

EVALUASI AKADEMIK MAHASISWA BIOLOGI TERHADAP PERKULIAHAN GENETIKA DI UNIVERSITAS JEMBER

Slamet Hariyadi

Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

E-mail: s.hariyadi@gmail.com

Abstract: The 21th century learning has model difference to before. The challenge hasn't response by educators, including genetic learning at Biology Department FKIP Universitas Jember. Improvement for it needed for get student's perception. The resulted of questionairre that more than 50% student hasn't learning based on *Student Centered Learning* (SCL) and understanding genetic concept basically and autonomous. The learning approach, model, method, strategy and tactic needed to provide class condition in order to get learning aim due to century nowadays.

Key Words: The 21th century learning, student's perception, genetic, SCL

Abstrak: Pembelajaran abad 21 mempunyai pola yang berbeda dengan abad sebelumnya. Tantangan ini belum banyak direspon oleh para pendidik, termasuk pembelajaran genetika di program studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Jember. Untuk melakukan peningkatan perlu menjangking persepsi mahasiswa. Dari hasil angket didapatkan data bahwa 50% lebih mahasiswa merasa belum mengalami pembelajaran yang berorientasi pada *Student Centered Learning* (SCL) dan memahami konsep genetika secara mendasar dan mandiri. Diperlukan pendekatan, model, metode, strategi dan taktik belajar variatif untuk memberikan kondisi kelas agar mampu mencapai tujuan pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan zaman.

Kata Kunci: pembelajaran abad 21, persepsi mahasiswa, genetika, SCL

Biologi adalah ilmu tentang hidup dan kehidupan organisme dari masa lampau sampai prediksi masa depan, baik dalam hal struktur, fungsi, taksonomi, pertumbuhan dan perkembangannya. Dewasa ini biologi telah banyak mengalami revolusi keilmuan melampaui revolusi fisika dan kimia yang lebih dahulu mendominasi khazanah ilmu pengetahuan. Implikasi dari revolusi biologi telah menjangkau ke hampir semua cabang-cabang ilmu biologi, seperti halnya genetika, fisiologi, anatomi, taksonomi, dan bidang-bidang lain yang sederajat. Menurut Woese (2004) Biologi saat ini berada pada titik singgung strategis karena dapat sebagai subyek maupun obyek dari ilmu lain dalam Pengetahuan Alam. Dalam perkembangan

ilmu saat ini memang dibutuhkan dua hal penting, yakni kemajuan teknologi (*technological advance*) dan visi yang membimbing (*guiding vision*). Tanpa kemajuan teknologi, langkah keilmuan akan terhambat di masa depan, sebaliknya tanpa visi yang membimbing akan sulit menentukan arah ke masa depan. Dengan demikian kedua hal tersebut dibutuhkan pada perkembangan Biologi sebagai disiplin ilmu yang didasari oleh ilmu pengetahuan alam lain seperti fisika, kimia, dan matematika. Bahkan National Science Foundation (1995) sejak lama telah memberikan peringatan terhadap tantangan besar bagi ilmu biologi saat memasuki abad ke-21 yaitu untuk memahami sistem biologis dalam semua

kompleksitasnya sambil menjaga dan memanfaatkan sistem biologi secara berkelanjutan. Alat-alat untuk menangani kompleksitas ini akan membutuhkan adaptasi dan penerapan teknologi yang terus berkembang. Di antara sekian banyak alat-alat baru yang diperlukan dan memiliki prioritas tinggi antara lain bioinformatika, biologi komputasi, biosensor, biomarker, dan nanoteknologi.

Manfaat dari revolusi ini dapat dirasakan saat ini dari kemajuan bidang pertanian, peternakan, kedokteran, farmasi, industri, kosmetik, dan sebagainya.

Menurut Minarno (2012) sejak awal abad ke-21, Biologi telah mengalami perkembangan yang pesat. Fokus kajian biologi telah mengalami perubahan yang signifikan, bukan hanya terbatas pada tingkat organisme atau sel, melainkan lebih dalam lagi ke tingkat molekuler, sehingga dikenal dengan biologi molekuler. Perkembangan biologi molekuler dahulu diawali dengan penemuan struktur kimia DNA oleh Watson dan Crick. Produk-produk perkembangan biologi molekuler ini selanjutnya merupakan basis untuk perkembangan biologi modern. Memang Biologi menempatkan sel sebagai satuan dasar kehidupan, kemudian gen sebagai satuan dasar pewarisan sifat, dan evolusi sebagai mekanisme yang mendorong terciptanya spesies baru.

Dalam mempelajari Biologi, pendekatan yang baik untuk memahami keilmuan di dalamnya adalah dengan memahami genetika sebagai struktur dasar biologi, karena genetika merupakan ilmu dasar dalam membangun ilmu-ilmu cabang biologi. Theodosius Dobzhansky menyatakan "*Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. It is even more certain that nothing in biology is understandable except in the light of genetics. Genetics is the core biological science; it provides the framework within which the diversity of life and its processes can be comprehended as an intellectual whole*" (Ayala, et al, 1984). Dengan demikian keberhasilan pemahaman konsep-konsep genetika akan sangat membantu pemahaman dan pengembangan

cabang-cabang ilmu lain dalam payung biologi. Dasar pemikirannya merujuk pada fakta bahwa semua fenotip makhluk hidup merupakan wujud interaksi dari perilaku gen dan lingkungan. Dalam kata lain bahwa perjalanan hidup dari semua makhluk secara evolutif dari mulai anchestor sampai puncak pohon evolusi tidak lepas dari peran gen yang berubah dan membentuk variasi atau spesies baru. Keanekaragaman makhluk yang terbentuk sebagai ekspresi dari dinamika gen yang terjadi akibat faktor internal maupun eksternal individu. Gen telah menjadi faktor pengendali sekaligus bertanggung-jawab atas terwujudnya wajah bumi saat ini. Terkait dengan hal tersebut, tidak berlebihan bila genetika menjadi instrumen terpenting untuk memahami keilmuan Biologi.

