

PERKEMBANGAN BIOLOGI DAN TANTANGAN PEMBELAJARANNYA

Oleh:

Mohamad Amin

(Guru Besar Biologi Universitas Negeri Malang)

Email: mohamad.amin.fmipa@um.ac.id

Ringkasan

Pengetahuan tentang makhluk hidup bermanfaat untuk memecahkan berbagai masalah dalam rangka meningkatkan kesejahteraan hidup manusia. Berbagai masalah yang berkaitan dengan pangan, sandang, papan, energi, lingkungan bahkan sosial dapat diatasi dengan Biologi. Sejarah perkembangan Biologi memberikan gambaran perjalanan ilmu yang sangat ditopang oleh pengetahuan. Dalam tahap awal, semua ilmuwan mengembangkan ilmu berdasarkan pengamatan. Dan pengamatan yang paling mudah adalah dengan melihat hal yang tampak, maka berkembanglah cabang Biologi yang disebut Morfologi, makin detail pengamatan berkembanglah Anatomi, Fisiologi sampai pada kajian seluler (Biologi Sel dan Molekular). Pemfokusan (reduksionis) ini sangat penting dalam rangka pengembangan ilmu. Perlu juga kesadaran bahwa disiplin ilmu yang mengabaikan hal di luar yang difokuskan akan menimbulkan arogansi keilmuan. Inilah yang harus dihindari, karena pengembang ilmu (ilmuwan) itu harus rendah hati dan *open minded*. Untuk berhasil belajar dan membelajarkan Biologi diperlukan minimal tiga kesadaran yaitu: 1) sadar untuk apa belajar Biologi, 2) sadar akan perlunya konten keilmuan dan, 3) sadar akan bagaimana belajar atau mengajar dengan cara/teknik yang benar (*how teach/learn the true technique*). Ketiga kesadaran inilah yang akan membangun kecerdasan spiritual melalui *science spirituality*.

A. Pengantar

Pengertian biologi berasal dari kata Yunani yaitu bios yang berarti kehidupan dan logos yang berarti pengetahuan (ilmu). Biologi adalah ilmu yang mempelajari segala hal yang berhubungan dengan makhluk hidup dan kehidupan. Dibanding benda mati, setiap benda hidup (organisme) mempunyai tiga ciri sekaligus, yaitu: 1) mempunyai Susunan yang Kompleks, tetapi terorganisir dengan sangat rapi; 2) mampu mempertahankan 'keteraturan' dirinya di dalam lingkungan yang semakin tidak teratur (Hk TD II) dan 3) dapat mereplikasi diri (berkembang biak). Dengan ciri ini sistem biologi adalah sistem yang sangat kompleks. Kekompleksan sistem ini membuat orang (dalam hal ini tidak hanya ilmuwan) berdiskusi dengan mudah, sementara rasa ingin tahunya juga tinggi. Kemudian dicari cara untuk memfasilitasi "pencarian pengetahuan" sehingga dapat dengan mudah melalui pemfokusan pembahasan aspek-aspek yang dipelajari di dalam biologi. Pemfokusan kajian aspek Biologi ini makin berkembang dengan makin majunya teknologi sehingga aspek Biologi yang dipelajari (cabang-cabang Biologi) makin pesat temuan-temuannya. Objek kajian Biologi adalah mempelajari tentang kehidupan pada berbagai tingkatan organisme. Tingkatan organisme kehidupan tersebut meliputi sel, jaringan, organ, sistem organ, individu, populasi, komunitas, ekosistem bahkan juga tingkatan yang lebih tinggi yaitu Biosfer.

Manfaat pengetahuan tentang makhluk hidup untuk memecahkan berbagai masalah guna meningkatkan kesejahteraan hidup manusia. Berbagai masalah yang berkaitan dengan pangan, sandang, papan, energi, lingkungan bahkan sosial dapat diatasi dengan Biologi. **Biologi** banyak digunakan untuk berbagai bidang kehidupan seperti pertanian, peternakan, perikanan, kedokteran, dan lain sebagainya.

B. Sejarah Perkembangan Biologi

Sejarah Biologi dan peradaban dunia memberikan gambaran tentang makin pesatnya perkembangan ilmu ini. Petunjuk tentang sejarah perkembangan biologi dapat diperoleh dari situs Assyria dan Babilonia (tahun 3500 SM). Dari sisa-sisa peninggalan sejarah menunjukkan bahwa penduduk Assyria dan Babilonia telah melakukan aktivitas bercocok tanam dan menerapkan ilmu pengobatan. Juga telah mengenal tentang reproduksi tanaman

palem dan dapat menjelaskan bahwa pollen berasal dari tanaman jantan yang digunakan untuk menyerbuki tanaman betina. Mereka juga mulai mempelajari anatomi untuk tujuan pengobatan.

Bangsa Mesir mulai mempraktikkan biologi dan ilmu pengobatan sejak tahun 2000 SM yaitu kebudayaan dan kebiasaan bangsa ini mengawetkan mayat (mumi) dengan ramuan sejenis balsam yang dibuat dari tumbuh-tumbuhan. Bagaimana mungkin mereka dapat melakukannya tanpa pengetahuan yang baik mengenai tumbuh-tumbuhan. Bangsa Cina kuno juga telah mengenal berbagai tanaman obat sejak 2800 tahun SM. Selain telah membudidayakan ulat sutra untuk menghasilkan kain sutra, mereka juga telah mengenal berbagai jenis serangga, termasuk perkembangbiakan dan cara-cara memberantas serangga.

Reruntuhan di Mohenjodaro menunjukkan bahwa sejak 2500 SM penduduknya telah mengenal pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan dan sandang. Mereka bercocok tanam gandum, barlei, kapas, sayuran, melon, dan buah-buahan lain. Sebuah dokumen yang ditemukan pada situs peninggalan bersejarah itu menunjukkan bahwa mereka telah memanfaatkan sekitar 960 jenis tanaman untuk pengobatan. Dokumen ini juga berisi berbagai informasi tentang anatomi, fisiologi, patologi, dan ilmu bedah. Bangsa Babilonia, Assyria, Mesir, Cina, dan India kuno telah mengenal biologi, kebanyakan pengetahuan itu selalu dikaitkan dengan hal-hal yang bersifat supranatural. Contohnya adalah mereka membedah hewan bukan untuk mengetahui struktur organ, tetapi untuk meramal masa depan atau memberi persembahan kepada dewa.

