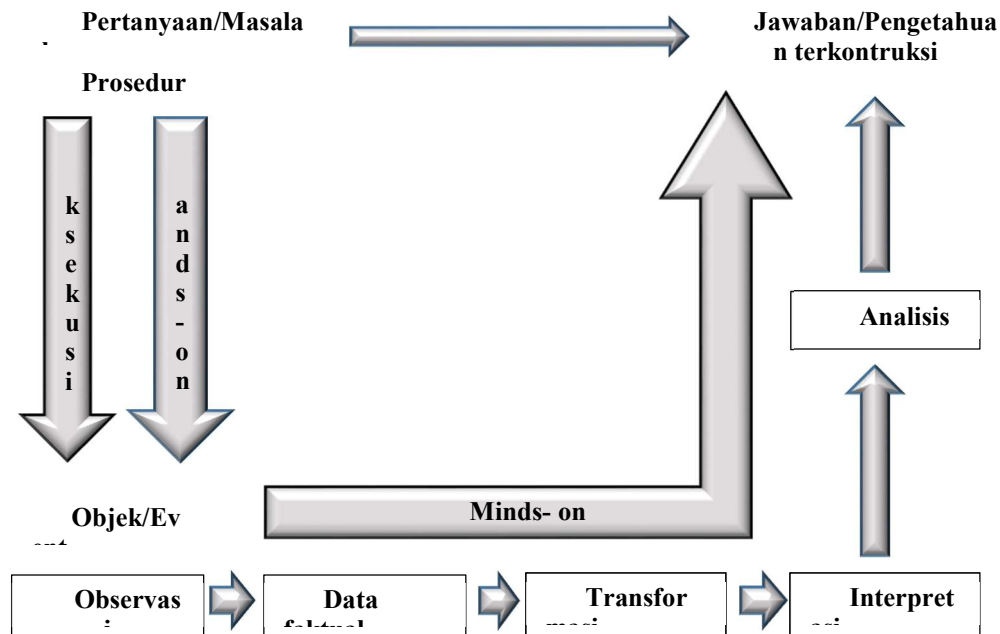
harus dimiliki adalah dalam *literasi teknologi informasi*. Dalam hal ini guru selain dapat menggunakan teknologi untuk mengakses informasi, juga dapat memilih teknologi dan media yang tepat untuk melaksanakan proses pembelajaran. Perkembangan teknologi informasi menuntut kita untuk mampu mengisi konten dan proses untuk belajar. Penggunaan media berteknologi tinggi dalam pembelajaran memang sangat penting, tetapi lebih penting lagi mengembangkan *outcome* yang menjadi bagian dari *life long learning*. Oleh karena itu proses pembelajaran hendaknya mengintegrasikan aspek teknologi tinggi dengan aspek manual dan mendasar. Calon guru dituntut untuk mampu menggunakan teknologi dalam pembelajaran sains, namun tidak berarti teknologi menggantikan “proses sains” dalam pembelajaran, karena teknologi tidak dapat menggantikan guru. Guru dan dosen harus merubah strategi dan metode pembelajaran dengan memberikan proyek yang harus dikerjakan dengan kerjasama dengan mengintegrasikan ketrampilan-ketrampilan berfikir kritis, problem solving sehingga peserta didik dapat berinovasi dan mengomunikasikan hasilnya. Dalam pembelajaran sains, khususnya biologi sangat diperlukan ketrampilan-ketrampilan yang dikembangkan secara manual, khususnya kerja praktek atau *praktikum*, karena hal ini akan mengkonstruksi berbagai ketrampilan psikomotorik, berfikir tingkat tinggi serta mengkarakterisasi hasil belajar. Proses-proses sains hendaknya *diadopsi* sebagai bagian dari metode pembelajaran sains, sehingga peserta didik mendapatkan pengetahuan seperti yang dilakukan oleh ilmuwan. Pembelajaran yang dikembangkan hendaknya merupakan proses *transferable* yang mengenai *how, why and when*, yang mengembangkan *higher order thinking skills* sehingga peserta didik dapat menjawab dan menyelesaikan permasalahan di kehidupannya.

