

KESALAHAN MEMAHAMI MUTASI TERHADAP PENOLAKAN TEORI EVOLUSI DAN MEMPERSIAPKAN PEMBELAJARAN EVOLUSI MASA DEPAN

Elya Nusantari
Universitas Negeri Gorontalo
Elya.nusantari09@yahoo.co.id

Abstrak: Penelitian bertujuan mengungkap kesalahan konsep mutasi gen pada pembelajaran genetika pada mahasiswa S1. Kesalahan konsep mutasi gen menyebabkan kesalahan memahami konsep evolusi. Kesalahan konsep mutasi gen yang ditemukan adalah mutasi bersifat acak dan tidak terarah sehingga selalu bersifat merugikan; mutasi tidak bermanfaat bagi makhluk hidup. Mutasi germinal lebih berbahaya daripada mutasi somatik. Mutasi dan seleksi alam tidak berkontribusi terhadap evolusi. Mutasi tidak menghasilkan suatu bentuk spesies baru. Kesalahan konsep mutasi gen perlu diperbaiki melalui penyajian mutasi gen secara molekuler. Perlu perubahan konseptual pembelajaran evolusi yang dilandasi pembahasan gen secara molekuler karena secara konseptual ada hubungan mutasi rekombinasi gen dengan evolusi.

KataKunci: Kesalahan konsep, mutasi, rekombinasi, evolusi.

Mata Kuliah Evolusi saat ini lebih banyak membahas tentang bagaimana asal usul makhluk hidup dan bagaimana mekanisme perubahan dari makhluk hidup satu ke makhluk hidup lainnya. Evolusi biologis membahas bagaimana perubahan spesies dari tingkat rendah sampai ke tingkat yang lebih tinggi. Kajian evolusi untuk melihat asal usul makhluk hidup selama ini dilakukan melalui pendekatan biologi konvensional. Bukti ilmiah evolusi dengan pendekatan ini berasal dari aspek biologi, meliputi fosil dan homologi struktur. Riset pada bidang paleontologi yang mempelajari fosil mendukung gagasan bahwa semua organisme berkerabat. Fosil memberikan bukti bahwa perubahan yang berakumulasi pada organisme dalam periode waktu yang lama telah mengakibatkan keanekaragaman bentuk-bentuk kehidupan seperti yang kita lihat sekarang. Fosil sendiri menyingkap struktur organisme dan hubungan antara spesies sekarang dengan spesies yang telah punah. Namun evolusi makhluk hidup dari sudut pandang evolusi biologis masih banyak yang debatable. Hal ini karena bukti-bukti evolusi yang ditemukan tidak cukup memberikan penjelasan tentang evolusi makhluk hidup (Clark, 2005).

Penolakan terhadap teori evolusi terkait dengan pernyataan Darwin bahwa spesies berkembang dari spesies yang sederhana ke makhluk hidup yang lebih

kompleks. Darwin menyatakan bahwa mutasi adalah sumber keragaman yang selanjutnya melalui seleksi alam akan menyeleksi varian yang survive, selanjutnya evolusi terus berlangsung dan dapat menghasilkan spesies yang sangat berlainan dari spesies asalnya.

Pernyataan evolusi Darwin ini mendapat tanggapan di kalangan ilmiah maupun masyarakat awam. Banyak tulisan ilmiah maupun pandangan tentang evolusi yang menyangkal peran mutasi bagi seleksi alam, mutasi dianggap tidak berperan karena mutasi bersifat acak, tidak terarah sehingga menghasilkan mutan yang merugikan, kondisi gen di alam sebagian besar adalah homosigot, mutasi lebih banyak menyebabkan gen dominan menjadi resesif. Para kreasionis penentang evolusi memperselisihkan tingkat dukungan evolusi di kalangan ilmuwan. *Discovery Institute* telah mengumpulkan sekitar 600 ilmuwan sejak tahun 2001 untuk menandatangani petisi "A Scientific Dissent From Darwinism" (Ketidaksepakatan ilmiah dari Darwinisme) untuk menunjukkan bahwa terdapat sejumlah ilmuwan yang meragukan "evolusi Darwin". Pernyataan petisi ini tidak secara jelas menyatakan ketidakpercayaan pada evolusi, melainkan skeptisisme kemampuan "mutasi acak dan seleksi alam untuk bertanggung jawab terhadap kompleksitas kehidupan (Wikipedia, 2008). Berdasarkan hal ini nampak bahwa penolakan teori evolusi didasarkan peranan mutasi gen dan seleksi alam. Mengapa penganut kreasionisme menentang bahwa mutasi gen dan seleksi alam bukan merupakan faktor terjadinya proses evolusi? Alasan penolakan mereka berdasarkan alasan bahwa mutasi gen selalu merugikan, akan tetapi alasan ini tidak berdasarkan hasil empirik di tingkat penelitian molekuler.

Terkait dengan hal itu, terjadi pula kebingungan dan kesalahpahaman konsep evolusi pada tingkat/jenjang pendidikan formal. Sesuai hasil penelitian Kalinoswski dan Andrew (2010) menyatakan bahwa seleksi alam merupakan salah satu konsep yang paling penting dipahami oleh siswa yang belajar biologi, tetapi para siswa sering mengalami kesalahpahaman tentang bagaimana seleksi alam bekerja. Banyak kesalahpahaman, seperti evolusi "Lamarck", didasarkan pada kesalahpahaman dari pola pewarisan. Oleh sebab itu siswa/mahasiswa yang belajar seleksi alam perlu memahami urutan DNA dari gen yang mempengaruhi sifat. Kesalahpahaman mengenai seleksi alam sering didasarkan pada kesalahpahaman genetika dan

kesalahpahaman ini membentuk hubungan konseptual antara genetika dan evolusi. Berdasarkan hal itu nampak hubungan kesalahan konsep genetika dengan kesalahan konsep evolusi.