Biologi yang dipelajari sebagai ilmu pengetahuan dimulai oleh bangsa Yunani. Ahli filsafat Yunani mempercayai bahwa setiap kejadian mempunyai sebab dan akibat. Hukum yang disebut hukum kausalitas ini telah mendorong dilakukannya berbagai penyelidikan ilmiah. Mereka juga mempercayai hukum alam yang mengatur kehidupan yang dapat dipelajari manusia karena kemampuannya dalam mengamati dan mengambil keputusan. Sejak saat itu biologi mulai dikembangkan secara rasional. Ilmuwan Yunani kuno yang telah berjasa mengembangkan biologi antara lain Thales, Anaximander, Hippocrates, Aristoteles, dan Theophrastus. Aristoteles yang hidup pada pertengahan abad ke-4 SM memberi perhatian yang besar terhadap berbagai ilmu termasuk biologi. Di wilayah Arab, biologi mengalami kemajuan pesat berkat sumbangan pemikiran para ahli seperti Al Jahiz yang menuliskan pengetahuannya tentang binatang dan Ibnu Sina yang banyak berjasa mengembangkan ilmu kedokteran, obat, dan pengobatan. Pada abad ke-12 pengetahuan tentang tumbuhan disatukan menjadi botani dan dipisahkan dari pengetahuan yang mempelajari hewan, perburuan, dan ilmu bedah (disebut zoologi). Perkembangan biologi selanjutnya terjadi di berbagai bangsa dan melahirkan tokoh-tokoh seperti Leonardo da Vinci, Otto Brunfels, Leonhard Fuchs, Pierre Belon, dan sebagainya.

Ketika mikroskop ditemukan oleh Leeuwenhoek pada abad ke-17, dimulailah kajian biologi dengan objek yang berukuran mikroskopis yaitu sel dan mikroorganisme. Sejak saat itu perkembangan biologi mengalami kemajuan yang pesat, ditunjukkan dengan berkembangnya teori-teori kehidupan yang baru dan munculnya cabang-cabang biologi yang baru seperti embriologi dan mikrobiologi. Tokoh-tokoh yang berjasa mengembangkan biologi pada saat itu adalah Robert Hooke, Francisco Redi, Lazzaro Spallanzani, dan Louis Pasteur. Akibat makin banyaknya makhluk hidup yang ditemukan, John Ray dan Carolus Linnaeus pada abad ke-17 dan 18 mengusulkan suatu sistem klasifikasi yang bersifat universal, dapat berlaku baik untuk hewan maupun tumbuhan. Mereka memperkenalkan sistem klasifikasi baru berdasarkan takson-takson. Sistem klasifikasi inilah yang digunakan sebagai rujukan sistem klasifikasi modern.

Ketekunan dan keuletan para ahli telah mengembangkan biologi menjadi ilmu modern yang maju dan cakupan yang luas. Perkembangan biologi tidak terlepas dari perkembangan ilmu yang lain seperti kimia dan fisika. Ketika ditemukan peralatan yang lebih canggih seperti mikroskop elektron dan metode analisis yang lebih sensitif pada abad ke-19, kajian biologi menjadi semakin luas karena objek biologi mulai dikaji secara molekuler.

Seiring dengan perkembangan di bidang biologi sel, perkembangan penelitian genetika klasik dianggap luar biasa, tetapi belum terdapat pemahaman tentang sifat molekuler gen sampai tahun 1940-an. Baru kemudian setelah eksperimen-eksperimen yang dilakukan oleh Avery, MacLeod, dan McCarty pada tahun 1944 serta Hershey dan Chase pada tahun 1952 semua orang percaya bahwa DNA merupakan material genetik, sebelum itu dianggap secara luas bahwa gen tersusun oleh protein. Penemuan tentang peran DNA merupakan daya tarik yang sangat besar bagi penelitian genetika, dan banyak ahli biologi terkenal (Delbruck, Chargaff, Crick dan Monod) telah memberi sumbangan jaman kebesaran genetika yang kedua. Dalam waktu empat belas tahun antara tahun

1952 sampai tahun 1966 struktur DNA telah dapat diketahui, kode genetik dipecahkan, serta proses-proses transkripsi dan translasi dapat dijabarkan. Kemudian antara tahun 1971 sampai 1973 penelitian genetika kembali maju dengan pesatnya sehingga dapat disebut sebagai revolusi dalam biologi modern. Suatu metode yang sama sekali baru dikembangkan sehingga memungkinkan eksperimen yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan akhirnya dapat berhasil dirancang dan dilaksanakan. Metode-metode ini disebut *teknologi DNA rekombinan* atau *rekayasa genetik* yang inti prosesnya adalah *kloning gen* dan hal ini telah melahirkan jaman kebesaran genetika yang ketiga (Amin, 2012a, 2012b, 2012c). Dari era inilah perkembangan biologi menjadi sangat pesat disertai dengan penemuan peralatan penunjangnya misalnya PCR (*polymerase chain reaction*), sekuensing, RT PCR dan peralatan pendukungnya.

Tonggak-tonggak sejarah keilmuan dengan teknik molekular semakin berkembang mengikuti majunya teknologi molekular seperti berikut ini:

- 1966 Mengungkap kode genetik yang berlaku universal pada semua organisme
- 1972 Rekayasa genetik pada *Escherichia coli* melalui transformasi dengan plasmid DNA rekombinan
- 1978 Rekayasa genetik pada *Saccaromyces cerevisiae* melalui transformasi dengan plasmid DNA rekombinan
- 1983 Sekuensing genom virus, *phage lamda*
- 1984 *Karyotyping* khamir dengan menggunakan metode *pulsed-field-gel-electrophoresis*
- 1985 Amplifikasi DNA *in vitro* dengan metode PCR
- 1995 Sekuensing genom *Haemophilus influenzae*
- 1996 Sekuensing genom eukariot, *Saccaromyces cerevisiae*
- 1977 Perkembangan prosedur sekuensing cepat DNA
- 2000 Proyek sekuensing genom manusia, *Homo sapiens*
- 2003 Sintesis genom virus *Phi-X174*
- 2007 Sekuensing genom *Vitis vinifera* var. Pinot Noir
- 2010 *Synthetic Life Generated* :Konstruksi genom sintetik dari *Mycoplasma mycoides* untuk menggantikan genom kerabatnya *Mycoplasma capricolum*

Sejarah perkembangan Biologi sebagaimana diuraikan di atas memberikan gambaran perjalanan ilmu yang sangat ditopang oleh pengetahuan. Dalam tahap awal, semua ilmuwan mengembangkan ilmu berdasarkan pengamatan. Dan pengamatan yang paling mudah adalah dengan melihat hal yang tampak, maka berkembanglah cabang Biologi yang disebut Morfologi. Selanjutnya makin detail pengamatan berkembanglah Anatomi, Fisiologi sampai pada kajian seluler (Biologi Sel dan Molekular). Pemfokusan (reduksionis) ini sangat penting dalam rangka pengembangan ilmu.