2. HAKEKAT KERJA PRAKTEK

Kerja praktek merupakan aktivitas mengajar dan belajar yang melibatkan siswa dalam observasi, manipulasi objek dan bahan-bahan nyata (Millar, 2004). Kegiatan praktek hendaknya memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk secara aktif memperoleh data atas objek/even yang diobservasi dan atau manipulasi sehingga memungkinkan adanya proses konstruksi pengetahuan berbasis informasi faktual. Dalam kegiatan praktek langkah-langkah prosedural harus dirancang, dikonstruksi dan dieksekusi sehingga peserta didik sampai pada objek/even yang relevan melalui aktivitas hands-on. Menurut Novak (1998) konstruksi pengetahuan

dimulai dengan observasi terhadap objek atau peristiwa. Karakteristik objek/even sebagai fakta hasil observasi biasanya dinyatakan sebagai data kualitatif dan atau kuantitatif. Proses konstruksi pengetahuan dimulai dengan mencoba mencari hubungan antara fakta yang ada dengan pengetahuan yang sudah dimiliki. Hakekatnya ini adalah aktivitas

nalar (*minds-on*), berupa interaksi kognitif antara domain riil yang diwakili oleh data faktual dengan domain pikiran (pengetahuan awal) sehingga memungkinkan penguatan atau konstruksi pengetahuan baru. Secara sederhana kerja praktek dinyatakan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hakekat Kerja Praktek (Praktikum)

Berdasarkan gambar 1, kegiatan praktek hakekatnya merupakan suatu kegiatan kompleks yang mengintegrasikan kegiatan *hands-on* dan *minds-on* yang terencana untuk mencapai berbagai tujuan (Supriatno, 2013). Menurut SCORE (Science Community Representing Education) dalam Woodley (2009), kerja praktek dalam science adalah sebagai suatu “hands-on” belajar pengalaman yang mengarahkan berfikir mengenai alam semesta tempat kita hidup. Sementara Millar dan Abrahams (2008) menyatakan bahwa kerja praktek (*practical work*) bukan hanya sekedar aktivitas “hands-on”, melainkan mengaitkan antara dua domain pengetahuan, yaitu; domain objek dan teramati (*domain of objects and observables*) dengan domain pikiran (*idea*).

Dalam belajar sains peserta didik berinteraksi dengan objek dan fenomena, mendeskripsikan objek dan peristiwa, mengajukan pertanyaan, mendapatkan pengetahuan, mengkonstruksi penjelasan dari fenomena alami, menguji penjelasannya dengan berbagai cara, dan mengkomunikasikan idenya

terhadap yang lain. Pembelajaran sains di laboratorium merupakan suatu kegiatan kompleks yang mengintegrasikan *hands-on* dan *minds-on* dalam proses *inquiry*, sehingga menciptakan siswa terdidik yang mampu untuk melakukan percobaan dengan benar dan terdorong untuk mengetahui dan memahami tentang alam, menggunakan proses-proses ilmiah dan prinsip-prinsip yang tepat dalam membuat keputusan personal. Aktivitas *hands-on* mengembangkan ketrampilan-ketrampilan psikomotorik dari peserta didik dalam merakit set alat eksperimen, menggunakan alat seperti menimbang dan mengukur, dalam konteks yang sama peserta didik belajar prosedur dan mendapatkan pengetahuan prosedural untuk observasi suatu objek/event. Dalam tahap berikutnya pada saat observasi terjadi interaksi yang kuat antara proses *hands-on* dan *minds-on*. Observasi adalah aktivitas terintegasi antara ketrampilan psikomotorik dan proses kognitif untuk menemukan karakter suatu objek/event dengan atau tanpa menggunakan alat bantu. Ketepatan dalam observasi menentukan dalam konstruksi pengetahuan



atau jawaban dari permasalahan. Proses *minds-on* merupakan proses bertingkat (*berjenjang/scaffolding*) untuk mengembangkan kemampuan berfikir kritis, dimulai dengan mengorganisasi data, dan mentransformasinya pada bentuk yang sesuai seperti tabel atau grafik sehingga mudah untuk diinterpretasi, mengaitkannya dengan pengetahuan konseptual sebelumnya yang telah dimiliki sehingga merupakan proses analisis sintesis yang terstruktur sehingga terbentuk pengetahuan baru.