Menurut Darmawati, dkk (2011) selama proses pembelajaran genetika berlangsung, mahasiswa bersifat tidak aktif, sedikit yang mau memberikan pendapat atau bertanya. Mahasiswa sulit memecahkan masalah atau soal-soal penyilangan dan lemah dalam memahami dan menemukan konsep-konsep genetika. Ini sesuai dengan pendapat Susantini (2013) yang menyatakan genetika merupakan topik yang sulit tetapi penting dalam sains sekolah. Konsep-konsep genetika tertentu bahkan setelah pembelajaran masih tidak dimengerti oleh siswa. Terdapat konsensus di antara guru dan siswa bahwa genetika merupakan salah satu unit yang paling sulit untuk mengajarkan dan belajar. Tes diagnostik yang pernah dilakukan menunjukkan hasil yang sama, yaitu perolehan konsep genetika SMA rendah. Tes diagnostik tersebut dikenakan pada mahasiswa baru sebelum kegiatan perkuliahan berlangsung. Logika siswa sering kali terbatas pada pengalaman yang dekat dengan sesuatu yang dapat mereka lihat dan secara langsung dapat direka-reka.

Berdasarkan keluhan-keluhan dari temuan fakta tersebut maka sangat penting melakukan evaluasi terhadap persepsi mahasiswa yang menempuh matakuliah genetika, supaya memahami titik permasalahan yang menjadi simpul

problematika, untuk selanjutnya dipikirkan solusi yang baik dan tepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2014 pada 45 orang mahasiswa semester IV program studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Jember.

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif melalui teknik survei yang bertujuan untuk mengkaji perkuliahan genetika semester gasal 2013/2014.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil angket yang disebarakan kepada mahasiswa didapatkan data tentang persepsi tertinggi sebagai berikut:

Tabel 1. Persentasi Persepsi Tertinggi tentang Matakuliah Genetika

Persepsi	Tanggapan	%
Inti dari mata kuliah Biologi	<i>Biologi Sel</i>	52,63
Alasan	<i>Mendasari keilmuan dari matakuliah Biologi lainnya</i>	63,27
Pendekatan perkuliahan	<i>Peristiwa Genetika</i>	57,41
Referensi Kuliah	<i>Buku (Bahasa Indonesia)</i>	65,52
Bacaan sumber rujukan utama	<i>Jelas terhadap isi bacaan</i>	35,56
Sumber belajar di luar kelas	<i>Sumber lain yang relevan</i>	56,36
Pemahaman materi kuliah	<i>Lebih menekankan pada konsep</i>	69,57
Pola materi dari awal sampai akhir	<i>Utuh dan saling berhubungan</i>	53,33
Peran dosen : mahasiswa	<i>seimbang</i>	65,91
Aktivitas Bertanya	<i>Jarang</i>	75,00
Aktivitas Menjawab	<i>Jarang</i>	84,78

Metode Pembelajaran	<i>Ceramah dan Praktikum</i>	52,73
Materi Genetika dapat dianalogkan dengan kejadian di masyarakat	<i>Sebagian saja yang dapat dianalogkan</i>	72,09
Peran Praktikum	<i>Semakin memperjelas konsep teori</i>	57,78
Pemahaman terhadap konsep genetika	<i>Paham tigaperempat materi kuliah</i>	65,12
Hasil akhir yang dialami	<i>Peningkatan pengetahuan konsep</i>	65,91
Konsep mendasari matakuliah berikutnya	<i>Bisa mendasari</i>	59,09

Hasil yang disampaikan pada tabel di atas adalah persentasi tertinggi dari angket yang diberikan kepada mahasiswa untuk dijawab, sementara hasil jawaban yang lain akan dijelaskan di uraian hasil di bawah ini.

Berdasarkan data terdapat 52,63% mahasiswa masih menganggap Biologi Sel merupakan matakuliah inti dari keilmuan Biologi, sementara 26,32% menganggap Genetika merupakan intinya, 8,77% menjawab Fisiologi yang jadi inti, 7,02% Biologi Dasar, sedang 1,75% masing-masing menganggap matakuliah Ekologi, Evolusi atau Taksonomi sebagai inti dari Biologi.

Dari jawaban tersebut alasan mereka 63,27% berpendapat matakuliah inti yang mereka maksudkan mendasari keilmuan dari matakuliah Biologi lainnya, 24,49% mempunyai keterkaitan dengan ilmu Biologi lainnya, hanya 8,16% yang menyatakan matakuliah inti bisa menjelaskan semua fenomena Biologi, dan 4,08% dapat diaplikasikan kepada semua percobaan Biologi.

Saat pembelajaran Genetika, 57,41% mahasiswa mempersepsikan pendekatan materinya mengarah kepada peristiwa, 31,48% merasa pendekatannya lebih ke arah substansi, 5,56% menjawab lebih kepada sejarah, 3,7% kepada ketokohan dan hanya 1,85% menjawab pendekatan praktik.

Penggunaan referensi sebagai rujukan dalam perkuliahan, mahasiswa menggunakan buku berbahasa Indonesia 65,52%, ada 17,24% memegang handout, 6,90% yang memanfaatkan Textbook atau modul, hanya 1,72% yang menggunakan sumber-sumber internet/video animasi.

Dari materi genetika yang dibaca dalam sumber rujukan, 35,56% mahasiswa menjawab jelas terhadap isinya, tetapi 31,11% menjawab kurang jelas atau remang-remang, 20% menjawab isi bacaan abstrak dan 13,33% tidak tentu.

Dalam hal belajar di luar kelas, mahasiswa banyak menggunakan sumber lain yang relevan (56,36%), juga ada yang memilih hanya mengandalkan sumber utama saja (20%), lainnya memanfaatkan sumber rujukan dari sumber utama (18,18%), tetapi ada yang tidak mendalami (*enrichment*) di luar apa yang telah ditugaskan.

Akan halnya pemahaman materi kuliah secara umum, 69,57% berpendapat lebih menekankan pada konsep, 19,57% lebih banyak hafalan, 8,7% lebih banyak rumus dan 2,17% menjawab tidak pasti.

Untuk pola materi dari awal sampai akhir kuliah, 53,33% mahasiswa berpendapat utuh dan saling berhubungan, sementara ada 33,33% mahasiswa yang menganggap polanya terkotak-kotak (segmentasi) tetapi beberapa bab ada yang berhubungan, 8,89% merasa sangat terpisah-pisah, hanya 4,44% yang menganggap masih utuh tapi sedikit yang berkaitan satu sama lainnya.

Ada 65,91% merasa bahwa peran dosen dan mahasiswa masih fifty-fifty atau seimbang, tapi ada yang berpendapat peran dosen dominan (25%) atau peran mahasiswa yang dominan (2,27%), walaupun 6,82% menjawab tidak pasti peran antar keduanya.

Ada temuan menarik tetapi lumrah dari hasil angket ini, dimana 2,27% merasa selalu bertanya, 11,36% menyatakan sering bertanya, tapi ada 75% mahasiswa mengaku jarang bertanya, tetapi sebaliknya 11,36% juga menjawab tidak pernah bertanya.