C. Biologi dan Kewajiban Mempelajarinya

Belajar Biologi wajib hukumnya, karena perintah Allah SWT. Hal ini sangat jelas karena banyak hal yang dipelajari Biologi diperintahkan Allah dalam Al Qur'an diantaranya dapat dirujuk pada ayat-ayat Quran di bawah ini.

1. *Maka tidakkah mereka memperhatikan unta, bagaimana diciptakan?* (Al Ghosyiyah: 17)
2. *Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sungguh, pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Allah) bagi orang yang berpikir.* (An Nahl: 69).
3. *Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh, merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti.* (Al Baqoroh: 164).
4. *Dan Dia-lah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang*

- tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman. (Al An'am: 99).*
5. *(Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, dan menjadikan jalan-jalan di atasnya bagimu, dan yang menurunkan air (hujan) dari langit." Kemudian Kami tumbuhkan dengannya (air hujan itu) berjenis-jenis aneka macam tumbuh-tumbuhan. (Thaha: 53).*
 6. *Dan tidak ada seekor binatang pun yang ada di bumi dan burung-burung yang terbang dengan kedua sayapnya, melainkan semuanya merupakan umat-umat (juga) seperti kamu. Tidak ada sesuatu pun yang Kami Luputkan di dalam Kitab, kemudian kepada Tuhan mereka dikumpulkan. (Al An'am: 38)*
 7. *Dan bagi kamu (ada lagi) manfaat-manfaat yang lain padanya (hewan ternak itu) dan agar kamu mencapai suatu keperluan (tujuan) yang tersimpan dalam hatimu (dengan mengendarainya). (Al Ghafir: 80)*

Pada dasarnya sumber ilmu bersumber pada dua hal, yaitu *pertama* ayat-ayat kaulyah yaitu firman Tuhan dalam kitab suci yang menuntun kita mempelajari alam dhoir (alam nyata/hal yang tercipta), *kedua* adalah alam semesta dengan segala isinya (ayat-ayat kaunyah) petunjuk manusia berupa hal nyata namun begitu dikaji lebih dalam dapat memandu kita untuk menuju Sang Pencipta. Sains dan teknologi baik itu yang ditemukan oleh ilmuan pada masa dulu, sekarang, dan yang akan datang; itu semua sebagai bukti kebenaran informasi yang terkandung di dalam ayat-ayat kaulyah, karena jauh sebelum peristiwa penemuan-penemuan itu terjadi ayat-ayat kaulyah telah memberikan isyarat-isyarat tentang hal itu. Kebenaran ayat-ayat kaulyah dan relevansinya dengan biologi modern dapat diberikan dua contoh sebagai berikut.

1. Segala Sesuatu diciptakan Berpasang-pasangan
Ayat-ayat kaulyah (Al Qur'an) yang berulang-ulang menyebut adanya pasangan dalam alam tumbuh-tumbuhan, juga menyebut adanya pasangan dalam rangka yang lebih umum, dan dengan batas-batas yang tidak ditentukan.
"Maha Suci Tuhan yang telah menciptakan pasangan-pasangan semuanya baik dari apa yang ditumbuhkan oleh bumi dan dari diri mereka maupun dari apa-apa yang mereka tidak ketahui." [Yaa Siin 36:36]
2. Memberi solusi terhadap kontroversi "evolusi makhluk hidup"
Dalam dekade terakhir ini terjadi perkembangan pemikiran yang sangat luar biasa terutama oleh para pemikir tentang evolusi. Salah satu pikiran itu tertuang dalam satu pikiran kritis terhadap evolusi. Namun sayang, kritik itu hanya tertuju pada teori evolusi Darwin padahal begitu banyak pemikir tentang evolusi selain Darwin (Amin, 2012).

Seseorang tidak dapat dikatakan atheis bila dia menerima adanya evolusi. Ada prinsip dasar yang membedakan agama dengan evolusi. Agama adalah menyangkut kepercayaan yang dapat dipercayai atau tidak dan diyakini atau tidak, sedangkan evolusi berhubungan dengan sains, sesuatu yang dapat diterima dengan akal atau tidak. Sains dapat diuji secara ilmiah dan hasilnya harus dapat diprediksi, sedangkan agama meyakini adanya kekuatan supranatural yang tidak dapat diprediksi.

Evolusi bukanlah agama. Agama bersifat dogmatis dan sains tidak bersifat dogmatis. Sifat agama pun adalah mengklaim kebenaran mutlak yang tentu saja tidak ada dalam sains. Sains bersifat empiris, masalahnya bukan dipercaya atau tidak pada suatu teori, termasuk teori evolusi, tetapi apakah teori tersebut dapat diterima sebagai suatu yang logis dan sesuai dengan fakta yang dapat diamati atau tidak. Dalam sains, sesuatu dianggap ada kalau sesuatu itu dapat diamati dengan pancaindra dan atau alat yang membantunya.

Tujuan sains adalah untuk menjelaskan suatu gejala alam secara logis berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan oleh manusia. Teori evolusi hingga saat ini dapat menjelaskan dengan paling tepat gejala alam sebagai wujud sisa-sisa masa lalu berupa keanekaragaman makhluk hidup (sisa yang masih hidup) dan adanya fosil-fosil (sisa yang sudah tidak ada) yang ditemukan dengan perkiraan umur yang berbeda. Hal yang menarik dalam sains dan yang membedakannya dengan agama adalah kebenaran dalam sains bersifat relatif karena sains merupakan sesuatu yang berkembang (dinamis, bukannya statis) (Amin, 2015).