Belajar sains dengan praktek bukan hanya belajar tentang *konten* melainkan juga merupakan suatu *proses* pemberian pengalaman belajar sehingga membangun ketrampilan (*skill*) untuk memperoleh pengetahuan (*how to know*). Kegiatan belajar sains tersebut dapat membangun kemampuan berfikir kritis, mengembangkan kreativitas dan inovasi, membangun kerja sama dan melatih ketrampilan berkomunikasi. Dengan demikian bila pembelajaran sains dikemas dengan metode dan strategi yang tepat maka akan mampu mengkonstruksi ketrampilan yang dibutuhkan untuk hidup dan bekerja di kehidupan abad 21. Kegiatan praktek dapat diarahkan untuk mengembangkan berbagai kompetensi sebagai outcome pembelajaran.

Dari hasil penelitian terhadap desain praktikum biologi pada jenjang sekolah menengah, terhadap *manual* atau *petunjuk kegiatan laboratorium*, atau *practical guide* atau dikenal dengan *Lembar Kegiatan Siswa*, atau sering disebut dengan LKS. Kenapa terhadap LKS?. Karena tidak dapat melihat proses mengajar dalam kelas secara utuh atau mendapatkan sampel yang banyak. LKS merepresentasikan kemampuan penulis (guru/dosen) dalam merancang kegiatan laboratorium (Supriatno, 2009) ditemukan bahwa: 1) Ketidakselarasan antara tujuan dan langkah kerja bahkan menimbulkan miskonsepsi 2) konten tidak sesuai, 3) Kurang atau tidak mengembangkan proses berfikir 4) Knowledge Claim/kompetensi yang dicapai tidak jelas/relevan

3. PENGEMBANGAN KIT PENGUKUR LAJU FOTOSINTESIS UNTUK MENGEMBANGKAN LITERASI KUANTITATIF

Kegiatan *hands-on* dalam kegiatan praktikum memiliki kesulitan dalam pelaksanaannya. Kesulitan dalam pelaksanaan praktikum disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: (1) kurangnya ketersediaan sarana (Supriatno, 2013); (2) rendahnya kemampuan dan kemauan guru untuk melaksanakan kegiatan laboratorium (Muwange-Zake, 2005); (3) kondisi peralatan laboratorium di sekolah tidak merata (Supriatno, 2013); (4) lembar kegiatan atau panduan

praktikum seperti buku resep (Rustaman, 2005); dan (5) kegiatan praktikum menyita waktu dan tenaga (Anggraeni, 2001; Rustaman, 2003).

Materi Biologi terdiri dari sejumlah fakta, konsep dan prinsip. Fakta menghantarkan peserta didik pada pengamatan suatu objek/fenomena sehingga menghasilkan pengetahuan yang kongkrit. Konsep bersifat abstraks diartikan sebagai abstraksi mental mengenai suatu objek atau fenomena yang dibentuk dari sejumlah pengetahuan faktual. Dalam pembelajaran biologi melalui praktek, proses konstruksi pengetahuannya banyak menggunakan fakta *kualitatif* yang lemah. Konsep-konsep yang dibangun berasal dari informasi faktual tanpa perbandingan atau replikasi. Hal ini mengakibatkan kesimpulan yang diperoleh kurang akurat. Akibat dari sifat materinya, pembelajaran biologi lebih menekankan pemahaman konseptual, kurang mengembangkan logika berfikir sehingga kemampuan berfikir kritisnya dalam bidang biologi sangat lemah. Hal ini dibuktikan dengan rendahnya capaian dari PISA.

Konsep abstrak dari suatu materi hanya dapat dibayangkan tanpa dapat divisualisasikan secara langsung, sehingga mahasiswa tidak mendapatkan pengetahuan yang utuh dari materi yang dipelajari. Akibat pengetahuan tidak utuh menyebabkan mahasiswa mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep yang dipelajari ke dalam kehidupan nyata. Salah satu materi yang mengandung konsep abstrak dan kompleks dirasakan sulit dipahami oleh berbagai pihak adalah materi fotosintesis (Güneü *et al.*, 2011; Tekkaya, 2002). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa masih ditemukan mahasiswa yang kebingungan dan miskonsepsi terhadap konsep fotosintesis (Parker *et al.*, 2012; Eisen dan Stavy, 1988; Anderson *et al.*, 1990). Kebingungan dan miskonsepsi pada konsep fotosintesis ini ditemukan pada mahasiswa (Carlsson, 2002; Köse, 2008) dan pada calon guru (Köse dan Uşak, 2006; Orbanic dan Battelli, 2011; Ahopelto *et al.*, 2011; Ameyaw, 2016).