Berdasarkan latar belakang ini, maka artikel ini ditulis dengan tujuan membahas tentang kesalahan konsep genetika pada mahasiswa khususnya mutasi gen sehingga berakibat pada kesalahan memahami konsep evolusi; membahas tentang kesalahan memahami konsep genetika dari para penentang evolusi sehingga berakibat terhadap kesalahan memahami evolusi; Selanjutnya membahas bagaimana evolusi molekuler yang membuktikan keterkaitan variasi gen dengan evolusi; dan bagaimana solusi bagaimana menyajikan pembelajaran evolusi di masa mendatang.

METODE

Penelitian dilakukan pada mahasiswa S1 di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang pada tahun 2011 dan di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo pada Maret-Juni tahun 2012. Sumber primer adalah mahasiswa S1 sebanyak 8 kelas. Sumber data kedua adalah sumber sekunder berupa buku sumber tentang ulasan pandangan para ahli yang menolak evolusi. Observasi saat pembelajaran genetika diamati untuk konsep mutasi masing-masing kelas berlangsung sebanyak 3 kali pertemuan. Data miskonsepsi selama proses pembelajaran dideskripsikan dan diperbaiki dengan merujuk pada teksbook genetika dari sumber Ayala dkk. (1984), Russel (1992), Gardner dkk. (1991), Clark (2005) dan Corebima (2010). Selanjutnya mendeskripsikan konsep evolusi seleksi alam berdasarkan pandangan para penentang teori evolusi. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diuraikan dalam empat bahasan yakni pertama, kesalahan konsep mahasiswa pada konsep mutasi dan rekombinasi gen sekaligus klarifikasi atau perbaikan konsep berdasarkan rujukan genetika molekuler. Kedua, hasil analisis pandangan penganut kreasionisme tentang ketidakbenaran mutasi gen sebagai bahan

mentah evolusi. Ketiga, analisis penyebab penolakan konsep Evolusi makhluk hidup adalah kesalahan memahami konsep mutasi dan rekombinasi gen. Keempat, bagaimana menyajikan pembelajaran evolusi di masa mendatang.

Kesalahan Konsep Mutasi yang Ditemukan Selama Pembelajaran Genetika dan Perbaikan Konsep Sesuai Konsep Genetika Molekuler.

Berikut dipaparkan hasil penelitian beberapa fakta kesalahan konsep mutasi dan rekombinasi gen saat pembelajaran genetika berlangsung. Konsep yang salah kemudian diperbaiki dengan rujukan buku genetika dan evolusi molekuler agar dapat memperbaiki konsep tentang mutasi dan evolusi. Penulisan artikel ini mengikuti gaya penyampaian pernyataan kesalahan konsep mutasi yang berasal dari rekaman kesalahan konsep selama pembelajaran genetika kemudian diperbaiki berdasarkan rujukan terpercaya berupa teksbooks genetika yang ditulis oleh Ayala dkk. (1984); Gardner dkk. (1991), Russel dkk (1992), dan Corebima (2010) serta teksbook evolusi molekuler yang ditulis Clark (2005).

Kesalahan Konsep bahwa Mutasi Jarang Terjadi.

Konsep yang benar adalah pada umumnya laju mutasi yang teramati rendah tetapi beberapa gen sering bermutasi daripada yang lain atau mutasi spontan (Ayala, 1984). Gardner, dkk (1991) menyatakan bahwa laju mutasi yang rendah didasarkan pada mutasi yang dampaknya terdeteksi dan bukan mutasi yang dampaknya tidak terdeteksi, apalagi mutasi yang sudah sempat diperbaiki. Laju mutasi yang terdeteksi secara individual memang rendah, akan tetapi jika diperhatikan kenyataan bahwa tiap individu memiliki banyak gen dan tiap spesies tersusun dari banyak individu, maka (dalam batas mutasi yang terdeteksi sekalipun) sebenarnya mutasi merupakan peristiwa yang biasa, tidak merupakan peristiwa yang jarang (Ayala, 1984).

Mutasi terjadi secara terus menerus dan sering terjadi, Mutasi adalah proses yang teratur, tapi sebagian besar mutasi itu sering dapat diperbaiki, sehingga yang tidak dapat diperbaiki tinggal sedikit. Efek mutasi terjadi ketika ada perubahan nukleotida yang sudah tidak dapat diperbaiki lagi. Ada gen-gen tertentu yang sangat

sering mengalami mutasi. Tapak-tapak yang sering mengalami mutasi disebut *hot spot* atau titik panas.

Kesalahan Konsep bahwa Mutasi Bersifat Acak, Kebetulan, dan Tidak Terarah.

Konsep yang benar adalah bahwa *Mutasi terjadi secara acak* maksudnya terkait dengan DNA pada urutan nukleotida yang mana yang mengalami mutasi tidak bisa ditentukan apakah pada kodegen atau non kodegen. Mutasi dapat terjadi pada kodegen yang mengekspresikan sifat (RNA_d) maupun gen yang mengkode RNA_t, RNA_r atau juga terjadi pada sekuens yang tidak mengkode RNA. (Ayala, 1984).

Mengapa mutasi bersifat acak, tetapi ada mutasi buatan? Berarti mutasi ada tujuannya?. Pada mutasi buatan dihasilkan mutan, berarti mutasi bisa diramalkan?.