Evolusi tidak menyangkal tentang keberadaan Tuhan. Lebih tepatnya, tidak ada alasan untuk mempercayai Tuhan tidak berperan dalam proses evolusi. Tidak sedikit ilmuwan percaya terhadap adanya Tuhan dan

menerima kebenaran teori evolusi. Evolusi dapat dianggap sebagai cara Tuhan dalam menciptakan keanekaragaman makhluk hidup yang ada saat ini.

Darwin yang teorinya menjadi sasaran dengan munculnya teori baru dengan ikon “Tumbangnya Teori Evolusi” sebenarnya mengakui Tuhan yang menciptakan makhluk-makhluk hidup. Kalimat yang paling akhir di bukunya *The Origin of Species by Means of Natural Selection* (1859) adalah:

“There is grandeur in this view of life, with its several power, having been originally breathed by the Creator into a few forms or into one, and that, whilst the planet has gone cycling on according to the fixed law or gravity, form so simple a beginning endless most beautiful and most wonderful have been and are being evolved.”

Dan dalam bab yang berjudul “Kehidupan dan Pekerjaan Darwin” dari buku K.F Vaas “Darwinisme dan Ajaran Evolusi” (1956) dapat kita jumpai kutipan dari kalimat-kalimat Darwin yang artinya sebagai berikut:

“Adalah sesuatu maksud yang sama agungnya dari Tuhan Yang Maha Esa asli yang sedikit saja, yang telah diciptakan olehNya, sudah dapat berkembang terus, daripada untuk mengira bahwa harus ada tindakan-tindakan penciptaan yang baru untuk mengisi lowongan-lowongan yang masih terbuka di barisan makhluk *hidup* yang terjadi karena hukum-hukum Tuhan”.

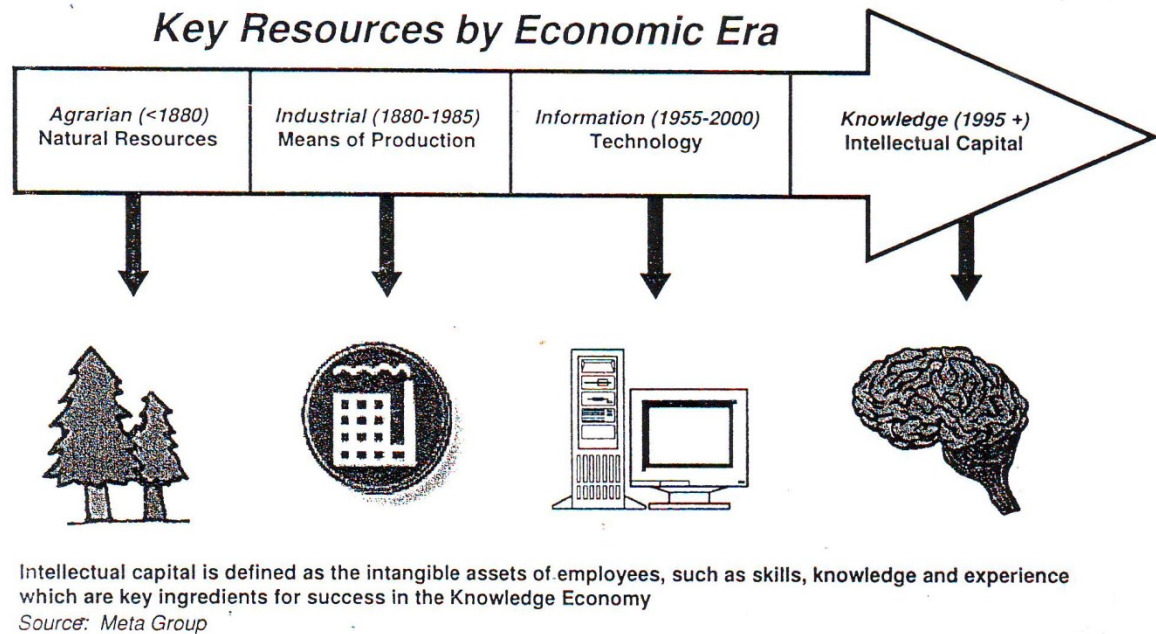
Dari pernyataan di atas, jelaslah bahwa Darwin mengakui bahwa segala yang ada di bumi telah diciptakan oleh Sang Pencipta menjadi beberapa bentuk atau bentuk tunggal. Evolusi tidak mengajak orang menjadi materialistik dan tidak perlu seseorang menjadi lemah imannya setelah mempelajari evolusi.

C. Bagaimana belajar dan membelajarkan Biologi?

Untuk berhasil belajar dan membelajarkan Biologi diperlukan minimal tiga kesadaran yaitu: 1) sadar untuk apa belajar Biologi dan 2) sadar akan perlunya konten keilmuan, 3) sadar akan bagaimana belajar atau mengajar dengan cara/teknik yang benar (*how teach/learn the true technique*).

1. Sadar untuk apa belajar Biologi

Dalam sejarah perkembangan kehidupan manusia, makin lama menjalani sejarah ternyata manusia makin jauh dari alam, padahal alam itu selalu “benar” dengan keseimbangannya. Makin modern perkembangan manusia, makin meningkat kebutuhannya. Paradigma menjadi antroposentrik bahkan egosentrik sehingga semua diukur berdasarkan kebutuhan manusia, yang tidak jarang tanpa memperhatikan keseimbangan alam. Hal ini sebagaimana diilustrasikan oleh Galbreath (1999). Galbreath (1999) memberikan gambaran tentang sumberdaya kunci terkait dengan era ekonomi (lihat gambar 1). Berdasarkan ilustrasi gambar di bawah ini bahwa pada saat masyarakat kita masih di era agrarian/bertani tradisional (< 1880), maka sumber daya alam menjadi tumpuan untuk pengembangan keperluan hidupnya. Keperluan masyarakat yang makin meningkat menuntut pemenuhan hidup menjadi meningkat, maka didirikanlah pabrik untuk skala industri di abad industri (1880-1955). Era informasi (1995-2000) ditandai dengan perkembangan teknologi semua bidang terutama teknologi informasi dan komputer. Dunia makin sempit karena informasi semakin mengglobal. Informasi di belahan dunia lain dapat diakses dalam waktu yang bersamaan di setiap rumah. Begitu mudahnya memperoleh pengetahuan, maka diperlukan kecerdasan berupa “*intellectual capital*” agar manusia bisa menghadapi kompetisi global yang telah dimulai setelah era informasi tercapai (> ±1995-2000). Dampak dari peningkatan kebutuhan, maka beban alam semakin meningkat. Peningkatan beban kepada alam serta merta akan mempengaruhi “reaksi alam” kepada manusia sebagai pengelolanya.