Karakteristik materi fotosintesis menunjukkan gambaran dari beberapa fakta yang membentuk suatu pengetahuan konseptual yang kompleks. Pada dasarnya, materi fotosintesis mengajak mahasiswa memahami suatu proses transformasi energi yang abstrak, menangkap dan menggunakan energi cahaya, kemudian disimpan dalam bentuk energi kimia sehingga melalui berbagai proses dapat membentuk amilum dan mengeluarkan oksigen (Supriatno, 2013). Prinsip dari konsep besar fotosintesis yang abstrak dan kompleks harus dapat mengarahkan konstruksi pengetahuan faktual menjadi pengetahuan konseptual. Upaya yang dapat dilakukan dalam mentransformasi pengetahuan konseptual menjadi pengetahuan faktual dilakukan



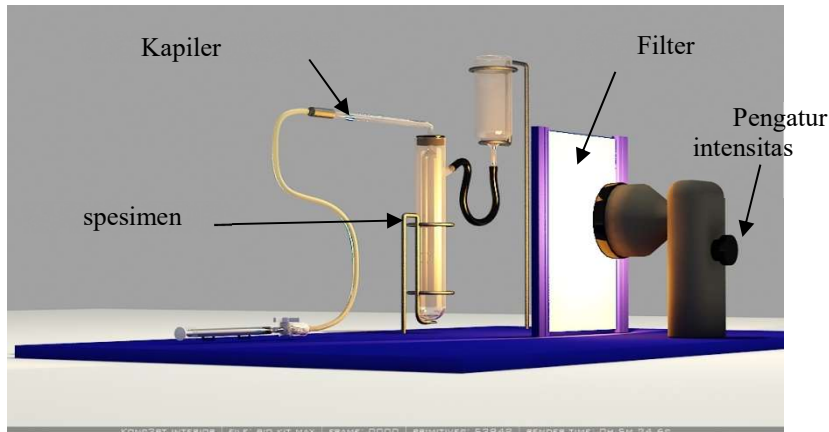
dengan membimbing mahasiswa melakukan pengamatan secara langsung terhadap objek/fenomena yang relevan mengenai fotosintesis. Menurut Supriatno (2013), fakta dari objek/fenomena yang akurat dan relevan yang ditemukan dalam proses pembelajaran diperlukan untuk: (1) bahan dasar kajian; (2) menyamakan persepsi antara pengajar dan peserta didik; (3) meminimalkan ketidaktepatan deskripsi; (4) menstimulus terjadinya interaksi kognitif; (4) membentuk pengetahuan.

Pengalaman dan fakta menunjukkan dalam praktikum fotosintesis mahasiswa jarang dihadapkan pada pengalaman *kuantitatif* dalam menghasilkan data pengamatan. Pada umumnya kegiatan praktikum fotosintesis masih menggunakan set alat standar. Kegiatan praktikum yang dilakukan meliputi kegiatan praktikum *Sachs* dan *Ingenhousz*. Di dalam kegiatannya, baik praktikum *Sachs* maupun *Ingenhousz* menuntut mahasiswa mengamati perubahan warna daun dan banyak sedikitnya gelembung saja tanpa dapat di ukur sehingga data yang disajikan dalam laporan pengamatan hanya berupa data kualitatif (deskriptif). Kelemahan pada percobaan tersebut khususnya pada percobaan *Ingenhousz* dikarenakan set peralatan praktikum yang digunakan tidak mendukung perolehan data kuantitatif. Hal ini menjadi suatu tantangan bagi pengajar biologi untuk membuat suatu set alat praktikum fotosintesis yang dapat menunjukkan fakta/fenomena fotosintesis dalam bentuk data kuantitatif.

Praktikum fotosintesis yang dirancang dengan kegiatan yang tepat dapat menuntun mahasiswa untuk memperoleh pengetahuan dan berbagai keterampilan yang ditargetkan. Berdasarkan analisis potensi materi, kegiatan praktikum fotosintesis dan sifat materinya yang bisa divisualisasi dengan data *kuantitatif* dapat meningkatkan kemampuan *literasi kuantitatif*, rancangan alat diperlihatkan pada gambar 2. Literasi kuantitatif adalah kemampuan untuk menginterpretasikan data dan memahami angka-angka dalam situasi “*real world*” atau terkontekstualisasi (Steen dalam Speth, 2010). Kemampuan literasi kuantitatif ini penting karena dapat membantu mahasiswa untuk menyelesaikan tanggung jawab yang mendukung pekerjaan mereka apapun jenis pekerjaan yang mereka pilih (AACU,