Disisi lain, dalam hal aktivitas menjawab, tidak ada satupun mahasiswa yang merasa selalu menjawab, 6,52% sering

menjawab, ada 84,78% mahasiswa mengaku jarang menjawab, 6,52% tidak pernah menjawab/berpendapat dan hanya 2,17% yang suka berpendapat atau bertukar pikiran dengan teman sebangku bila ada keinginan untuk menjawab.

Adapun metode belajar yang dialami oleh mahasiswa, 9,09% menganggap banyak ceramah, 3,64% banyak praktikum, 52,73% kombinasi ceramah dan praktikum, ada 34,55% yang menjawab metode belajarnya cukup variatif.

Akan halnya aplikasi atau analogi dari materi yang telah didapat dengan fakta kejadian yang ada di sekitar mahasiswa, terdapat 72,09% mahasiswa menyatakan hanya sebagian saja materi genetika yang dapat dianalogikan, sementara 6,98% menganggap semua dapat dianalogikan, dan 20,93% sedikit yang dapat dianalogikan.

Tentang masalah hubungan antara praktikum dan teori, 57,78% mahasiswa merasa peran praktikum semakin memperjelas konsep-konsep teori yang telah diajarkan di dalam kelas, 31,11% hanya berhubungan dengan beberapa konsep saja dan 11,11% menyatakan tidak ada hubungan dengan teori secara langsung, tetapi melengkapi materi yang belum diajarkan di dalam kelas.

Di akhir kuliah genetika, beberapa mahasiswa menyatakan memahami sedikit konsep yang telah diajarkan (4,65%), ada yang dapat memahami separuh dari konsep yang telah diterima (30,23%), bahkan ada yang mampu memahami tigaperempat materi (65,12%), tetapi tidak ada satupun yang menyatakan memahami seluruh materi kuliah.

Mengenai peningkatan penge-tahuan dari pemahaman genetika yang pernah diterima sebelumnya saat di bangku sekolah menengah atau menempuh matakuliah Biologi Dasar, ada 65,91% mahasiswa yang menyatakan meningkat pengetahuannya tentang genetika, namun 34,09% menyatakan meningkat tetapi lupa setelah selesai kuliah

Di akhir jawaban angket, ada 59,09% menyatakan bahwa konsep yang diterima selama kuliah bisa mendasari matakuliah

berikutnya, sedang 27,27% menjawab banyak konsep yang bisa menjadi landasan matakuliah yang lain, tetapi 9,09% menyatakan hanya sedikit, dan 4,55% menjawab terlepas atau tidak ada hubungannya dengan matakuliah lainnya.

Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1., jawaban yang diberikan tidak menunjukkan pola yang pasti, tetapi rata-rata ada benang merah yang bisa ditarik antar jawabannya. Hal ini mungkin disebabkan mahasiswa yang menjadi responden telah lulus menempuh matakuliah ini, sehingga ada sedikit penurunan persepsi terhadap yang item yang dijawab. Namun data ini sengaja diberikan saat selesai semester agar tidak mempunyai pengaruh terhadap kekhawatiran mahasiswa terhadap skor yang didapatkan pada angket ini, dibanding bila mereka diminta mengisi angket ini saat mereka menempuh matakuliah genetika semester berjalan. Dengan demikian kejujuran menjawab dalam angket ini dapat dijamin karena tidak ada konsekuensi terhadap matakuliah yang ditempuh.

Berdasarkan tabel hasil data ditemukan fakta bahwa 52,63% mahasiswa masih menganggap Biologi Sel merupakan inti matakuliah dari keilmuan Biologi. Persepsi mahasiswa masih terjebak dari *framework* bahwa sel sebagai unit penyusun struktur makhluk hidup dan satuan dasar dalam tubuh individu. Padahal sel masih mempunyai organel-organel seperti nukleus/bahan inti sel yang di dalamnya terdapat faktor (gen) penentu wujud dari makhluk itu sendiri. Substansi inilah yang menjadi inti dari keilmuan Biologi karena semua fenomena-fenomena yang terjadi dalam tingkatan sel, jaringan, organ, sistem organ, bahkan biosfer sekalipun juga sangat dipengaruhi oleh perilaku gen individual dan gen populasi.

Matakuliah-matakuliah lain hakekatnya juga mendasarkan diri pada Genetika sebagai *backbound* dalam memahami konsepnya. Contoh pada

matakuliah taksonomi, yang selama ini memetakan kekerabatan makhluk hidup berdasarkan bentuk atau kekhasan tubuh. Karakteristik bentuk atau ornamen tubuh individu merupakan hasil olah pembentukan protein yang menyusunnya, sehingga diasumsikan bila ada dua organisme yang memiliki bentuk mirip berarti bahan penyusunnya dan prosesnya juga tidak jauh beda. Dengan demikian obyek yang diteliti bisa dikategorikan kedekatan secara filogenik. Sementara bahan protein penyusunnya merupakan hasil sintesis yang diproduksi oleh gen. Lekak-lekuk tubuh atau organ yang terbentuk di "pahat" oleh enzim, yang juga hasil kerja gen saat sintesis protein. Belum lagi bahan hormon yang menginduksi pertumbuhan dan perkembangan organisme tersebut juga wujud dari kerja materi genetik dalam gen. Berarti untuk memahami secara baik asal-usul suatu kekerabatan dalam ilmu taksonomi, tidak bisa meninggalkan pengetahuan tentang genetika. Bahkan dewasa ini sudah mulai banyak penelitian-penelitian tentang klasifikasi makhluk hidup dengan mempertimbangkan keragaman profil protein atau pola DNA-nya, untuk sebagai pembandingan terhadap kesamaan bentuk morfologi yang selama ini menjadi acuan.