Gambar 1. Perkembangan era dan sumber-sumber kunci yang dibutuhkan

Kita coba ingat-ingat, pada saat kita di usia sekolah dasar begitu banyak mainan yang diambil dari alam, belum ada plastik dan alat-alat modern sehingga kebutuhan hidup tidak menghasilkan dampak yang membebani lingkungan. Belum lagi penggunaan pestisida, fungisida, herbisida yang dibuat bukan lagi bersumber dari alam namun dari bahan sintesis. Manusia yang sejatinya menjadikan ketidakseimbangan alam tersebut.

Selain itu, seiring dengan perjalanan sejarah perkembangan Biologi sebagaimana diuraikan di atas, ilmu pengetahuan menjadi semakin fokus, mendalam dan tajam analisisnya, namun hal ini memunculkan dampak baru yaitu adanya “pengabaian” di luar hal yang difokuskan tadi. Perlu juga kesadaran bahwa disiplin ilmu yang mengabaikan hal di luar yang difokuskan akan menimbulkan arogansi keilmuan. Inilah yang harus dihindari, karena pengembang ilmu (ilmuwan) itu harus rendah hati dan *open minded*. Tidak merasa paling hebat dan ilmunya paling diakui dan sejenisnya. Satu analogi, payung atau parasut kalau tidak terbuka pada saat diperlukan, maka parasut tersebut tidak akan menjalankan fungsinya. Saat hujan payung tidak dibuka, pemakai akan kehujanan, parasut saat diperlukan untuk terjun payung kalau tidak terbuka akan menimbulkan kecelakaan. Begitu juga dengan ilmuwan yang *close minded*, mereka akan merasa besar namun sebenarnya adalah kerdil. Ilmuwan yang *open minded* akan membangun komunitas keilmuan, sehingga mereka tahu kelemahan saat melakukan interaksi keilmuan. Ilmuwan tipe ini akan percaya diri dan tidak takut berbeda dengan kebanyakan, sehingga akan mampu memberikan sumbangsih bagi kehidupan untuk membangun peradaban dan sekaligus sebagai pengembang peradaban (Amin, 2015). Capra (2004 dan 2007) menjelaskan tentang pemikiran sistem. Menurut pandangan sistem, sifat-sifat dasar suatu organisme atau sistem hidup adalah sifat-sifat keseluruhan yang tidak dimiliki bagian-bagian. Sifat itu muncul dari interaksi dan hubungan antara bagian-bagian. Sifat itu akan rusak ketika sistem tersebut dibedah baik secara fisik maupun teoretis menjadi unsur yang terpisah-pisah. Organisme dan sistem hidup dipelajari di dalam Biologi (*life science*).

2. Sadar akan perlunya konten keilmuan

Abad ini dikenal sebagai abad globalisasi dan abad teknologi informasi. Pengembangan kemampuan siswa dalam bidang sains merupakan salah satu kunci keberhasilan peningkatan kemampuan dalam menyesuaikan diri dengan perubahan dan memasuki dunia teknologi, termasuk teknologi informasi. Untuk kepentingan pribadi, sosial, ekonomi dan lingkungan, siswa perlu dibekali dengan kompetensi yang memadai agar menjadi peserta aktif dalam masyarakat. Di dalam abad 21 peran ilmu pengetahuan (*scientific knowledge*) menjadi semakin dominan dalam bermasyarakat global. Masyarakat yang perikehidupannya bertumpu pada ilmu pengetahuan dikenal sebagai “masyarakat berbasis pengetahuan” (*knowledge-based society*) yang perekonomiannya semakin menuju ke ekonomi berbasis pengetahuan (*knowledge-based economy*), yaitu melalui kegiatan industri jasa maupun produksi yang berbasis pengetahuan (*knowledge-based industry*) (Amin 2010; Amin, 2015).

Dalam masyarakat berbasis pengetahuan, unggulan yang diandalkan anggotanya adalah kemampuan akal, yaitu daya penalaran yang merupakan perpaduan antara apa yang diketahui tentang kebenaran yang berasaskan ilmu pengetahuan, informasi-informasi yang relevan dan pengalaman-pengalaman kebenaran lain yang didapatnya. Daya penalaran untuk menghasilkan ide-ide baru, inovasi – baik untuk jasa maupun produk dan kemampuan merealisasikannya akan menjadi basis dari pertumbuhan ekonomi dan kemakmuran kehidupan masyarakatnya. Kemampuan menghasilkan, menghimpun, mendiseminasikan, dan memanfaatkan ilmu pengetahuan untuk melakukan inovasi berdasar ide-ide baru merupakan basis dari terciptanya unggulan-unggulan baru baik secara *comparative* maupun *competitive* (Amin, 2015). Kunci keberhasilan dalam perikehidupan masyarakat global berbasis pengetahuan yang semakin kompetitif tersebut adalah: **kecepatan** (*speed*) dalam menanggapi dinamika dan perubahan keperluan masyarakat yang semakin cepat, **fleksibilitas** (*customization*) dalam memenuhi selera masyarakat yang semakin bervariasi, dan **kepercayaan** (*trust*) sebagai anggota masyarakat (*global*) yang berwatak unggul.

Untuk mampu berpartisipasi dalam masyarakat berbasis pengetahuan yang ekonominya berubah semakin cepat tersebut, maka anggotanya harus: a) memiliki kemampuan dalam mengumpulkan, memilah, memproses dan menginterpretasikan data dan informasi; b) mempunyai kemampuan konseptual, analitik (analisis), sintesis, komunikasi, keterampilan pengelolaan diri (self management) dan keterampilan pengelolaan antar personal (interpersonal management); c) menguasai dasar-dasar ilmu pengetahuan (basic academic knowledge) dan keterampilan berkarya; d) mau dan mampu belajar sepanjang hayat sebagai gaya hidup (*learning culture* menuju ke *learning society*).