2009). Pada abad 21, literasi dan numerasi akan menjadi aspek yang tidak dapat dipisahkan pada orang berpendidikan terutama mahasiswa (Hustings, 2002). Agar menjadi efektif, keterampilan numerasi harus diajarkan dan dipelajari dalam situasi nyata dan pada konsep apapun di dalam sains (Steen, 2001). Sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa mahasiswa biologi harus memiliki kemampuan pengoperasian matematika, pengukuran, dan pemodelan ketika dihadapkan pada persoalan-persoalan di situasi nyata ketika belajar biologi. Selain itu, terdapat beberapa elemen yang harus dimiliki oleh mahasiswa biologi, diantaranya adalah keterampilan dalam berhitung, memecahkan masalah, dan kemampuan berkomunikasi dan terampil dalam mengolah kuantitatif (Hamzah, 2009).

Biologi memiliki hubungan yang sinergis dengan matematika, biologi menghasilkan masalah yang menarik, dan matematika menyediakan jalan untuk memahami masalah di dalam biologi (Shonkwiler dan Herod, 2009). Individu dengan kemampuan literasi kuantitatif yang kuat memiliki kemampuan untuk memikirkan dan memecahkan masalah kuantitatif dari beragam konteks otentik dan situasi kehidupan sehari-hari. Sangat penting bagi manusia yang akan datang untuk memiliki *literasi kuantitatif* yang memadai. Pembelajaran biologi saat ini lebih bersifat *kualitatif*. Literasi kuantitatif perlu dikembangkan dalam pembelajaran biologi, karena mahasiswa harus memiliki ketrampilan-ketrampilan kuantitatif. Sejumlah ketrampilan kuantitatif menurut *Association of American Colleges and Universities* (AACU, 2009) mencakup enam indikator yaitu interpretasi, representasi, kalkulasi, asumsi, aplikasi, dan komunikasi. Sebenarnya materi biologi dapat dirancang secara sinergi dengan matematika, karena biologi menyediakan materi secara kontekstual untuk siswa berfikir kritis, logis, memiliki kemampuan prediksi yang akurat berbasis data sementara matematika memberikan langkah-langkah kalkulasi yang mengarahkan kemampuan dari keenam indikator tersebut. Dengan praktikum fotosintesis dengan data kuantitatif dapat memberikan kesempatan meningkatkan literasi kuantitatif sehingga mahasiswa siap menghadapi tantangan abad 21 yang sarat dengan “*big data*”.



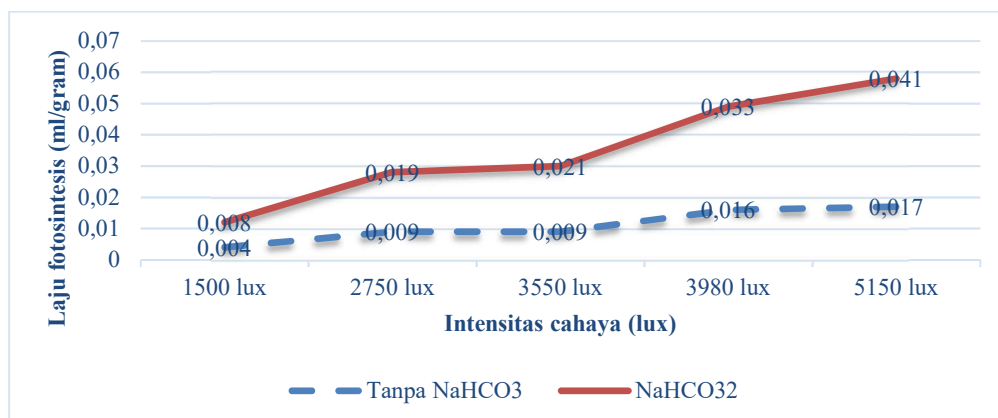
Gambar 2. Rancangan Alat Pengukur Laju Fotosintesis