Tidak jauh beda dengan Evolusi, salah satu cabang ilmu biologi yang mengkaji perkembangan makhluk hidup dari bentuk sederhana sampai kompleks, memerlukan instrumen genetika untuk menterjemahkan fenomena yang terjadi di masa lalu, saat ini dan prediksi masa mendatang. Perubahan-perubahan bentuk yang terjadi baik menyangkut morfologi, anatomi maupun fisiologi berkait erat dengan perilaku gen yang ekspresinya dikontrol oleh lingkungan sehingga menghasilkan adaptasi demi adaptasi sampai muncul kondisi yang *fix* atau berkembang ke bentuk yang lebih adaptif. Untuk itu tidak dapat dipungkiri peranan genetika dalam merangkai susunan filogenik dalam evolusi. Hal ini sesuai dengan pendapat Corebima (2014) bahwa Genetika dalam struktur keilmuan Biologi merupakan satu mata kuliah dasar, sebab genetika

adalah ilmu dasar dalam bangunan ilmu-ilmu dalam Biologi. Dengan begitu keberhasilan untuk memahami konsep-konsep genetika sangat membantu pemahaman dan pengembangan cabang-cabang ilmu dalam payung biologi. Ini sesuai dengan pendapat *Biological Science* (2014) bahwa Genetika merupakan ilmu tentang pentransferan karakteristik dan variasi pada berbagai spesies di dunia, yang merupakan disiplin dinamis dan berkembang pada inti dari ilmu biologi dan medis. Hal ini diperkuat oleh pendapat Theodosius Dobzhansky yang menyatakan mustahil dapat memahami biologi tanpa petunjuk dari genetika, dan biologi adalah inti dari ilmu sains (Ayala, dkk, 1984). Memang ada sedikit mahasiswa yang menjawab Genetika sebagai inti dari ilmu Biologi (26,32%) dengan alasan karena matakuliah ini diberikan pada semester-semester awal seperti Biologi Dasar (7,02%).

Dari jawaban tersebut 63,27% alasan mereka berpendapat karena matakuliah inti dianggap mendasari keilmuan dari matakuliah Biologi, sedangkan pendapat lainnya karena mempunyai keterkaitan dengan ilmu Biologi, atau dapat diaplikasikan kepada semua percobaan Biologi atau bisa menjelaskan semua fenomena Biologi (8,16%). Pendapat terakhir inilah yang sebenarnya sangat tepat untuk menjelaskan mengapa Genetika dianggap sebagai matakuliah inti. Fenomena-fenomena biologi yang diwadahi dalam cabang-cabang ilmu biologi sudah berkembang menjadi 200 jenis, namun intinya tetap berbasis pada pengungkapan tentang hidup dan kehidupan secara biologis. Mengingat hidup sendiri merupakan wujud dari ekspresi dan perilaku gen yang dikondisikan oleh lingkungan, maka genetika menjadi kekuatan utama dalam memahami semua fenomena hidup yang terjadi.

Pendekatan perkuliahan yang dilakukan dominan menggunakan pendekatan peristiwa (57,41%), dalam pengertian materi-materi yang diberikan lebih banyak berbasis pada unsur peristiwa genetik sebagai dasar menjelaskan topik-topik kuliah. Hanya 31,48% menjawab

pendekatannya lebih ke arah substansi dan 5,56% pendekatan sejarah. Menurut Corebima (2009) struktur matakuliah genetika yang benar lebih menganut kepada pendekatan konsep, dan bukan pendekatan historis, seperti yang terjadi pada banyak perkuliahan genetika umumnya. Struktur materi ajar genetika di banyak perguruan tinggi lebih kepada pendekatan sejarah, dimana konsep-konsep genetika dipelajari sejalan dengan urutan munculnya konsep-konsep itu dalam perjalanan waktu. Biasanya setelah materi Arti dan Ruang Lingkup Genetika, konsep berikutnya dimulai dengan Mendelisme, kemudian dilanjutkan dengan berbagai konsep dan diakhiri dengan genetika molekuler dan genetika populasi. Urutan materi ajar seperti ini berdampak kepada terbentuknya pemahaman ilmu genetika yang terkotak-kota (fragmentasi), tidak utuh dan tidak mudah mensinergikan antar konsep. Mahasiswa lebih terjebak kepada sejarah perkembangan genetika yang secara konsep tidak gradual dari konsep rendah ke tinggi, tetapi melompat-lompat akibat penemuan yang tidak linier dalam sejarahnya. Untuk itu pendekatan konsep jauh lebih logis dan terstruktur.

Pendekatan konsep pada matakuliah Genetika sangat berbeda dengan pendekatan sejarah, karena konsep-konsep genetika yang menjadi materi ajar disusun pada seluruh informasi di bidang ilmu genetika dan dikelompok-kelompokkan dari sejak periode Gregor Mendel sampai periode masa kini, tanpa memperhatikan urutan waktu kemunculannya. Adapun susunan konsep-konsep itu antara lain: 1). Pengertian dan Ruang Lingkup Genetika, 2). Materi Genetik, 3). Reproduksi Materi Genetik, 4) Kerja atau Ekspresi Materi Genetik, 5). Perubahan Materi Genetik, 6) Materi Genetik dalam Populasi, 7). Perekayasa Materi Genetik. Seluruh informasi genetika yang sudah terungkap sejak tumbuh-kembangnya ilmu genetika ini sampai sekarang dapat dimasukkan ke dalam salah satu dari tujuh konsep ini (Corebima, 2009). Melalui pendekatan materi atau substansi seperti itu, memberi peluang para mahasiswa untuk

benar-benar berkesempatan mempelajari Genetika atas dasar struktur logis ilmu ini, dan pola tersebut sudah terbukti mengantarkan beberapa lulusan S₁ Jurusan Biologi UM peminat genetika dapat berkembang selama studi lanjut (S₂ dan S₃) di dalam negeri maupun luar negeri, bahkan mampu memperlihatkan keunggulan komparatif dan kompetitif dibidang Genetika dan Biologi Molekuler. Pendekatan konsep menyebabkan mahasiswa mengkonstruksi pengetahuan dasar yang kokoh untuk selanjutnya dapat menjadi rujukan memahami peristiwa-peristiwa genetik yang terjadi. Ini berbeda bila pendekatannya menggunakan unsur peristiwa genetik (dengan contoh urutan materi antara lain: materi genetik, sintesis protein, siklus sel, mutasi dan kelainan genetik, genetika mendel, pautan sex, peta gen, genetika populasi, rekayasa genetika dan bioteknologi), dimana dalam hal ini mahasiswa akan menjadikan contoh-contoh peristiwa tersebut sebagai patokan konsep, sehingga sering kurang menguasai masalah bila diberikan kasus lain sebagai bentuk pengembangan dari kasus peristiwa genetik yang telah dikenalnya.