Mengacu pada implementasi kurikulum 2013 pada jenjang sekolah menengah (SMP dan SMA atau yang sederajat) bahwa proses pembelajaran dilaksanakan menggunakan pendekatan ilmiah. Proses pembelajaran menyentuh tiga ranah, yaitu sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Dalam proses pembelajaran berbasis pendekatan ilmiah, ranah sikap menggamit transformasi substansi atau materi ajar agar peserta didik “tahu mengapa.” Ranah keterampilan menggamit transformasi substansi atau materi ajar agar peserta didik “tahu bagaimana”. Ranah pengetahuan menggamit transformasi substansi atau materi ajar agar peserta didik “tahu apa.” Hasil akhirnya adalah peningkatan dan keseimbangan antara kemampuan untuk menjadi manusia yang baik (*soft skills*) dan manusia yang memiliki kecakapan dan pengetahuan untuk hidup secara layak (*hard skills*) dari peserta didik yang meliputi aspek kompetensi sikap, keterampilan, dan pengetahuan. Pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dalam pembelajaran sebagaimana dimaksud meliputi mengamati, menanya, mencoba, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mencipta untuk semua mata pelajaran. Pendekatan ini sangat relevan bahwa pesertadidik disiapkan untuk menjadi ilmuwan yang peka terhadap peristiwa yang terjadi di lingkungannya (kontekstual). Memilah pengetahuan yang relevan terhadap hal yang dihadapi dan dikaji dalam konteks kontekstualisasi ini menjadi hal penting dikuasai oleh peserta didik. Untuk dapat melakukan ini kontekstualisasi ini maka konten keilmuan menjadi mutlak diperlukan. Kesadaran meneliti menjadi dasar untuk pengembangan dan peningkatan penguatan konten keilmuan yang dilandasi oleh sadar untuk apa belajar Biologi. Sebagai ilustrasi, dalam konteks penelitian konservasi dapat dilihat dari dua paradigma yaitu konservasi sebagai investasi atau *unit cost*. Bila dalam penelitian konservasi ini dalam paradigma investasi maka semua aktivitas penelitian itu akan memberikan dampak untuk keseimbangan alam. Sejumlah penelitian diantara banyak penelitian yang relevan dari roadmap penelitian penulis dengan pembahasan ini misalnya:

1. Intervention of genetic flow of the foreign cattle toward diversity of phenotype expressions of local cattle in the District of Banyuwangi (2010).
Penelitian ini dilakukan atas kesadaran bahwa keseimbangan tidak dapat dipaksakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak IB (inseminasi buatan) menghasilkan keragaman genetik yang tinggi, namun di lain pihak lambat laun plasma nutfah endemik Indonesia (dalam hal ini sapi lokal Jawa) akan tereduksi populasi dan keragaman genetiknya.
2. Pemetaan Keragaman Genetik Berbasis Mikrosatellite dan Diversitas Geografis Habitat Kerbau Lokal Indonesia dengan Gen *Cytochrome B* sebagai Model Pengembangan Konservasi Kerbau Secara *Ex Situ* dan Upaya Pembibitan Unggul (HPTP 2009-2010, 2013-2015; Amin, 2015).
Tema penelitian ini dilakukan sebagai bentuk kesadaran bahwa perlu dilakukan pemetaan keragaman genetik, sebab dari pemetaan ini dipetakan keragaman genetik kerbau endemik lokal Indonesia yang ternyata dapat dikategorikan dalam tiga kondisi yaitu waspada punah, menurun dan konstan. Temuan ini

memberikan rekomendasi strategi agar kita tidak sampai kehilangan plasma nutfah kerbau endemik lokal Indonesia.

3. *Discovering Novel Antimicrobial Peptides from Solanum tuberosum based on In Silico Models* (Amin dan Pangastuti, 2015) dan *In Silico Screening of Natural Bioactive Compound from Moringa oleifera Against Cancer* (Pangastuti dkk, 2015).

Penelitian ini berangkat dari kesadaran bahwa potensi tumbuhan lokal Indonesia dapat mendatangkan manfaat bagi masyarakat Indonesia dalam meningkatkan kesehatan dan kesejahteraannya.

4. *Bioethanol production from algae Spirogyra hyalina using Zymomonas mobilis* (Sulfahri dkk, 2016).

Penelitian ini merupakan bentuk kesadaran akan perlunya inovasi energi terbarukan. Perspektif inovasi energi terbarukan ini memberikan contoh pemikiran mengenai pemanfaatan kekayaan *mega biodiversity* alam Indonesia sebagai bahan bakar, dimana selama ini kekayaan *mega biodiversity* tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini menemukan komposisi medium, ketinggian air dan lama waktu inkubasi yang tepat untuk produksi biomassa alga *Spirogyra hyalina* dan *Spirogyra peipingensis*; menemukan proses hidrolisis alga *Spirogyra* yang paling tepat untuk menghasilkan kadar gula yang dapat dimanfaatkan dengan maksimal oleh bakteri *Zymomonas mobilis*; menemukan nutrisi fermentasi dan durasi fermentasi yang paling tepat untuk menghasilkan kadar etanol tertinggi dari fermentasi hasil hidrolisis alga *Spirogyra* menggunakan *Zymomonas mobilis*.

Dengan demikian kesadaran pentingnya konten keilmuan menjadi penopang keberhasilan belajar Biologi dan sekaligus dalam membelajarkannya, sebab dengan menguasai konten keilmuan akan diperoleh banyak informasi berdasarkan hasil observasi secara kontekstual dengan memanfaatkan pengetahuan yang relevan.

3. Sadar bagaimana belajar/mengajar dengan cara yang tepat

Sudah kita maklumi bersama bahwa pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan harus disertai dengan perkembangan ilmu mendidik. Kenyataan ini menuntut peningkatan kemampuan penguasaan ilmu pengetahuan terutama bagi pendidik. Pendidikan bagi anak/peserta didik adalah suatu proses tentang apa yang *dilihat, didengar, dirasakan, dialami*, detik demi detik, dari hari ke hari sepanjang tahun. Aspek yang perlu diperhatikan dan ditekankan dalam pembelajaran adalah kecerdasan: logika (olah pikir), kinestetika (olah badan), etika (olah rasa (kesantunan)) dan estetika (olah rasa (keindahan)) untuk mengembangkan sepuluh kecerdasan: bahasa/*word smart* (pandai mengolah kata-kata), ruang/*spatial smart* (pandai mempersepsi apa yang dilihat), musik/*music smart* (peka dalam ber-musik), logik-matematik/*logic smart* (pandai dalam logika dan matematika), kinestetik/*body smart* (trampil dalam olah tubuh dan gerak), *intrapersonal/selfsmart* (peka dalam mengenali emosi diri sendiri), *interpersonal* (peka terhadap pikiran dan perasaan orang lain), *nature smart* (pandai dan peka dalam mengamati alam), *existence smart* (pandai dan peka akan makna keberadaan manusia dalam hidup ini) dan *spiritual smart*.