Deskripsi Alat

Alat ini digunakan untuk mengukur volume oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis tumbuhan air tawar maupun air asin (laut). Bahan utama alat menggunakan tabung kaca, pada bagian tabung menggunakan wadah air, serta pada bagian kapiler pengukur volume. Perangkat tambahan lainnya adalah *three way stopcock* dan siring. Aksesoris tambahan adalah lampu dengan dimmer control dan filter warna. Proses fotosintesis dapat diamati dan hasilnya dapat diukur sehingga data yang diperoleh lebih kuantitatif dan valid dengan ketelitian hingga 0.01ml. Dengan sumber cahaya 50 watt yang dilengkapi dengan *dimmer control* (pengatur intensitas) dan filter warna, memungkinkan

dilakukan manipulasi cahaya pada waktu eksperimen. Dapat digunakan dari level sekolah dasar hingga universitas (kompleksitas dan kedalaman materi disesuaikan). Dengan perolehan data yang lebih kuantitatif maka dapat dikembangkan berbagai kompetensi siswa, misalnya; kemampuan observasi, mengukur, menganalisis, memprediksi dan merakit alat.

Dengan menggunakan set eksperimen tersebut dapat diperoleh sejumlah data kuantitatif dari laju dan faktor lingkungan yang dimanipulasi, seperti intensitas cahaya dan suhu. Hasil eksperimen di laboratorium, dengan manipulasi intensitas cahaya, dapat diperlihatkan pengaruh intensitas cahaya terhadap laju fotosintesis, diperlihatkan pada grafik 1. Demikian juga dengan melakukan perubahan suhu, dapat diperlihatkan pengaruh suhu terhadap laju fotosintesis.



Gambar 3. Laju fotosintesis *Hydrilla verticillata* pada percobaan fotosintesis dengan air yang diberi NaHCO₃ dan yang tidak diberi NaHCO₃



Dengan dapat diperolehnya data kuantitatif dan selanjutnya ditransformasi menjadi grafik dapat dikembangkan berbagai ketrampilan proses berfikir sehingga dapat dikembangkan berbagai kompetensi. Hasil penelitian Ulfa *et.al* (2017) menunjukkan adanya peningkatan ketrampilan proses berfikir, sementara Yuniarti *et.al* (2018) penerapan penggunaan alat ini pada pembelajaran fotosintesis meningkatkan kemampuan literasi kuantitatif mahasiswa.

4. DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, I., dan Millar, R. (2008). Study of The Effectiveness of Practical Work as a teaching And Learning Method In School Science. *International Journal Of Science Education*, 30 (14), 1945-1969.
- Ahopelto, I., *et al.* (2011). Future elementary school teachers' conceptual change concerning photosynthesis. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 55 (5), 505-515.
- Ameyaw, Y. (2016). Evaluating Students' Misconceptions Of Photosynthesis And Respiration In A Ghanaian Senior High School. *International journal of advanced biological research*. 6(2): 202-209.
- Anderson, L., dan Krathwohl, d.r. (2001). A Taxonomy For Learning, Teaching, And Assessing : A Revision Of Bloom's Taxonomy Of Educational Objectives. New York : Longma.
- Anderson, C.W., *et al.*, (1990). The effect of instruction on college non majors' conception of respiration and photosynthesis. *Journal of research in science teaching*, 27 (8): 761-776.
- Association of America Colleges and Universities (AACU). (2009). *Quantitative Literacy Value Rubric*. (Online). <https://www.aacu.org/value/rubrics/quantitative-literacy>. Diakses pada 27 Januari 2018.
- Borrmann, T. (2008). Laboratory Education In New Zealand. *Eurasia journal of mathematics, Science & Technology Education*, 4 (4), 327-335.
- Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 1: wa ys of experiencing photosynth-esis. *International Journal of Science Educatio n*, 24 (7), 681-699.
- Carlsson, B., (2010). Ecological understanding 1: Ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*. 24(7):681-699.
- Eisen, Y., dan Stavy, R. (1988). Students' understanding of photosynthesis. *Journal of The american biology teacher*, 50 (4), 208-212.
- Eisen, Y., Stavy, R., dan Yaakobi, D. (1987). How students ages 13–15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9 (1), 105-115.
- Güneü, H., *et al.* (2011). The using of computer for elimination of misconceptions about Photosynthesis. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15. Pp. 1130–1134.
- Hamzah, M., Sahandri, G., Saifuddin, K. A. (2009). Generic Skills Need to Produce Human Capital With “First Class Mentally”. *European Journal of Social Sciences*. 10 (1), 102-110.
- Hustings, A. (2002). Quantitative Biology for the 21st Century, Quantitative Environmental and Integrative Biology.
- Lagowski, J.J. (2002). *The Role of the laboratory in chemical education*. [Online]. Diakses dari : <http://www.utexas.edu/research>.
- Ulfa, K. Anggraeni, S and Supriatno, B. (2017) How to Improve the Mastery of Students' Concept on Photosynthesis Topic? *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*, Vol. 895, conference 1
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283-293.
- Köse, S. dan Uşak, M. (2006). Determination of prospective science teachers' misconceptions: Photosynthesis and respiration in plants. *International Journal of Environmental and Science Education*, 1(1), 25 – 52.
- Millar, R., et al (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. Washington, DC : National Academi of Science.
- Millar, R dan Abrahams, I. (2009). Practical work: making it more effective. *SSR 91 (334)*.
- Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Washington DC: National Academy of Science.
- Muwangke, J. W.F dan Zake. (2005). Is science education in a crisis? some of the problems in south africa. *Journal of the Southern African Association for research in Mathematics, Scoence and Technology Education*, 4 (1), pp. 1-11.
- National Academic Asotiation (NEA). (2010). *Preparing 21st Century Students for aGlobal Society: An Educator's Guide to 'The Four Cs'*. Washington DC. (Online). [Http://www.nea.org/tools/52217.htm](http://www.nea.org/tools/52217.htm). Diakses pada 1 Februari 2018.