Selanjutnya masalah rujukan yang banyak digunakan, mahasiswa menjawab untuk perkuliahan lebih sering menggunakan buku berbahasa Indonesia (65,52%), sedang yang lain memanfaatkan internet (1,72%) yang berbahasa Indonesia dan bisa dibrowsing melalui situs google serta hanya 6,9% yang memanfaatkan textbook. Bila dikaji lebih jauh tentang buku genetika berbahasa Indonesia yang beredar, referensi yang digunakan lebih banyak buku edisi bahasa Indonesia lain dan beberapa textbook. Jarang buku genetika di Indonesia yang merujuk pada jurnal dan hasil penemuan-penemuan mutakhir. Dengan demikian bila mahasiswa banyak merujuk ke buku terbitan dalam negeri, dapat diasumsikan bahwa materi yang mereka pelajari kurang mengikuti perkembangan terbaru dari hasil-hasil penelitian mutakhir. Contoh buku *Genetika* (Suryo, 1984) dan *Genetika Manusia* (Suryo, 1990) memiliki referensi

antara tahun 1966-1984, *Memahami Genetika* (Nugroho, 2009) memiliki referensi antara tahun 1989-2007, *Genetika* (Susanto, 2011) memiliki referensi antara tahun 1928-2010, *Genetika* (Hariyadi, 2014) memiliki referensi antara tahun 1983-2012. Sebenarnya mahasiswa dapat mengakses buku atau jurnal gratis dari berbagai sumber di internet, seperti halnya situs *Electronic Book Library* (Book.fi), *Library Genesis* (libgen), *Science Direct*, *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), dan sebagainya. Seperti contoh buku Biologi karya Campbell, bisa diakses tiap edisi baru, sehingga ada beberapa revisi yang berbeda dari edisi sebelumnya. Hal seperti ini jarang dilakukan oleh penulis-penulis buku di Indonesia.

Masalah ini diperparah dengan pemahaman materi dari referensi yang dibaca, hanya 35,56% mahasiswa yang mengaku jelas terhadap isi buku, sehingga sebagai besar jawaban lain masih kabur atau masih abstrak. Memang dalam beberapa referensi Indonesia sering ditemui menterjemahkan sumber asing apa adanya, sehingga pemahamannya tidak sinkron dengan kaidah genetika. Istilah-istilah genetika dalam bahasa asing kadang sama dengan istilah umum, tetapi pengertiannya berbeda. Contoh seperti kata *conception* oleh penulis diartikan konsep, padahal yang dimaksud adalah pembuahan atau fertilisasi. Demikian juga kata *tissue* yang artinya jaringan, tetapi bukan jaringan akses network melainkan sekumpulan sel yang sama bentuk dan fungsi. Untuk itu membaca sumber aslinya akan lebih memberikan pemahaman yang komprehensif dari pada membaca terjemahan orang lain yang belum tentu dapat dipahami dengan mudah.

Untungnya saat mahasiswa mendalami materi di luar kelas, lebih banyak menggunakan sumber lain yang relevan (56,36%), tidak berkutat pada sumber utama yang direkomendasi oleh dosen saja. Sumber lain yang dimaksud termasuk browsing materi, gambar dan animasi di internet untuk memperkaya (*enrichment*) pemahaman yang telah didapatkan selama mengikuti

pembelajaran di kelas dan mendukung tugas dan praktikum yang diberikan. Untuk itu wajar bila masih ada 19,57% mahasiswa merasa pemahaman materi perkuliahan secara keseluruhan lebih banyak hafalan dan 8,7% pada rumus-rumus. Hafalan merupakan proses berpikir paling rendah dalam taksonomi Bloom karena didasarkan pada aktivitas merekam kata dalam bentuk istilah atau kalimat dalam bentuk frasa tanpa penataan struktur antar komponen materi yang dihafal. Untuk itu bisa ditemukan seseorang yang hafal terhadap suatu kaidah tetapi tidak paham akan maksud kaidah itu. Lain halnya bila memahami konsep, didalamnya ada upaya saat proses berpikir untuk menata struktur materi menjadi suatu pengertian yang sesuai dengan maksud tetapi dengan caranya sendiri. Seseorang yang memasuki tingkatan paham tidak perlu merekam secara utuh suatu kalimat, tetapi cukup menggunakan key point dari inti kalimat, bahkan mungkin dapat menjelaskan kembali kaidah yang dipahaminya secara improvisasi. Bila seseorang sudah sampai pada tahap ini, akan mampu melanjutkan ke tahapan analisis, sintesis, evaluasi bahkan kreasi.

Ini sesuai dengan pendapat 53,33% mahasiswa yang menyatakan pola materi dari awal sampai akhir kuliah utuh dan saling berhubungan, walaupun ada mahasiswa yang menganggap polanya terkotak-kotak (segmentasi) tapi beberapa bab masih ada hubungan. Keutuhan atau keterkaitan antar materi disebabkan materi disusun seperti *time line* sejarah dari waktu ke waktu sehingga mahasiswa seperti melihat sebuah film dokumenter yang lebih fokus pada peristiwa daripada makna. Padahal yang dibutuhkan adalah pemahaman yang utuh antar konsep yang dipelajari antar bab, sehingga faktor sejarah dan peristiwa hanya pelengkap untuk menjadikan konsep itu utuh dari sisi kemunculannya.

Peran dosen dan mahasiswa dalam perkuliahan yang telah dijalani cukup seimbang. Ada 65,91% merasa bahwa peran dosen dan mahasiswa masih fifty-fifty, tapi ada yang berpendapat peran dosen dominan

dan ada juga yang menganggap peran mahasiswa yang dominan. Mungkin pendapat terakhir ini berkaitan dengan mahasiswa yang aktif di kelas. Memang ukuran peran antara dosen dan mahasiswa tergantung dari pendekatan, model, metode, strategi dan teknik dalam mengajar. Dalam teori pembelajaran modern, *Student-Centered Learning* (SCL) menjadi pendekatan yang direkomendasikan oleh banyak ahli pendidikan dari pada *Teacher-Centered Learning* (TCL). Menurut Hadi (2007) pada sistem pembelajaran SCL, mahasiswa dituntut untuk aktif menyelesaikan tugas dan mendiskusikannya bersama dosen sebagai fasilitator. Dengan demikian, kreativitas mahasiswa akan terlatih dengan baik, sehingga memiliki motivasi dalam diri mereka sendiri kemudian berupaya keras mencapai kompetensi yang diinginkan. Hal ini bisa dilakukan dengan cara banyak-banyak melakukan diskusi, agar mahasiswa belajar memecahkan masalah yang dihadapi, berani mengemukakan pendapat, dan tidak sungkan pada dosen. Dengan diterapkan SCL ini mahasiswa menjadi aktif dan kreatif, menyelesaikan tugas-tugas dengan lancar, karena akses pada dosen tidak terhambat, sehingga mahasiswa dapat menyelesaikan studi dengan lancar dan tepat waktu sesuai dengan target atau bahkan bisa lebih cepat dari standar waktu. Adapun keunggulan dari SCL antara lain: 1) mahasiswa dapat merasakan bahwa pembelajaran menjadi miliknya sendiri dan mandiri karena diberi kesempatan yang luas untuk berpartisipasi; (2) mahasiswa memiliki motivasi kuat untuk mengikuti kegiatan pembelajaran secara kreatif dan efektif; (3) tumbuhnya suasana demokratis selama pembelajaran sehingga terjadi dialog dan diskusi untuk saling belajar-membelajarkan di antara sesama mahasiswa; (4) dapat menambah pengetahuan dan wawasan pikiran bagi dosen karena sesuatu yang disampaikan dan dialami oleh mahasiswa mungkin belum diketahui oleh dosen sebelumnya. Ini berbeda dengan sistem pembelajaran *Teacher-Centered Learning* (TCL), yang masih bersifat satu arah, yaitu pemberian materi langsung oleh

dosen. yang membuat mahasiswa pasif sebab hanya mendengarkan kuliah sehingga kreativitas mereka kurang terlatih atau bahkan cenderung tidak kreatif. Pada sistem pembelajaran model TCL, dosen lebih banyak melakukan kegiatan belajar-mengajar dengan metode ceramah. Pada saat mendengarkan ceramah atau mengikuti kuliah, mahasiswa sebatas memahami melalui menyusun catatan, bagi yang merasa membutuhkannya. Dosen menjadi pusat (*centris*) dalam pencapaian hasil pembelajaran dan seakan-akan menjadi satu-satunya sumber belajar. Model ini berarti memberikan informasi satu arah saja karena targetnya adalah dosen dapat mengajar dengan baik sehingga yang terjadi hanyalah transfer pengetahuan semata.

Berhubungan dengan rasio peran dosen dan mahasiswa tersebut wajar bila keaktifan mahasiswa kurang optimal. Terdapat 75% mahasiswa yang mengaku jarang bertanya dan hanya 2,27% yang menjawab selalu bertanya. Padahal menurut pendapat Walsh (2011) bahwa keterampilan bertanya memegang peranan penting dalam proses pembelajaran, karena kemampuan berpikir siswa dapat dilacak dan diukur dari level pertanyaan yang disampaikan. Dengan demikian rendahnya keinginan siswa untuk bertanya menjadi indikator kurang optimalnya pemahaman mereka terhadap materi yang dipelajari. Hal ini diperkuat oleh pendapat Hariyadi (2014) bahwa keterampilan bertanya dapat meningkatkan kreativitas siswa, karena unsur yang dimunculkan dalam pertanyaan berasal dari pertarungan kognitif antara konsep yang diterima dengan pengalaman yang pernah dialami, ditambah pengetahuan lama yang dipunyai dan keyakinan personal. Interaksi keempat unsur tersebut memicu daya cipta atau kreasi yang melahirkan orisinalitas dan keluasan dalam berpikir. Menurut Sumiati dan Asra (2008), manfaat mengajukan pertanyaan antara lain: a). memperluas wawasan berpikir, dimana jika mahasiswa selalu menerima suatu penjelasan ide atau teori dari dosen tanpa mempertanyakan, maka pengetahuannya hanya terbatas pada

apa yang diterima saja; b). mengundang penguatan (*reinforcement*), yang mana pada umumnya mahasiswa akan merasa senang atau puas jika pertanyaan yang diajukannya mendapatkan respek, atau pertanyaan yang diajukan relevan dan menyebabkan pembahasan lanjutan terhadap materi yang ditanyakan; c). memberikan motivasi dan mendorong mahasiswa untuk belajar lebih lanjut, karena dengan kemampuan bertanya mahasiswa tidak menerima satu pendapat saja, tetapi dapat masukan dari berbagai perspektif, dan sikap ini mendorong mahasiswa untuk selalu bersikap untuk ingin tahu, mendalami berbagai teori yang berkaitan dan mendorongnya belajar lebih banyak lagi.

Implikasi dari temuan tersebut 84,78% mahasiswa mengaku jarang menjawab/berpendapat, bahkan ada yang mengaku tidak pernah menjawab/berpendapat sama sekali (6,52%). Ada dugaan bahwa metode ceramah yang menjadi metode andalan bagi dosen (52,73%). Faktor ini ikut menjadi penyebab terhadap kurangpartisipasian mahasiswa dalam tanya jawab. Peran dosen yang mendominasi saat ceramah, menyebabkan mahasiswa sudah merasa cukup dari keterangan yang disampaikan dosen. Tidak ada *trigger* dari dalam diri mahasiswa untuk mencetuskan ide bertanya dari semua materi telah dijelaskan dan umumnya mahasiswa menjadikan hasil ceramah dosen sebagai *border* bagi pengetahuan yang akan diujikan kelak. Menurut Djamarah dan Zain (2002) memang ada kelebihan metode ceramah, diantaranya guru mudah menguasai kelas, mudah mengorganisasi kelas dan mengatur tempat duduk siswa, dapat diikuti oleh siswa dalam jumlah besar atau banyak, mudah mempersiapkan dan sekaligus melaksanakannya, guru mudah menerangkan pelajaran dengan baik dalam organisasi kelas yang sederhana. Hal ini diperkuat oleh pendapat Sanjaya (2006) bahwa keunggulan metode ceramah diantaranya: (1) ceramah merupakan metode yang murah dan mudah, tidak memerlukan peralatan yang banyak dan lengkap, mengandalkan suara guru serta

tidak memerlukan persiapan yang rumit; (2) ceramah dapat menyajikan materi pelajaran yang luas, artinya materi pelajaran yang banyak dapat dijelaskan pokok-pokoknya saja; (3) ceramah dapat memberikan inti materi yang perlu ditonjolkan, artinya guru dapat mengatur materi yang perlu ditekankan sesuai kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai dalam pembelajaran; (4) melalui ceramah guru dapat mengontrol serta mengendalikan keadaan kelas, karena kelas merupakan tanggung jawab sepenuhnya guru yang ceramah; (5) melalui ceramah organisasi kelas, dapat diatur menjadi lebih sederhana. Namun demikian metode ceramah juga punya kelemahan yaitu guru sulit untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa atas pembicaraan guru karena arus pembelajaran *one way traffic*, seringkali terjadi kesalahpahaman antara guru dan siswa, serta menimbulkan verbalisme siswa. Hal senada juga disampaikan oleh Sanjaya (2006) bahwa kekurangan dari metode ceramah antara lain: (1) materi yang dikuasai siswa akan terbatas pada yang dikuasai guru saja; (2) ceramah yang tidak disertai peragaan secara kasat mata atau contoh-contoh faktual dapat mengakibatkan terjadinya verbalisme; (3) guru yang kurang memiliki kemampuan berorasi dengan baik, sering menyebabkan kondisi membosankan; (4) sangat sulit untuk mendeteksi apakah seluruh siswa yang mendengarkan sudah mengerti atau belum dengan apa yang dijelaskan.

Hal ini diperparah dengan pendapat bahwa 72,09% mahasiswa menyatakan hanya sebagian saja materi genetika yang diajarkan dapat dianalogikan dengan kejadian kasus di masyarakat. Padahal kejadian-kejadian faktual di masyarakat sekitar mahasiswa merupakan bukti autentik dan bentuk sinergitas antara teori dan fakta. Bila suatu teori tidak pernah didapatkan faktanya, maka teori itu hanya menjadi hafalan semata, tidak memberikan pendalaman makna bagi mahasiswa. Lain halnya bila pembelajarannya dilakukan dengan melibatkan mahasiswa sebagai obyek belajar, karena mereka akan berusaha mencari contoh kasus nyata yang pernah ditemui, dikenali

atau mungkin dirasakannya sendiri. Uraian teori yang disertai fakta akan memberikan pengalaman batin yang mendalam bagi mahasiswa. Teori Piramida Belajar menurut Edgar Dale (1946) yang terkenal itu menjelaskan bahwa materi belajar hanya 10% yang cenderung bisa diingat dari apa yang kita baca (*membaca*), 20% dari apa yang kita dengar (*mendengar kata-kata*), 30% dari apa yang kita lihat (*melihat gambar-gambar*), 50% dari apa yang kita dengar dan lihat (*menonton film, melihat pameran, menyimak demonstrasi, melihat fakta di lokasi*), 70% dari apa yang kita katakan dan lakukan (*berpartisipasi dalam diskusi atau memberika ceramah*), serta 90% dari apa yang kita katakan dan lakukan (*melakukan presentasi dramatis, simulasi pengalaman nyata, melakukan hal yang nyata*). Adapun taraf keterlibatannya, 10%-20% termasuk ranah penerimaan verbal, 30%-50% penerimaan visual, 70% penerimaan dan partisipasi, serta 90% ranah melakukan. Dari level tersebut pada taraf 10%-50% termasuk pembelajaran pasif dan 70%-90% termasuk pembelajaran aktif. Dengan demikian pada metode ceramah retensi mahasiswa untuk mengikat materi yang diterima hanya 20% bila dosennya hanya menjelaskan, atau 30% bila dosennya menggunakan slide atau charta dalam penjelasannya, dan sampai 50% bila dosennya menyertakan animasi atau video dalam pembelajarannya.

Untungnya kekurangan ini dapat dicover oleh kegiatan praktikum, karena 57,58% mahasiswa merasa peran praktikum semakin memperjelas teori. Memang praktikum yang dilakukan di Universitas Jember mempunyai topik yang sama dengan topik-topik dalam teori di kelas, sehingga dalam pembelajaran teori dan praktikum seperti dua sisi yang terbelah dua tapi setangkup saling mengisi dan melengkapi. Menurut Daldiyono (2009) praktikum dimaksudkan untuk melatih keterampilan atau menghubungkan antara teori dengan kenyataan (realitas). Berbagai aspek praktikum yang mendukung kerja mahasiswa antara lain dalam praktikum terdapat teori

yang mendasari, dan dalam proses praktikum ada standar prosedur operasional yang mutlak diikuti langkah-langkahnya. Dalam praktikum ada suatu proses melingkar yang harus diperhatikan yakni “tuliskan apa yang dikerjakan dan kerjakan apa yang dituliskan” (mirip prinsip dalam ISO), karena praktikum selalu mulai dari garis besar pokok-pokok ke detailnya (rincian-nya), serta hasil praktikum sudah direncanakan atau dirancang sebelumnya.

Implikasi dari kombinasi teori dan praktikum itu menyebabkan 65,12% mahasiswa menyatakan dapat memahami tigaperempat materi, 65,91% menyatakan meningkat pengetahuannya tentang Genetika dan 59,09% konsep yang diterima selama kuliah bisa mendasari matakuliah berikutnya. Berarti praktikum yang dialami memperjelas teori yang diterima dalam kelas, yang mungkin pada awalnya dipahami secara parsial dan membutuhkan pemahaman pendukung untuk memperjelas persepsi. Hal ini sesuai pendapat Kardiawarman (1995) bahwa komponen-komponen dalam instruksi praktikum itu dapat membimbing dan membina peserta didik dalam memahami dan mengembangkan konsep-konsep melalui pengamatan langsung selama praktikum dan membuat laporan. Praktikum dapat bertujuan untuk memahami konsep-konsep dasar, ada pula untuk mengembangkan konsep-konsep, atau memperkuat penguasaan konsep-konsep, bahkan ada yang bertujuan untuk mengembangkan secara mandiri ide-ide dari pendidik dan peserta didik.

Hanya saja ada temuan menarik dalam angket yang perlu ditindaklanjuti bahwa dari konsep yang telah diterima selama kuliah, ada 34,09% mahasiswa yang menyatakan lupa setelah selesai kuliah atau berganti semester. Fenomena ini seperti suatu keniscayaan bagi mahasiswa pada umumnya. Setiap selesai kuliah merasa seperti baru terlepas dari beban dan segera melupakannya. Jarang mahasiswa mempersepsikan bahwa sesungguhnya setiap matakuliah disusun secara gradual membentuk anak tangga yang bermula dari matakuliah dasar sampai lanjut, sehingga di akhir kuliah

mahasiswa mempunyai kompetensi yang dipersyaratkan. Dalam fenomena ini ada mahasiswa yang mengatakan bahwa setiap tahapan yang sudah dilalui menjadi bagian masa lalu dan tidak lagi menjadi beban di pikiran, seperti saat selesai mid semester maka yang dipikirkan selanjutnya adalah materi menghadapi akhir semester dan melupakan apa yang telah dipahami selama awal kuliah sampai mid semester. Fenomena ini sering terjadi dan harusnya menjadi pemikiran serius diantara dosen pengampu matakuliah atau pengembang kebijakan, karena sesungguhnya kurikulum diimplementasikan dalam bentuk suatu rangkaian matakuliah yang tersusun seperti sebuah piramid, yang di ujungnya dapat membentuk karakter dan kompetensi mahasiswa sesuai visi dan misi lembaga.

Kemampuan retensi (mengingat ingatan dalam pikiran) perlu metode dan tergantung dari banyak hal. Produk olah pikir dari pembelajaran yang sangat mengesankan pasti mempunyai daya retensi yang baik daripada yang diacuhkan. Mayoritas metode *experiential learning*, yaitu belajar dari pengalaman dimana peserta didik melakukan praktik secara langsung ditengarai lebih efektif menimbulkan daya retensi lebih panjang dibanding peserta didik yang sekedar belajar teori di dalam kelas (Zaman, dkk. 2010). Tanpa adanya retensi tidak dapat disebut sebagai proses belajar dan tanpa adanya belajar maka tidak akan mungkin ada yang diingat (Supriyatna, 2012). Untuk itu agar daya retensi pada setiap mahasiswa yang berbeda-beda ini dapat ditingkatkan dan konsep yang telah dipelajari tetap bertahan lama dalam ingatan, perlu dipertimbangkan penggunaan pendekatan, model, metode, strategi dan taktik pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik mahasiswa dan tujuan pembelajaran. Sudah banyak penelitian tentang metodologi pembelajaran yang dapat di gunakan untuk meningkatkan hasil belajar dan perangkat kompetensi lainnya. Alhasil, bila daya retensi dan hasil belajar baik, maka pembelajaran yang telah dirancang oleh dosen akan dapat tercapai dengan baik pula.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa pembelajaran genetika di Universitas Jember perlu ditingkatkan perannya dalam hubungannya dengan kompetensi yang dicapai di akhir kuliah agar sesuai dengan tantangan abad 21.

Saran

Saran yang diberikan untuk menindak lanjuti hasil data ini adalah perlunya merancang ulang pendekatan, model, metode, strategi dan taktik belajar dari yang telah dilakukan selama ini, untuk mendukung pendekatan berpusat pada siswa (*Student Center Learning*), memperkaya konsep secara mandiri dan memahami genetika sebagai inti dari struktur keilmuan Biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayala, F.J. and Kiger, J.A. 1984. *Modern Genetics*. Second Edition. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc
- Biological Sciences Faculty. 2014. Genetics. <http://www.fbs.leeds.ac.uk/undergraduate/ugcourse.php?tsid=10>. University of Leeds. United Kingdom
- Corebima, A.D. 2009. *Pengalaman Berupaya Menjadi Guru Profesional*. Pidato Pengukuran Guru Besar dalam bidang Genetika pada Fakultas MIPA, disampaikan pada Sidang Terbuka Senat Universitas Negeri Malang, Tanggal 30 Juli 2009. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Corebima, A.D. 2014. *Kajian tentang Perkembangan Keterampilan Metakognitif pada Perkuliahan Genetika di Jurusan Biologi FMIPA UM*. Laporan Penelitian (tidak dipublikasikan). Universitas Negeri Malang. Malang
- Daldiyono. 2009. *How to Be a Real and Successful Student (buku panduan untuk menjadi sarjana yang sadar dan berpikir)*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Dale, E. 1946. *Kužel Zkušnosti (Cone of Experience)*. serial online: http://it.pedf.cuni.cz/strstud/edutech/2006_Dale_Ovsenak/cone_of_learning.html [diakses pada tanggal 31 Januari 2015]
- Darmawati., Amelia P. & Srifatmini, E. 2011. Peningkatan Pembelajaran Genetika dan Evolusi Melalui Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Pada Mahasiswa Biologi. *Jurnal Pilar Sains*. Volume 11, No.1, hal: 29-37.
- Djamarah, dan Zain Aswan. 2002. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta
- Hadi, R. 2007. Dari Teacher-Centered Learning ke Student-Centered Learning, Perubahan Metode Pembelajaran di Perguruan Tinggi. *Jurnal Insania*. Volume 12. Nomer 3: 408-419
- Hariyadi, S. 2014. Bertanya, Pemicu Kreativitas dalam Interaksi Belajar. *Jurnal Biosel*. Volume 3. No.1. Hal: 144-159
- Hariyadi, S. 2014. *Genetika*. Jember University Press. Jember
- Kardiawarman. 1995. *Model Pengembangan Instruksi Praktikum Bidang Studi Fisika untuk Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK)*. Pelatihan Pengelola Laboratorium Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (PMIPA) LPTK, September 1995. IKIP Bandung. Bandung.
- Minarno, E.B. 2012. Pembelajaran Bioetika sebagai Pengawal Perkembangan Biologi Modern dan Penyelamatan

- Lingkungan Hidup. *Jurnal El-Hayah*. Volume. 3, No.1, hal: 35-40.
- National Science Foundation. 1995. *Impact of Emerging Technologies on the Biological Sciences* (Report of a Workshop). 26-27 Juni 1995. National Science Foundation United States of America.
- Nugroho, H.S.W. 2009. *Memahami Genetika dengan Mudah*. Nuha Medika. Yogyakarta
- Sumiati dan Asra. 2008. *Metode Pembelajaran*. Wacana Prima. Bandung.
- Supriyatna, Yana. 2012. *Pengaruh Strategi Questioning terhadap Penguasaan Konsep dan Retensi Siswa Kelas VIII SMP pada Konsep Gerak Tumbuhan*. (Online),(<http://repository.upi.edu/operator/upload/sbio0801314chapter2.pdf>), diakses 14 Desember 2014.
- Suryo. 1984. *Genetika (Strata-1)*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Suryo. 1990. *Genetika Manusia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Susantini, E. 2013. *Pembelajaran Genetika yang Efektif di Sekolah Menengah*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Endang Susantini. 17 Desember 2013. Universitas Negeri Malang. Malang
- Susanto, A.H. 2011. *Genetika*. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Walsh, J.A. & Sattes, B.D. 2011. *Thinking Through Quality Questioning: Deepening Student Engagement*. Corwin Pubh. USA
- Woese, C.R. 2004. A New Biology for a New Century. *Journal Microbiology and Molecular Biology Reviews*. Volume 68, No. 2, hal: 173-186.
- Zaman, S., Helmi, D.R., dan Gibasa. 2010. *Games Kreatif Pilihan Untuk Meningkatkan Potensi Diri dan Kelompok*. Gagas Media. Jakarta