Dengan tidak mengikuti perkembangan ilmu, sudah dipastikan bahwa akan tidak masuk dalam sistem dan pusaran pertumbuhan masyarakat ilmu pengetahuan dengan disertai pengembangan kecerdasannya. Di sinilah letak pentingnya hasil-hasil penelitian kekinian dalam memberikan wawasan dan titik tumpu pengembangan pendidikan (Amin, 2010; Amin, 2015). Perlu ada kesadaran bahwa ilmu mendidik itu penting agar kesadaran tentang untuk apa belajar Biologi dan sadar akan pentingnya konten keilmuan secara simultan dapat dicapai. Kesadaran akan ketiga hal tersebut juga merupakan tantangan bagi pembelajar dan pembelajar Biologi

D. Biologi, kecerdasan spiritual dan science spirituality

Setelah dibangun tiga kesadaran sebagaimana dipaparkan di atas, maka perlu dibangun kecerdasan spiritual, sebab sesuai dengan Dream Indonesia 2025 yaitu “terbentuknya insan Indonesia yang cerdas dan kompetitif”. Kecerdasan yang dibangun meliputi cerdas spiritual (*olah hati (qolb)*), cerdas emosional dan social (*olah rasa*), cerdas intelektual (*olah pikir*) dan cerdas kinestetis (*olah raga*). Kompetitif ditandai dengan memiliki kepribadian unggul dan gandrung akan keunggulan, Bersemangat juang tinggi, Mandiri, Pantang menyerah, Pembangun dan pembina jejaring, Bersahabat dengan perubahan, Inovatif dan menjadi agen perubahan, Produktif, Sadar mutu, Berorientasi global dan Pembelajar sepanjang hayat.

Peran guru di dalam pembelajaran Biologi adalah sebagai pemandu inkuiri (*the leader of inquiry*). Guru memiliki peran memfasilitasi, memotivasi, mengarahkan, dan membimbing siswa di dalam kegiatan inkuiri. Peran siswa dalam pembelajaran Biologi adalah sebagai pelaku inkuiri (*the inquirer*). Agar pembelajaran Biologi tercapai maka aspek-aspek yang dipelajari di dalam Biologi harus dirancang oleh untuk siswa yang belajar, sehingga pembelajaran tersebut secara otomatis akan menyenangkan. Banyak siswa yang acuh dengan Biologi karena mereka berpendapat bahwa belajar Biologi itu membosankan, karena banyak hafalan saja. Pendapat ini tidak salah, karena aspek yang dilihat hanya satu yaitu aspek kognitif (pengetahuan), sedangkan aspek kognitif lainnya tidak diperhitungkan yaitu pemahaman dan penerapan. Kalau aspek kognitif yang lain ini diperhitungkan tentu Biologi pasti lebih menarik. Belum lagi aspek yang lain yaitu psikomotorik (*skills and processes*) dan afektif (*attitude*). Justru kedua aspek terakhir itulah yang menjadikan menariknya belajar Biologi. Bagaimana hal ini bisa dijelaskan? Pengetahuan, pemahaman dan penerapan akan sangat mudah diperoleh ketika disertai dengan kecakapan dan ketrampilan dalam melakukan proses ilmiah yaitu mengamati, mendeskripsikan, mengklasifikasikan, mengukur, melakukan percobaan, menganalisis, dan menyimpulkan. Aktivitas-aktivitas ini menjadikan Biologi lebih menarik karena selama proses belajar seluruh indera kita terlibat. Ketika indera terlibat maka pengetahuan akan lebih mudah dipahami dan diterapkan. Apabila kedua aspek itu dapat dilakukan oleh siswa dengan baik, maka aspek ketiga yaitu afektif (*attitude*) berupa sikap atau karakter secara otomatis akan terbentuk.

Belajar Biologi agar tidak membosankan, namun menjadi menyenangkan yaitu belajar Biologi yang dapat menjalankan ketiga aspek sebagaimana dijelaskan di atas. Caranya? Ya belajar seperti para ilmuwan, selain **membaca tulisan ilmuwan terdahulu**, juga diikuti dengan **pengamatan baik langsung atau tidak langsung** karena objek Biologi sangat luas, ada yang bersifat makroskopis (dapat diamati dengan mata telanjang) sampai mikroskopis. Ada yang di area terdekat sampai di lingkungan yang lokasinya sangat jauh dari tempat kita berada. Kalau pengamatan terjangkau ya sebaiknya ada bahan untuk diamati. Kalau bahan pengamatan tidak terjangkau dapat dengan menggunakan alat bantu, misal foto, video atau gambar. Belajar Biologi yang demikian dipastikan menyenangkan karena ciri dari sains adalah adanya bukti nyata (empiris) yang dapat diamati. Belajar Biologi tanpa fakta dan data empiris seperti belajar sejarah Biologi. Belajar mata pelajaran Sejarah saja perlu bukti peninggalan sejarah, apalagi belajar sains yang memang mutlak perlu objek belajar sebagai bahan amatan. Uraian ini menunjukkan bahwa pengetahuan (kognitif) akan lebih mudah dipahami kalau ada ketrampilan mengamati dalam proses (psikomotorik) belajar Biologi. Kedua hal ini pasti akan membentuk sikap dan perilaku ilmiah siapapun yang belajar Biologi. Supaya Biologi lebih menyenangkan lagi untuk dipelajari, sikap dan perilaku ilmiah ini ditunjang oleh adanya "*science spirituality*" (Amin, 2014).