Mutasi juga dapat dilihat ada keteraturan sebatas bahwa mutasi bisa direncanakan tapi hasilnya adalah acak. Melalui penelitian, untuk menghasilkan mutan tertentu dapat diketahui/digunakan dosis tertentu dan lama waktu tertentu. Sekalipun belum bisa ditentukan hasilnya karena sifatnya mutasi adalah acak atau belum bisa diprediksi. Misalnya BATAN ada unit khususnya yang melakukan penelitian memutasi tanaman untuk mendapatkan fenotip yang diinginkan. Prinsip yang digunakan tetap prinsip acak, prosesnya terjadi pada ribuan tanaman, kemudian diseleksi fenotip yang disukai atau menguntungkan, kemudian ditetapkan pada gelombang yang mana muncul fenotip yang bagus tersebut. Maka dosis itu bisa digunakan untuk menghasilkan fenotip yang dianggap menguntungkan tersebut. Hasilnya belum ada jaminan apakah hasilnya akan sama dengan yang terdahulu. Inilah prinsip acak tetapi ada keteraturan. (Ayala, 1984).

Kebetulan terkait dengan individu mana yang akan mengalami mutasi bersifat kebetulan. Tidak ada cara mengetahui suatu gen mana yang mengalami mutasi dan mana yang tidak mengalaminya. *Mutasi tidak terarah* diartikan bahwa hasil mutasi tidak ada tujuan. Mutasi tidak bertujuan untuk kepentingan adaptasi. Mutasi memunculkan keragaman. Keragaman itulah yang akan menjadi sumber variasi. Variasi atau mutan yang sesuai dengan lingkungan maka dialah yang survive. (Ayala, 1984).

Kesalahan konsep bahwa Mutasi Selalu Bersifat Merugikan, Makhluk Hidup yang Mengalami Mutasi akan Punah. Makhluk Hidup Sekarang adalah Sifat Terbaik sehingga Disebut wild type.

Konsep yang benar bahwa mutasi selama ini dijelaskan selalu bersifat merugikan. Biasanya diberikan contoh mutasi dari gen A menjadi gen a, hal ini bisa terjadi, tetapi tidak bermaksud menjelaskan bahwa mutasi hanya terjadi pada kodogen dan tidak untuk menjelaskan bahwa mutasi adalah mengubah gen A menjadi a saja tetapi bisa sebaliknya. Mutasi bisa mengubah gen resesif menjadi gen dominan. Dampak atau efek mutasi tidak dapat diramalkan. Mutasi bisa menyebabkan gen dominan tetap dominan tetapi berbeda dari sebelumnya sifat dominan sebelumnya, atau gen menjadi tidak ada atau gen menjadi rusak atau gen menjadi resesif.

Sekalipun sebagian besar mutasi tidak menguntungkan, upaya mengembangkan sifat-sifat yang diinginkan melalui mutasi yang diinduksi sudah dilakukan para perakit bibit tanaman. Hasilnya adalah bibit rakitan gandum, tomat, padi serta buah-buahan. Tanaman terbukti menghasilkan panen yang meningkat, kandungan zat (protein dsb) makin sesuai yang diharapkan, tahan terhadap hama dan penyakit. Misalnya *Penicillium* menghasilkan penisilin lebih banyak, bibit itu dihasilkan dari radiasi spora. (Gardner, dkk, 1991).

Russel, dkk (1992) menyatakan bahwa mutasi titik dapat dipilah menjadi 2 macam yakni mutasi ke depan atau forward mutation dan mutasi balik atau reverse mutation. Reverse mutation disebut juga back mutation atau reversion (Gardner, dkk, 1991). Forward mutation adalah mutasi yang mengubah wildtype menjadi mutan. Namun kedua pengertian ini bersifat arbitrer (Corebima, 2010) yakni misalnya kita memandang bahwa alela yang mengontrol warna mata coklat maupun biru sama-sama wildtype. Namun jika suatu populasi seluruhnya bermata coklat, maka kita memandang bahwa alela warna biru sebagai tipe mutan. Reverse mutation dapat memulihkan efek dari mutasi misalnya dari gen a menjadi gen A.

Mutasi atau perubahan DNA dapat memunculkan keanekaragaman galur-galur yang akan teruji melalui seleksi alam yang akan memilih mana yang bisa survive. Corebima (2010) menyatakan bahwa makhluk hidup termasuk manusia adalah produk

mutan dan rekombinan supaya kita survive. Sejak pertama kali munculnya makhluk hidup sampai sekarang tidak satupun makhluk hidup yang bukan mutan, semuanya adalah mutan. Semua adalah produk dari mutasi.

Fenotip Normal adalah istilah lain dari *wild type*. Tipe ini adalah tipe ideal yakni tipe ini sementara dianggap sebagai galur murni. Galur murni ini juga merupakan hasil mutasi atau disebut mutan. Konsep *wild type* adalah mutan yang sedang merajai alam atau yang sedang dominan saat itu sehingga disebut Normal. Konsep evolusi dinyatakan bahwa mutan yang saat ini sedikit dapat menjadi *wild type* bila berada pada ruang dan waktu yang cocok bagi kehidupannya. Jika suatu saat mutan mengalami mutasi lagi dan bisa cocok di tempat yang baru dan berkembang dengan cepat mengalahkan yang Normal saat itu maka mutan ini akan berkembang menjadi Normal atau menjadi *wild type* yang baru (Corebima, 2010).

Kesalahan Konsep bahwa mutasi berbahaya bila terjadi pada sel germ sedangkan mutasi somatis tidak berbahaya. Mutasi germinal diwariskan sedangkan mutasi somatik tidak diwariskan.

Konsep yang benar bahwa akibat mutasi germinal maupun somatis sama-sama bisa berdampak merugikan dan berbahaya bagi individu. Contoh tumor dan kanker adalah mutasi somatis yang beresiko pada kematian penderitanya. Mutasi pada sel-sel germ dapat diwariskan apabila terjadi fertilisasi spermatozoa dengan ovum yang memiliki gen berbahaya maka akan berefek pada keturunannya dan berbahaya bila akibat mutasi tersebut berbahaya. Sebagaimana dijelaskan Corebima (2010) bahwa semua mutasi bisa berbahaya baik terjadi pada sel somatik maupun sel germ.

Gardner, dkk (1991) menyatakan bahwa mutasi somatik dan mutasi germinal dapat diwariskan melalui reproduksi aseksual dan seksual. Akibat mutasi somatik pada hewan termasuk manusia hingga saat ini memang tidak dapat diwariskan, sedangkan pada tumbuhan dikotil akibat mutasi dapat diwariskan melalui reproduksi aseksual maupun seksual. Contohnya pada tumbuhan dikotil mutasi bisa diwariskan melalui aseksual dan seksual. Pada pewarisan secara seksual jika mutasi somatik terkena pada mata tunas tanaman jeruk, kemudian menurunkan sel germ, jika mata tunas menjadi cabang tanaman jeruk dan berkembang menghasilkan bunga selanjutnya menghasilkan

buah dan biji, maka mutasi somatic pada sel tunas tersebut dapat diwariskan secara aseksual kepada generasi sel berikutnya hingga ke generasi sel germ.. Jika sudah diwariskan melalui sel germ, maka mutan tersebut sudah dapat diwariskan secara seksual. Bila cabang tanaman jeruk dicangkokkan maka tanaman hasil cangkok yang dihasilkan tentu mewarisi gen tersebut secara aseksual.

Sebaliknya jika mutasi terjadi pada sel germ, tetapi spermatozoa atau ovum yang mengandung mutan tidak turut dalam fertilisasi maka mutan tersebut tidak diwariskan. Atau spermatozoa yang tidak mengandung gen mutan resesif (separuh dari spermatozoa dalam satu putaran meiosis) maka spermatozoa tersebut tidak menurunkan gen mutan. Jelas bahwa gen mutan akibat mutasi germinal juga tidak selalu diwariskan. Tetapi peluang diwariskan menjadi lebih besar pada sel germ. Berkenaan dengan hal itu Gardner, dkk (1991) menyatakan akibat mutasi dominan pada sel germ dapat segera terekspresi. Akibat mutasi resesif efek mutasinya tidak terdeteksi sekalipun sudah terwariskan karena kondisi heterosigot.

Kesalahan Konsep bahwa Mutasi Selalu Bersifat Merusak dan Tidak Dapat Diperbaiki.

Konsep yang benar bahwa sebelum benar-benar terjadi mutasi yang berdampak pada fenotip yang terlihat maka ada mekanisme perbaikan DNA. Russel(1992) menyatakan ada gen yang mampu menekan perubahan nukleotida. Gen yang membantu pemulihan adalah gen *supressor.Reverse mutation* adalah mekanisme sel untuk memulihkan mutasi sehingga ada yang bisa pulih. Reverse Mutation adalah disebut sebagai mutasi penekan atau suppressor mutation. Selain itu ada gen intergenik, yakni gen yang mampu menekan mutasi pada gen lain, sedangkan gen intragenik adalah gen yang menekan mutasi pada gen itu sendiri.

Russel (1992) menyatakan bahwa sel-sel prokariotik maupun eukariotik memiliki sejumlah system perbaikan yang berhubungan dengan kerusakan DNA. Semua system melakukan perbaikan DNA secara enzimatik. Beberapa system melakukan perbaikan secara langsung, beberapa juga dengan memotong bagian yang rusak sehingga sementara terbentuk celah satu unting DNA, selanjutnya celah akan

pulih karena polimerisasi DNA maupun karena aktivitas penyambungan oleh enzim ligase DNA.

Kesalahan Konsep bahwa Efek Mutasi terjadi Langsung pada Sel yang Mengalami Mutasi Itu.

Konsep yang benar bahwa perubahan susunan basa harus dipahami terjadi lewat proses replikasi, bukan terjadi begitu saja tanpa suatu proses yang rumit. Efek mutasi terjadi setelah proses replikasi yang terjadi berulang ulang, bukan berdampak langsung pada individu tersebut. Mutasi terjadi setelah beberapa kali replikasi atau beberapa kali pembelahan sel. Efek mutasi seperti dijelaskan oleh Russel dkk (1992) misalnya mutasi yang disebabkan analog basa yakni senyawa yang memiliki struktur molekul sangat mirip dengan basa yang terdapat pada DNA misalnya 5 Bromourasil atau 5 BU dan 2-aminopurin atau 2-AP. 5BU mirip basa timin sehingga bisa berikatan dengan basa Adenin. Setelah mengalami replikasi dalam keadaan yang jarang 5 BU bisa berikatan dgn basa G. Sedangkan basa nukleotida A dgn T lagi. 5 BU berikatan dengan basa G dan seterusnya nanti akan berlangsung beberapa kali replikasi.

Kesalahan Konsep bahwa Mutasi Berbeda dengan Rekombinasi. Rekombinasi tidak Termasuk dalam Perubahan Materi Genetik.

Konsep yang benar bahwa perubahan materi genetik terdiri dari mutasi dan rekombinasi. Mutasi merupakan kerusakan struktur yang terjadi disebabkan pergantian basa maupun aberasi kromosom. Rekombinasi merupakan pembentukan asosiasi baru dari gen-gen. Jadi rekombinasi bukan perubahan struktur DNA, tapi sesuatu yang sudah ada kemudian membentuk kombinasi baru.

Contoh rekombinasi misalnya rekombinasi somatik contohnya adalah terbentuknya protein kappa dan protein lambda pada antibody pada sistem imun humoral. Pembentukan rantai berat, terjadi pada tiap kali tubuh mendapatkan gangguan antigen atau infeksi mikroba/virus. Setiap kali tubuh memerlukan maka sistem imun akan menghasilkan bermacam-macam sistem imun yang cocok baik sistem imun humoral atau seluler. Hal ini melalui rekombinasi somatic. Sehingga dapat dibayangkan macam antibody yang dihasilkan tidak terbatas. Jadi apa perbedaan mutasi dan

rekombinasi? Mutasi adalah *by accident*. Rekombinasi adalah *by desain* karena sel sudah memiliki perangkat untuk berlangsungnya proses rekombinasi misalnya enzim dan mekanisme yang dapat menghasilkan variasi genetik (Corebima, 2010).

Apa hubungan mutasi dan rekombinasi? Mutasi dan rekombinasi tidak ada hubungan, kecuali bahwa kedua peristiwa ini sama-sama menimbulkan perubahan materi genetik, dan beberapa rekombinasi juga menimbulkan beberapa perubahan fenotipik yang lazim merupakan dampak mutasi (Brown 1989 dalam Corebima, 2002).

Kesalahan Konsep bahwa Mutasi Mempunyai Kepentingan dalam Proses Evolusi.

Konsep yang benar bahwa mutasi terjadi tanpa ada kaitan dengan kepentingan apakah mutasi itu bermanfaat atau tidak atau bahkan merugikan bagi yang memiliki perangkat tersebut (Ayala, 1984). Di lain pihak sebenarnya mutasi banyak merugikan. Hal ini dapat dipahami bahwa gen-gen yang terkandung dalam tiap populasi sudah lolos dari seleksi alam. Variasi alela dalam populasi bersifat adaptif, dan setiap mutan baru memang berpeluang merugikan sekalipun dapat menguntungkan. Contoh mutasi pada mamalia di Alaska yang berakibat tumbuhnya bulu lebat lebih menguntungkan daripada bila terjadi di Florida (Ayala, dkk, 1984) Jadi pada dasarnya mutasi tidak menguntungkan atau merugikan, efek ini baru dikualifikasi menguntungkan atau merugikan setelah dihubungkan dengan habitat lingkungan tempat hidup individu yang mengalami mutasi.

Peluang tiap mutan memperbesar daya penyesuaian individu lebih besar bila populasi yang mengandung mutan menempati habitat baru atau terjadi perubahan lingkungan (Ayala, dkk, 1984). Catatan sejarah evolusi menunjukkan bahwa perubahan evolusioner yang besar misalnya dalam kaitan dengan munculnya vertebrata yang hidup di darat sering berkaitan dengan kolonisasi habitat baru.

Kesalahan Konsep bahwa Rekombinasi Gen tidak Berhubungan dengan Proses Evolusi.

Konsep yang benar bahwa dewasa ini sudah ada pendapat bahwa semua molekul DNA merupakan DNA rekombinan. DNA rekombinan merupakan DNA produk dari pindah silang. (Watson dalam Corebima, 2010). Berarti sudah dipahami bahwa rekombinasi bukanlah suatu kebetulan tetapi merupakan proses seluler esensial yang dikatalisasi oleh enzim yang dikode oleh sel sendiri.

Pada berbagai sumber acuan, rekombinasi diartikan sebagai pembentukan suatu asosiasi baru dari molekul-molekul DNA atau kromosom (Ayala dkk, 1984). Sumber lain menyatakan bahwa rekombinasi adalah proses yang berakibat terbentuknya kombinasi kombinasi gen yang baru pada kromosom (Klug dan Cummings dalam Corebima, 2010).

Pindah silang penting dalam proses evolusi (Gardner, dkk, 1991). Pindah silang bersama dengan kombinasi bebas saat meiosis merupakan mekanisme yang menghasilkan kombinasi gen baru. Proses seleksi alam selanjutnya hanya mempertahankan kombinasi-kombinasi yang menyebabkan organism paling sesuai hidupnya. Rekombinasi merupakan suatu mekanisme sumber variasi genetik (Watson dalam Corebima, 2010). Lebih lanjut dinyatakan Ayala dkk, (1984) bahwa evolusi mekanisme-mekanisme yang mendorong pertukaran genetik antar individu mempengaruhi biologi seluruh organism, mulai prokariot hingga eukariot tinggi. Peran rekombinasi yang lain adalah memungkinkan sel memperbaiki urutan nukleotida yang hilang misalnya akibat redisasi atau senyawa kimia. Rekombinasi tertentu juga ikut mengatur ekspresi gen.

Penyebab Penolakan Konsep Evolusi Darwin yang Berkembang Saat ini adalah Kesalahan Memahami Konsep Mutasi dan Rekombinasi Gen

Gambaran kesalahan konsep mutasi yang dikemukakan berikut ini diambil dari tulisan yang menentang adanya evolusi seleksi alam pada makhluk hidup. Alasan yang dikemukakan penentang evolusi berfokus pada mutasi gen. Sebagaimana telah dipaparkan pada penelitian ini kesalahan konsep mutasi gen juga ditemukan dalam proses pembelajaran genetika. Berikut konsep mutasi gen diuraikan secara singkat

yang disarikan dari pandangan Harun Yahya dalam Effendi (2002) dan tulisan populer tentang evolusi yang banyak beredar di internet (wikipedia,2008).

Pemahaman konsep mutasi sebagian besar dikemukakan bahwa mutasi adalah kecelakan genetis yang terjadi pada makhluk hidup. Sebagaimana semua kecelakaan, mutasi menyebabkan gangguan dan kerusakan. Setiap mutasi adalah sebuah “kecelakaan”, dan merusak nukleotida-nukleotida penyusun DNA atau mengubah kedudukan mereka. Mutasi hampir selalu menyebabkan kerusakan dan perubahan besar sehingga sel tidak bisa memperbaikinya. Semua mutasi yang pernah diketahui, hanya menyebabkan kerugian pada makhluk hidup. Semua mutasi yang terjadi pada manusia mengakibatkan kelainan mental maupun fisik seperti mongolisme (*Down's Syndrome*), albinisme (albino), dwarfisme (tubuh pendek), atau penyakit lain seperti kanker. Dampak langsung mutasi adalah membahayakan. Perubahan-perubahan yang diakibatkan oleh mutasi seperti yang dialami penduduk Hiroshima, Nagasaki, dan Chernobyl: yaitu kematian, cacat, dan kelainan tubuh.

Mutasi adalah suatu mekanisme yang merusak. Mutasi adalah kesalahan menulis huruf ketika menyalin sebuah tulisan. Mutasi, di suatu saat, terjadi secara terpisah. Mutasi tidak saling melengkapi satu sama lain, ataupun menumpuk pada keturunan yang selanjutnya menuju arah tertentu. Mutasi merubah yang telah ada sebelumnya, tetapi, mutasi terjadi secara tidak teratur, terjadi pada makhluk yang teratur, penyakit, dan kemudian berakibat kematian. Tidak ada penyatuan fenomena kehidupan dengan ketidakteraturan.

Mutasi dan seleksi alam tidak berfungsi mendorong terjadinya evolusi sebagaimana teori Darwin. Evolusi tidak menyebabkan organisme berevolusi. Alasannya adalah mutasi tidak menambahkan informasi genetis baru pada suatu organisme. Mutasi menyebabkan susunan informasi genetis yang ada berubah secara acak sehingga menimbulkan kerusakan. Sejauh ini terbukti tak satupun mutasi mampu memperbaiki informasi genetis dari suatu bentuk kehidupan mana pun. Sehingga seberapa banyak mutasi yang ada, mutasi ini tidak menghasilkan bentuk evolusi apa pun. (Effendi dkk., 2002).

Mutasi tidak berperan dalam evolusi, mutasi tidak menghasilkan suatu bentuk evolusi. Hal ini berdasarkan alasan bahwa DNA memiliki struktur kompleks, dan perubahan-perubahan acak merusak struktur DNA. Mutasi asli sangat jarang terjadi di alam; kebanyakan mutasi berbahaya karena terjadi secara acak, bukan secara teratur merubah struktur gen; setiap perubahan acak dalam suatu sistem yang tertata rapi hanya memperburuk, bukan memperbaiki. Sebagai contoh, jika gempa bumi menggoncang struktur yang tertata rapi seperti gedung, akan terjadi perubahan acak pada kerangka bangunan dan bukan merupakan suatu perbaikan.

Tidak ada bukti bahwa mutasi bermanfaat. Semua mutasi telah terbukti berbahaya. Gen termutasi ternyata membahayakan. Jika mutasi adalah bagian yang diperlukan dari proses evolusi, bagaimana pengaruh baik evolusi ke bentuk kehidupan yang lebih tinggi dihasilkan dari mutasi yang umumnya membahayakan? Sebagai contoh percobaan untuk menghasilkan mutasi pada lalat buah, tidak ada yang menghasilkan mutasi bermanfaat. Lalat buah yang dikembangbiakkan selama lebih dari 60 tahun di laboratorium seluruh dunia yang menghasilkan keturunan baru setiap sebelas hari tidak pernah menghasilkan spesies baru.

Berdasarkan paparan di atas maka dapat disimpulkan tentang stigma buruk mutasi adalah sebagai berikut: mutasi jarang terjadi, mutasi bersifat acak berarti mutasi tidak teratur sehingga mutasi adalah mekanisme merusak struktur DNA, mutasi selalu berakibat merugikan, atau tidak ada satupun mutasi yang bermanfaat.

Penjelasan mutasi yang dijelaskan oleh para penentang evolusi tersebut di atas berakibat pada penolakan teori evolusi seleksi alam Darwin. Namun alasan yang dipaparkan para pendukung kreasionisme tersebut tidak berdasarkan dukungan penelitian ilmiah di tingkat molekuler. Pendekatan yang digunakan untuk menentang evolusi masih pendekatan klasik dengan pengamatan melalui fosil yang memaparkan bukti fosil yang ditemukan dari dulu sama dengan hewan atau tumbuhan yang ditemukan saat ini. Walaupun ada sanggahan pada tingkat molekuler yakni menyatakan bahwa secara molekuler DNA adalah sebuah rancangan cerdas pada tiap spesies yang tidak akan mengalami perubahan apapun atau tidak akan mengalami perubahan sedikitpun atau mutasi. Hal inilah yang menimbulkan kesalahan konsep

baik kalangan di awam maupun pengikut kreasionisme sehingga menentang teori seleksi alam. Akibatnya kesalahan konsep evolusi terus berkembang terus sampai sekarang. Di sisi lain, penolakan teori evolusi dari penentang teori evolusi tersebut membuat para pendukung teori evolusi Darwin juga menjadi sulit menerima bahwa evolusi tidak terjadi. Hal inilah yang membuat konsep evolusi sulit diajarkan di sekolah dan perguruan tinggi. Karena pelajaran evolusi di SMA maupun perguruan tinggi banyak memunculkan tanggapan berbeda bahkan pengajar evolusi juga menjadi tidak percaya diri melaksanakan perkuliahan evolusi.

Sebagaimana penelitian Kalinoswski dan Andrew (2010) menyatakan bahwa “konsep kunci” pertama hubungan mutasi gen dengan evolusi seleksi alam adalah bahwa mutasi dan rekombinasi menghasilkan variasi genetik, yang membuat proses evolusi bisa terjadi. Berdasarkan pernyataan tersebut maka konsep mutasi gen harus disampaikan dengan benar agar dapat menyajikan pembelajaran evolusi dengan baik

Lebih lanjut dinyatakan Kalinoswski dkk (2010) mengapa banyak siswa yang tidak bisa memahami evolusi?. Hal ini disebabkan proses seleksi alam sulit untuk dibuktikan melalui praktikum atau kerja laboratorium. Seorang guru fisika bisa menggunakan demonstrasi kelas untuk meyakinkan pada siswa bahwa benda berat tidak jatuh lebih cepat dari benda yang kurang berat. Tapi guru evolusi tidak bisa melakukan hal tersebut, dan DNA tidak terlihat dengan mata telanjang dan siswa tidak mengerti bagaimana proses sehingga DNA itu mempengaruhi sifat. Sehingga guru sulit meyakinkan kepada siswa bahwa proses evolusi berjalan terkait dengan gen. Oleh sebab itu penting kiranya menjelaskan konsep mutasi gen melalui contoh-contoh temuan mutasi gen secara molekuler untuk menjelaskan proses evolusi seleksi alam.

Pembuktian Evolusi Melalui Penelitian Molekuler

Pembahasan tentang evolusi molekuler membahas perubahan struktur gen di tingkat molekuler yakni struktur DNA sehingga dapat menghasilkan variasi gen. Evolusi molekuler memberikan informasi tentang pola evolusi melalui proses perubahan asam nukleat dan protein, serta penggunaan molekul-molekul asam nukleat

dalam studi filogenetik, genetika populasi, biogeografi pada berbagai tingkat organisasi biologis.

Berdasarkan pembetulan kesalahan konsep mutasi gen yang telah diuraikan di bagian awal artikel ini, maka dapat dinyatakan bukti bahwa mutasi dan rekombinasi berhubungan dengan evolusi. Sesuai penjelasan Ayala, dkk, (dalam Corebima, 2010) bahwa terbukti evolusi benar-benar terjadi dalam biologi seluruh organism mulai prokariot dan eukariot dengan bukti adanya mekanisme pertukaran genetik antar individu (rekombinasi) dan mutasi. (Ayala, dkk, dalam Corebima 2010). Perubahan makhluk hidup (Evolusi) terjadi yaitu pada tingkat gen dan kromosom (mikroevolusi) dan evolusi pada tingkat populasi. Perubahan di tingkat gen dan kromosom dapat menghasilkan karakter yang dapat menuju ke arah perbaikan sifat/keanekaragaman sifat dan keburukan sifat yang merugikan makhluk hidup yang mengalaminya. Adanya variasi genetik hasil mutasi merupakan bahan mentah dari proses evolusi yang berlangsung dengan laju yang sangat lambat.

Hasil penelitian untuk mengungkap evolusi dengan pendekatan molekuler telah banyak mengungkap bagaimana proses evolusi berlangsung pada makhluk hidup. Perkembangan ilmu pengetahuan ke arah molekuler memberikan informasi baru yang lebih akurat tentang evolusi makhluk hidup. Pendekatan molekuler untuk menjelaskan evolusi makhluk hidup telah menggunakan perangkat cerdas RNA, Rybozym, DNA. Penanda molekuler untuk melacak evolusi yakni RNA ribosomal sebagai penanda molekuler melacak evolusi perlahan, Sekuensing DNA, Klasifikasi Biologis dan DNA Mitokondrial sebagai penanda molekuler untuk melacak evolusi. Penerapan Pendekatan Molekuler melalui analisis DNA telah dapat membuat skema evolusi pada manusia dan hewan. (Clark, 2005).

Melalui pendekatan molekuler ini terbukti bahwa evolusi memang terjadi. Evolusi makhluk hidup terjadi akibat mutasi pada DNA, RNA dan Protein. Evolusi terjadi karena protein-protein yang berbeda berkembang dengan laju yang berbeda dengan contoh-contoh laju perubahan protein sehingga berpengaruh pada kecepatan evolusi. Sebagaimana dinyatakan di bagian awal tentang konsep mutasi yang tidak

berperan dalam evolusi karena mutasi jarang terjadi, tidak menguntungkan, dan tidak berperan dalam evolusi terbukti tidak benar.

Perlu dimengerti bahwa membicarakan tentang evolusi tidak berarti menyetujui seluruh teori evolusi yang disampaikan oleh para ahli evolusi diantaranya Darwin yang secara jelas menyatakan perubahan makhluk hidup dari tingkat sederhana menjadi kompleks. Sebagaimana dinyatakan oleh Shouwy (1995) bahwa konsep modern tentang evolusi dikemukakan oleh beberapa ahli saat ini yakni: 1) Janusch (1973) mendefinisikan evolusi sebagai diturunkan melalui modifikasi; 2) Lasker (1976) mendefinisikan evolusi sebagai perubahan-perubahan dalam pengayaan sifat keturunan dengan modifikasi yang berkelanjutan melalui tahapan waktu; 3) Teori genetika modern mendefinisikan evolusi sebagai perubahan-perubahan dalam frekuensi gen antara populasi leluhur dengan populasi turunannya. Para ahli mengukur perubahan-perubahan morfologi organisme melalui tahapan waktu. Dalam hal ini analisis persamaan dan perbedaan makhluk hidup merupakan dasar dari kajian evolusi.

Para ahli genetika menganggap pengayaan genetik atau genotip merupakan kata kunci untuk memahami evolusi (Shouwy, 1995). Para ahli genetika menemukan gejala biologi yang ada melalui pengamatan genetika molekuler yang menunjukkan bahwa perangkat pengatur karakter makhluk hidup yakni gen mengalami perubahan-perubahan baik perubahan dalam gen maupun kromosom dengan kata lain mengalami mutasi. Laju mutasi pun terukur melalui pengukuran laju mutasi gen. Adanya mutasi menyebabkan variasi genetik dalam populasi dan menghasilkan variasi-variasi dalam populasi. Berdasarkan kajian evolusi molekuler sampai saat ini tidak membuktikan perubahan makhluk hidup dari tingkat sederhana menuju ke tingkat yang lebih tinggi. Kajian evolusi tingkat molekuler sampai saat adalah mempelajari bagaimana makhluk hidup mengalami perubahan-perubahan di masa mendatang.

Bagaimana Mengajarkan Evolusi di Masa Datang?

Penelitian ini telah menunjukkan bahwa terjadi banyak kesalahan konsep genetika mutasi gen dan rekombinasi. Kesalahan konsep ini berhubungan atau berakibat pada kesalahan memahami konsep evolusi. Oleh sebab itu, maka perlu

memikirkan suatu solusi bagaimana memahami konsep evolusi yang tepat. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi kesalahan memahami konsep ini dilakukan dengan menambahkan konsep tentang bagaimana mutasi gen dapat merubah sifat fenotip dari individu yang mengalami. Sebagaimana dijelaskan oleh Kalinowski dkk (2010) menyatakan bahwa para guru evolusi harus menjelaskan dasar genetika dari seleksi alam dengan membahas contoh urutan DNA yang mempengaruhi sifat tertentu. Contoh-contoh tersebut berguna untuk menunjukkan bagaimana cara bekerja seleksi alam, untuk menunjukkan hubungan antara genetika dan evolusi, dan menciptakan konflik kognitif siswa yang memiliki kesalahpahaman. Kurikulum evolusi yang banyak membahas DNA sangat efektif dalam mengurangi kesalahpahaman mahasiswa pada konsep seleksi alam. Mahasiswa yang telah memahami konsep mutasi dan rekombinasi dengan benar diharapkan dapat menilai secara obyektif terhadap alasan penolakan evolusi dan penerimaan evolusi dari para ahli. Data-data ilmiah sangat diperlukan agar dapat memberikan pondasi ilmu yang tepat bagi perkembangan pengetahuan berpikir analisis siswa terhadap perkembangan konsep evolusi pada makhluk hidup.

Kesimpulan dan Saran

Kesalahan konsep mutasi dan rekombinasi gen terjadi karena penjelasan mutasi tidak disertai bukti ilmiah secara molekuler. Berdasarkan penelitian pada tingkat molekuler terbukti bahwa DNA mengalami perubahan di tingkat struktural yang menyebabkan perubahan fenotip. Perubahan DNA bisa berlangsung cepat maupun lambat. Sehingga sudah saatnya penjelasan gen di tingkat molekuler menjadi dasar yang mendukung konsep evolusi molekuler. Oleh sebab itu pembahasan tentang Evolusi biologis sudah saatnya ditinjau lebih luas melalui tinjauan evolusi molekuler yang membahas perubahan materi genetik sehingga terjadi perubahan karakter suatu spesies. Evolusi molekuler lebih fokus membahas bagaimana perubahan terjadi pada struktur di tingkat materi genetik serta akibat perubahan materi genetik tersebut bagi kelangsungan hidup suatu spesies. Maka perlu revidi isi/konsep evolusi yang

menyajikan dasar genetika evolusi molekuler dan mutasi DNA di awal pembahasan pada perkuliahan maupun pembelajaran di sekolah.

Daftar Rujukan

- Ayala, F.J & Kiger, J.A. 1984. *Modern Genetics*. Menlo Park California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
- Clark, D.P. 2005. *Molecular Biology. Understanding Genetik and Revolution Molecular Evolution*. San Diego California. Elsevier Academic Press.
- Corebima, 2010. *Genetika Mutasi dan Rekombinasi*. Malang: Surya Pena Gemilang.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., dan D.P. Snustad. 1991. *Principles of Genetics*. Eight edition. New York: John Wiley & Sons, Inc. Alen.
- Kalinowski, S.T, Leonard, M.J & Andrews T.M 2010. Nothing in Evolution Makes Sense Except in the Light of DNA. *Journal List The American Society for Cell Biology CBE Life Science Education*. (online) (<http://CBELifeSciEduc.2010.pdf>) 9(2):87-97. Diakses tanggal 30 September 2012.
- Organ CL, MH Schweitzer, W. Zheng, LM Freimark, LC Cantley, dan JM Asara. 2008. Molecular phylogenetics of mastodon and *Tyrannosaurus rex*. *Science* 320 (5875):. 499. DOI: 10.1126/science.1154284
- Russel, P.J. 1992. *Genetics*. New York: Harper Collins Publishers.
- Shouwy, A. dkk. 1995. *Mukjizat Al-Qur'an dan As-Sunnah tentang IPTEK. Teori Evolusi: Sesuai atau Bertentangan dengan Al-Qur'an*. Jakarta: Penerbit Gema Insan Press.
- Wikipedia. 2008. Keberatan terhadap Evolusi. (online) (http://Keberatan_terhadap_evolusi.htm.) Diakses tanggal 11 Mei 2011.
- Yahya, H. Tanpa Tahun. *Menyibak Tabir Evolusi*. Terjemahan Effendi dkk. 2002. Jakarta: PT. Globalmedia Cipta Publishing .