- National Research Council (NRC) of National Academic of USA. (2009). *A New Biology for the 21st Century*. Washington D.C: The National Academies Press.
- Parker, J. M. et al. (2012). Exploring Undergraduates Understanding of Photosynthesis Using Diagnostic Question Clusters. *CBE-Life Science Education*. Vol 11 p 47-57.
- Orbanić, N.D., dan Battelli, C. (2011). *Misconceptions in science*. In: M. Cotič, V. Medved Udovič, & S. Starc (Eds). Developing various literacy (pp. 275-282). Koper: University of Primorska, Annales.
- Ranganath, H. A. (2003). *Nothing in Biology Makes Sense Withour the Flavour of Mathematics*. (Online). [Http://www.ias.ac.in/resonance/Mar2003/pdf/MAR2003p49-56.pdf](http://www.ias.ac.in/resonance/Mar2003/pdf/MAR2003p49-56.pdf). Diakses pada 25 Januari 2018.
- Rustaman, N.Y. (2005). Peranan Praktikum Dalam Pembelajaran Biologi. (Makalah). Disampaikan pada pelatihan bagi teknisi dan laboran perguruan tinggi Kerjasama FPMIPA IKIP Bandung dengan direktorat Jenderal pendidikan Tinggi. Bandung : FPMIPA IKIP.
- Scott, Cynthia L. (2015). *The Futures of Learning 2: What Kind of Learning for The 21st Century?*. UNESCO.
- Shonkwiler, R. W. dan Herod, J. (2009). *Mathematical Biologi: An Introduvitos with Maple and Matlab (Second Edition)*. New York: L Spriner Science Bussiness Media, LLC.
- Speth, E. B., Momsen, J. L., Moyerbrailean, G. A., May, D. E., Long, T. M., Wyse. S., dan Linton, D. (2010). *1, 2, 3, 4: Infusing Quantitative Literacy into Introductory Biology*. *CBE-Life Scinces education*. Vol. 9, 323-332.
- Steen, L. A. (2001). *Mathematics and Democracy the Case for Quantitative Literacy*. The Natiobal Council on Education and The Disciplines. https://www.goodreads.com/book/show/1689868.Mathematics_and_Democracy. Diakses pada 10 Februari 2018.
- Supriatno, B. (2013). Pengembangan Program Perkuliahan Pengembangan Praktikum Biologi Sekolah Berbasis Ancorb Untuk Mengembangkan Kemampuan Merancang Dan Mengembangkan Desain Kegiatan Laboratorium. (Disertasi). Sekolah pascasarjana Universitas pendidikan Indonesia, Bandung.
- Tekkaya, C. (2002). Misconceptions as barrier to understanding biology. *Journal of Hacettepe University Education Faculty*, 23: 259-266.
- Tessmer, M. (2005). *Planning and Conducting Formative Evaluation: Improving The Quality of Education and Training*. Oxon: British Library.
- Tiberghien, A. (2000). *Designing teaching situations in the secondary school*. Franch : Université Lyon.