Science spirituality adalah materi sains (Biologi) yang dapat menumbuhkan kecakapan spiritual. Sebagai contoh: ketika belajar tentang sistem tubuh tentang pencernaan, banyak dipelajari bagaimana proses pencernaan bahan makanan menjadi nutrisi yang siap dipergunakan untuk memproduksi energi. Proses alamiah yang sangat rapi dan teratur pasti. Dengan mengetahui proses normal itu kita harus selalu menjaga agar tidak makan makanan yang berpotensi tidak baik bagi tubuh seperti diajarkan oleh agama (Qur'an). Kalau ada makanan yang tidak tepat untuk tubuh, mekanisme normal tubuh secara otomatis akan terganggu. Sebagai contoh ketika seseorang minum alkohol atau narkoba (yang dilarang agama). Sel tubuh yang teracuni oleh alkohol maka proses metabolisme akan terganggu, sehingga fungsi hati akan terganggu karena hati akan bekerja dengan keras untuk menetralkan racun dari alkohol tersebut. Bahan narkoba sangat berpengaruh pada sistem saraf, mengakibatkan efek ketagihan karena perubahan potensial membran sel saraf menjadi kacau oleh senyawa bahan narkoba itu. Hal lain tentang ekosistem yang sangat beranekaragam diciptakan untuk dipelihara agar alam tetap lestari dan seimbang. Masih banyak objek pelajaran Biologi yang menjadi pelajaran baik bagi kita. Belajar Biologi dengan memahami hal baik yang dari pelajaran itu, akan meningkatkan kecakapan spiritual yaitu kecakapan memahami anugerah Allah SWT dengan cara menjaga dan merawat dengan sebaik-baiknya, baik tubuh dan lingkungan sekitar kita.

E. Penutup

1. Biologi adalah bagian dari natural science yang perkembangannya sangat pesat bahkan menjadi solusi kebutuhan hidup masyarakat modern. Tantangan agar dapat membelajarkan Biologi dengan benar dan

- bermakna dibutuhkan tiga macam kesadaran yaitu 1) sadar untuk apa belajar Biologi, 2) sadar akan perlunya konten keilmuan dan, 3) sadar akan bagaimana belajar atau mengajar dengan cara/teknik yang benar (*how teach/learn the true technique*). Ketiga kesadaran inilah yang akan membangun kecerdasan spiritual.
2. Untuk menjadikan Biologi sebagai alat penyadaran dalam mempelajari dan mengajarkannya, maka dalam pembelajaran dibuat menyenangkan melalui *sains spirituality*.

Daftar Rujukan

- Amin, M. 2010. Intervention of genetic flow of the foreign cattle toward diversity of phenotype expressions of local cattle in the District of Banyuwangi. *Biodiversitas*. Volume 10, Number 2, April: 69-74
- Amin, M. (2010). Implementasi Hasil-Hasil Penelitian Bidang Biologi Dalam Pembelajaran. *Prosiding Seminar Biologi*. Vol.1 No.7. Diakses dari <http://jurnal.fkip.uns.ac.id/index.php/prosbio/article/view/1202>.
- Amin, M. 2011. *Al Qur'an dan Sains Modern*. Makalah Seminar di DEPAG Kabupaten Probolinggo
- Amin, M. dan Maslikah, S.I. 2011. *Identifikasi Variasi Genetik Kerbau Lokal Tana Toraja Berbasis Mikrosatellite: Upaya Konservasi Plasma Nutfah dan Penyediaan Bibit Unggul Kerbau di Wilayah Indonesia Timur*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Malang.
- Amin, M. dan Maslikah, S.I. 2011. *Identifikasi Variasi Genetik Kerbau Lokal Tana Toraja Berbasis Mikrosatellite: Upaya Konservasi Plasma Nutfah dan Penyediaan Bibit Unggul Kerbau di Wilayah Indonesia Timur*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun II. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Malang.
- Amin, M. dan Lestari, U. 2013. *Pemetaan Keragaman Genetik Berbasis Mikrosatellite dan Diversitas Geografis Habitat Kerbau Lokal Indonesia dengan Gen Cytochrome B sebagai Model Pengembangan Konservasi Kerbau Secara Ex Situ dan Upaya Pembibitan Unggul*. Laporan Kemajuan Hasil Penelitian Hibah Pascasarjana. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Malang.
- Amin, M. dan Lestari, U. 2014. *Pemetaan Keragaman Genetik Berbasis Mikrosatellite dan Diversitas Geografis Habitat Kerbau Lokal Indonesia dengan Gen Cytochrome B sebagai Model Pengembangan Konservasi Kerbau Secara Ex Situ dan Upaya Pembibitan Unggul*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Pascasarjana. Lembaga Penelitian Universitas Negeri Malang
- Amin, M. dan Lestari, U. 2014. Identifikasi Keragaman Genetik Kerbau Lokal Populasi Jawa Timur Dan Nusatenggara Barat berbasis Mikrosatellite sebagai Model Pengembangan Konservasi Kerbau secara EX SITU. Makalah Seminar Nasional Biologi. FMIPA UM
- Amin, I.F. 2014. *Belajar Biologi Menyenangkan dengan Science Spirituality*. Makalah dalam Lomba Inovasi Pembelajaran Biologi. FKIP UMM
- Amin, M. 2015. Biologi sebagai Sumber Belajar untuk Generasi Masa Kini dan Mendatang yang Berintegritas dan Berperadapan Tinggi. *Pidato Pengukuhan Guru Besar*. Kemristekdikti. Universitas Negeri Malang.
- Amin, M and Pangastuti, A. 2015. *Discovering Novel Antimicrobial Peptides from Solanum tuberosum based on In Silico Models*. Paper in 2nd International Conference on Advance Molecular Bioscience and Biomedical Engineering (ICAMBBE). Biosains Institute, Brawijaya University.
- Capra, F. 2004. *Jaring-jaring Kehidupan: Visi Baru Epistemologi dan Kehidupan*. Yogyakarta: Fajar Pustaka Baru.
- Capra, F.; Juarrero, A.; Sotolongo, P. and van Uden, J. 2007. *Reframing Complexity: Perspective from the North and South*. Mansfeld: ISCE Publishing
- Darwin, C. 1872. *The Origin of Species, by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for life*. Sixth London Edition.
- Galbreath, J. 1999. Preparing the 21st Century Worker: The Link Between Computer-Based Technology and Future Skill Set. *Educational Technology* (November-December 1999).
- Sulfahri; Amin, M.; Sumitro, S.B. and Saptasari, M. 2016. Bioethanol production from algae *Spirogyra hyalina* using *Zymomonas mobilis*. *Biofuels*:1-6

Pangastuti, A. ; Amin, I.F.; Amin, A.Z.; and Amin, M. 2015. In Silico Screening of Natural Bioactive Compound from *Moringa oleifera* Against Cancer. Paper in ***The 6th International Conference on Green Technology***. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang