

Jenis Miskonsepsi Genetika yang Ditemukan pada Buku Ajar di Sekolah Menengah Atas

Elya Nusantari

Pendidikan Biologi-Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5 Malang. Email: elya.nusantari09@yahoo.co.id

Abstrak: Penelitian bertujuan mengungkap jenis miskonsepsi genetika pada buku ajar SMA kelas XII. Buku ajar dianalisis sebanyak 12 buku tahun terbit 2007-2010. Analisis dilakukan mulai Mei-Oktober 2010. Langkah penelitian adalah mengidentifikasi miskonsepsi genetika halaman demi halaman dan bab demi bab. Hasil penelitian menunjukkan miskonsepsi genetika ditemukan pada 7 atau seluruh kelompok konsep yakni arti dan ruang lingkup genetika; gen, DNA dan kromosom; hubungan gen, RNA, polipeptida, dan proses sintesis protein; keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; penentuan jenis kelamin; dan mutasi. Hal ini akibat penyajian informasi masih versi sejarah, materi masih genetika klasik dan kurang representatif (molekuler). Penyajian konsep genetika tidak menghubungkan antar konsep sehingga pemahaman siswa terfragmentasi. Guru perlu melakukan seleksi buku ajar sesuai standar isi materi.

Kata kunci: miskonsepsi, genetika, buku ajar SMA, seleksi buku

Materi genetika merupakan bagian materi yang diberikan di jenjang SMP dan SMA. Pada jenjang SMA materi genetika meliputi 7 kelompok konsep yakni Arti dan Ruang Lingkup Genetika; Materi genetik Gen dan Kromosom; Hubungan DNA-RNA-Polipeptida dalam Sintesis Protein; Reproduksi Sel (mitosis dan meiosis), Pewarisan Sifat pada makhluk Hidup; Penentuan Jenis Kelamin dan Mutasi. Konsep genetika dirasakan sulit oleh sebagian besar siswa karena materi ini bersifat abstrak, perkembangan genetika molekuler berkembang sangat pesat sementara informasi di buku ajar masih berorientasi genetika klasik. Hal ini berakibat pada pemahaman yang salah tentang konsep genetika atau terjadi miskonsepsi pada materi genetika.

Miskonsepsi adalah gagasan yang konflik dengan konsepsi ilmiah dan merupakan suatu konsep yang salah. Beberapa pengertian tentang miskonsepsi dikemukakan oleh beberapa ahli berikut ini. Miskonsepsi pada siswa adalah ide/pemikiran yang berbeda dari penerimaan umumnya oleh para ahli (Odom, 1995). Selanjutnya Novak (1984:20) menyatakan miskonsepsi sebagai suatu interpretasi konsep-konsep dalam suatu pernyataan yang tidak dapat diterima. Suparno (1998:95) menjelaskan bahwa miskonsepsi sebagai pengertian yang tidak akurat akan konsep,

penggunaan konsep yang salah, klasifikasi contoh-contoh yang salah, kecacauan konsep-konsep yang berbeda dan hubungan hierarkis konsep-konsep yang tidak benar. Berg (1991) menjelaskan bahwa miskonsepsi sebagai suatu konsepsi yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima oleh para ilmuwan. Konsepsi pada umumnya dibangun berdasarkan akal sehat (*common sense*) atau dibangun secara intuitif dalam upaya memberi makna terhadap dunia pengalaman mereka sehari-hari dan hanya merupakan eksplanasi pragmatis terhadap dunia realita. Miskonsepsi siswa bisa terjadi karena proses pembelajaran pada jenjang pendidikan sebelumnya. Ibnu (1989) mengistilahkan bahwa miskonsepsi adalah pemahaman naif yang begitu mendarah daging sehingga pengajaran tradisional tidak dapat mengoreksinya. Miskonsepsi disebut juga gagasan yang telah terbentuk, keyakinan non-ilmiah, teori-teori naif, konsepsi atau kesalahpahaman konseptual (Heather, 2003). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa miskonsepsi adalah ketidakcocokan pemahaman yang dimiliki siswa dengan pemahaman ilmu pengetahuan.

Miskonsepsi materi genetika dapat terjadi oleh beberapa sebab, bisa faktor guru, prekonsepsi siswa sendiri terhadap materi genetika yang telah diperoleh dari jenjang sebelumnya atau disebabkan buku ajar

yang banyak memberikan informasi yang salah dari pemahaman ilmuwan atau miskonsepsi. Buku ajar atau buku pegangan siswa sangat beragam. Sekolah tidak memberikan ketentuan buku ajar mana yang bisa digunakan dan tidak bisa digunakan karena belum ada rekomendasi hasil penelitian bagaimana kualitas buku ajar yang digunakan di sekolah. Sehingga siswa dapat menggunakan bermacam-macam buku ajar baik yang diperoleh dari kakak tingkat sebelumnya, meminjam dari perpustakaan atau membeli buku. Hal ini dapat berakibat pada tidak terdeteksinya kesalahan-kesalahan konsep yang ada pada buku ajar.

Bahan ajar atau buku ajar di sekolah dibuat untuk pegangan belajar bagi siswa. Namun biasanya guru juga menggunakan buku ajar yang sama dengan yang dipakai oleh siswa. Seharusnya guru memiliki buku pegangan lain yang berasal dari sumber yang terpercaya misalnya *textbook*. Buku ajar biasa disusun oleh tim guru atau dosen dengan menggunakan buku sumber yang berbeda-beda, sehingga kualitasnya juga berbeda-beda. Kualitas buku ajar dapat dinilai berdasarkan validitas *textbook* dengan kriteria tertentu, konten/isi spesifik biologi, *readability* atau kemampuan menyesuaikan dan miskonsepsi (Abimbola, 1996).

Sebanyak 90% guru Biologi di Amerika menggunakan *teksbook* dalam pembelajarannya. Yager (dalam Venville, 2002). *Nigerian science teachers*, mempercayakan pada *textbook* untuk isi materi yang memadai bagi persyaratan penyusunan silabus di lembaga di Afrika Barat dan kurikulum nasional *Different Science Subject*. Guru biologi di Amerika menggunakan kurikulum suplemen yang bervariasi seperti menggunakan film, *tape recordings* dan komputer kompatibel *software*. Guru Nigeria mempercayakan *textbook* sebagai buku pegangan guru, siswa, dan buku kerja.

Berdasarkan pentingnya buku ajar yang dapat memberikan pengalaman belajar yang benar pada siswa, maka kita perlu melakukan evaluasi buku ajar yang digunakan di sekolah-sekolah, agar tidak terjadi kesalahan materi yang berakibat pada miskonsepsi. Apabila terjadi miskonsepsi secara terus menerus akan terbawa pada jenjang selanjutnya dan dapat menyebabkan destruksi pengetahuan. Sebagaimana dinyatakan oleh Kaharu, S. (2007) bahwa bila merujuk pada kurikulum yang diterapkan saat ini dan kurikulum sebelumnya termasuk buku pegangan murid maupun guru dapat dilihat bahwa materi atau konsep yang telah diberikan di SD sampai SLTA adalah dengan kedalaman dan penekanan yang berbeda, tergantung jenjang sekolah dimana materi tersebut dibe-

rikan. Semakin tinggi jenjang sekolah maka konsep tersebut akan diberikan secara lebih mendalam. Maka bila dijenjang sebelumnya terjadi miskonsepsi akan berakibat pada miskonsepsi akan terbawa terus ke jenjang selanjutnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji buku ajar di SMA khusus pada materi genetika. Penelitian ini perlu dilakukan untuk memberikan informasi miskonsepsi genetika apa saja yang ditemukan pada buku ajar SMA. Tujuan penelitian adalah dapat memberikan kontribusi bagi pemecahan masalah miskonsepsi bidang genetika, khususnya untuk membantu memecahkan persoalan bahan ajar genetika agar dapat memberikan pemahaman yang benar tentang genetika. Selanjutnya pemikiran penulis bagaimana peran guru dalam menyeleksi buku ajar agar terhindar dari miskonsepsi. Hasil penelitian ini akan dapat memberikan sumbangan pemikiran langkah apa yang dapat dilakukan untuk mengatasi miskonsepsi genetika.

METODE

Langkah mengidentifikasi miskonsepsi dilakukan dengan mengikuti prosedur penelitian miskonsepsi menurut Abimbola (1996). Pertama adalah menentukan proposisi atau hubungan antara konsep atau pengetahuan materi genetika yakni konsep genetika yang penting dan berpeluang terjadi miskonsepsi dipilah dalam 6 kelompok yakni materi genetik DNA, gen, kromosom; pembelahan sel dan replikasi, sintesis protein, dan pewarisan Mendel. Proposisi pengetahuan adalah pernyataan yang sebenarnya sesuai konteks ilmuwan.

Kedua, melakukan studi percontohan untuk menentukan apakah buku ajar SMA memiliki masalah konseptual. Kegiatan ini dilakukan dengan membaca dan menemukan contoh-contoh miskonsepsi yang mungkin pada beberapa buku ajar SMA yang digunakan di sekolah.

Ketiga, mengidentifikasi miskonsepsi, menguji buku itu halaman demi halaman dan bab demi bab untuk menemukan miskonsepsi yang ada sesuai dengan statemen pengetahuan materi genetik yang telah ditetapkan sebanyak 7 kelompok konsep yakni Arti dan Ruang Lingkup Genetika; Materi genetik Gen dan Kromosom; Hubungan DNA-RNA-Polipeptida dalam Sintesis Protein; Reproduksi Sel (mitosis dan meiosis), Pewarisan Sifat pada makhluk Hidup; Penentuan Jenis Kelamin dan Mutasi. Buku yang ditetapkan untuk diidentifikasi adalah buku ajar SMA mulai tahun 2007-2010. Hal ini sesuai dengan aturan

Permediknas No 1 Tahun 2011 tentang buku yang dapat digunakan di sekolah adalah buku terbitan 5 tahun terakhir.

Keempat, mentabulasikan konsepsi yg teridentifikasi mengandung miskonsepsi. Tabulasi diawali dari masing-masing buku ajar, kemudian kesamaan miskonsepsi pada masing-masing materi diatur menjadi satu bagian. Buku rujukan untuk menetapkan miskonsepsi adalah *textbook* genetika berbahasa asing yang ditulis oleh Gardner, Ayala, Campbell dan dua buku genetika yang telah disusun oleh Corebima.

Kelima, Tim evaluator yakni pakar genetika di Universitas Negeri Malang, dan tiga praktisi/pengajar mata kuliah genetika memvalidasi dan mengidentifikasi miskonsepsi yang telah ditemukan. Peneliti meminta tim evaluator mengevaluasi kebenaran atau keberterimaan tentang konsepsi-konsepsi yang teridentifikasi sebagai miskonsepsi. Jadi tim evaluator tidak lagi menguji buku ajar yang sudah diidentifikasi peneliti. Dengan dasar hasil kerja para evaluator peneliti dapat menghilangkan beberapa item dari daftar identifikasi miskonsepsi.

HASIL

Miskonsepsi Materi Genetika yang Ditemukan pada Buku Ajar

Peneliti menganalisis empat bab pada masing-masing buku ajar yang dikelompokkan dalam 7 kelompok konsep genetika. Miskonsepsi ditemukan pada seluruh 4 bab atau 7 kelompok konsep yakni: Arti dan ruang lingkup genetika; Gen, DNA dan Kromosom; Hubungan gen, RNA, polipeptida, dan proses sintesis protein; Keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Penentuan Jenis Kelamin; dan Mutasi. Setelah dilakukan validasi oleh tim evaluator maka, miskonsepsi yang ditemukan dapat disepakati apakah termasuk kategori miskonsepsi atau tidak.

Berikut penulis menguraikan hasil penelitian dengan pola mendeskripsikan konsep sajian pada bahan ajar yang diidentifikasi miskonsepsi, kemudian peneliti membetulkan miskonsepsi dengan pola analisis penulis dan berdasarkan rujukan yang ditulis miring. Kalimat yang dimiringkan bertujuan membedakan dengan pernyataan/konsep yang disajikan pada buku ajar. Rujukan yang digunakan peneliti/penulis yakni dari sumber *textbook* asing yang dinilai memiliki kredibilitas keilmuan yang tinggi yakni *Principle of Genetics*

oleh Gardner tahun 1991, *Modern Genetics* oleh Ayala tahun 1984, Biologi oleh Campbell, Reece & Mitchell tahun 2002, buku yang ditulis oleh Corebima dengan daftar rujukan terpercaya yakni Genetika Mendel oleh Corebima tahun 1997, Penentuan Jenis Kelamin oleh Corebima tahun 1997. Secara rinci disajikan sesuai pokok bahasan/konsep pada buku SMA sebagai berikut.

Arti dan Ruang Lingkup Genetika

Miskonsep arti dan ruang lingkup genetika ditemukan pada 11 buku ajar yang menyatakan bahwa: 1) genetika adalah ilmu yang mempelajari pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya dan mengikuti pola-pola tertentu; 2) hukum-hukum genetika adalah hukum segregasi dan *random assortment*; 3) teori hereditas partikel Mendel yakni induk mewariskan faktor-faktor hereditas (gen) pada keturunannya. Faktor-faktor hereditas ini diturunkan sebagai partikel-partikel yang terpisah dari satu generasi ke generasi berikutnya; 4) teori Mendel sangat penting bahkan dijadikan dasar dalam memahami genetika dan melakukan analisis atas pola-pola pewarisan sifat genetik; 5) hereditas adalah penurunan sifat dari induk kepada keturunannya. Keturunan yang dihasilkan dari perkawinan antar individu mempunyai perbandingan fenotip maupun genotip yang mengikuti aturan tertentu yang disebut pola-pola hereditas pada kode buku no 4.

Berikut dijelaskan konsep arti dan ruang lingkup genetika dan perkembangan genetika dari 3 ahli genetika. Corebima menyatakan ruang lingkup genetika, Venville (2002) menyatakan perkembangan genetika ke arah molekuler dan Dobszanky yang memperlihatkan kedudukan genetika yang lebih luas di antara cabang-cabang ilmu Biologi yang lain.

Konsep Genetika berkembang dari ilmu yang membahas tentang bagaimana sifat diturunkan menjadi lebih luas lagi yakni ilmu yang mempelajari tentang materi genetik. Secara luas genetika membahas: 1) struktur materi genetik, meliputi: gen, kromosom, DNA, RNA, plasmid, episom, dan elemen transposabel, 2) reproduksi materi genetik, meliputi: reproduksi sel, replikasi DNA, *reverse transcription*, *rolling circle replication*, *cytoplasmic inheritance*, dan *Mendelian inheritance*, 3) kerja materi genetik, meliputi: ruang lingkup materi genetik, transkripsi, modifikasi pasca transkripsi, kode genetik, translasi, konsep *one gen one enzyme*, interaksi kerja gen, kontrol kerja gen pada prokariotik, kontrol kerja gen pada eukariotik, kontrol genetik terhadap respon imun, kon-

trol genetik terhadap pembelahan sel, ekspresi kela-
min, perubahan materi genetik, 4) perubahan materi
genetik, meliputi: mutasi, dan rekombinasi, 5) genetika
dalam populasi, dan 6) perekayasa materi genetik.
(Corebima, 2009).

Berkaitan dengan perkembangan genetika ke
arah molekuler maka gen sebagai materi genetik ada-
lah gen di abad 20 dideskripsikan oleh Tudge (2000)
sebagai perubahan persepsi gen dari wujud seperti
manik-manik atau benang gen ke dalam pengertian
atau sebagai wujud kimia dalam proses kimia yang
kompleks. Gen berada dalam terminologi abstrak, ahli
genetika akan mengacu ke biologi molekuler dan gen
didekati dari aspek kimiawi. Sehingga saat mendarat
kajian genetika akan mempelajari materi genetika
yakni gen, DNA, kromosom, fungsi, ekspresinya serta
perubahannya secara molekuler (Venville, 2002).

Pengertian genetika yang baru ini juga memperli-
hatkan kedudukan genetika di antara cabang-cabang
ilmu biologi yang lain. Jadi genetika bukan hanya
membahas tentang pewarisan sifat dari induk kepada
keturunannya. Dalam hubungan ini dinyatakan baha-
wa: *genetics is the core biological science, nothing
in biology makes sense except in the light of gen-
etics and evaluation* (Dobzhansky dalam Ayala &
Kiger, 1984).

Konsep Gen, DNA, Kromosom DNA

Miskonsep gen, DNA dan kromosom pada buku
ajar ditemukan dengan contoh sebagai berikut. “Kro-
mosom, gen dan DNA merupakan faktor pembawa
dan penentu sifat pada makhluk hidup. Apakah ada
keterkaitan kromosom, gen dan DNA?” Pertanyaan
ini tidak dijawab oleh penulis bukunya. Hal ini mem-
beri pengertian ketiganya berfungsi sendiri-sendiri da-
lam membawa dan menentukan sifat pada makhluk
hidup. Kalimat ini membingungkan siswa.

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Pe-
neliti menyarankan perlunya menegaskan hubungan
antara konsep gen, DNA dan kromosom. *Hubung-
annya adalah rangkaian/segmen DNA memben-
tuk gen, sedangkan gen-gen terangkai dalam sa-
tu kromosom. Kromosom terdiri dari DNA yang
terangkai secara bersambung membentuk spiral
dan berasosiasi dengan protein histon dan non-
histon. Ayala (dalam Corebima, 1997) menyata-
kan bahwa kromosom diartikan sebagai molekul
asam nukleat yang mengandung sejumlah gen,
serta pada struktur tertentu tersusun dari DNA
dan protein histon dan protein lain yang lazim
disebut sebagai nukleoprotein. Selanjutnya di-*

*perjelas bahwa “Chromosomes is to organize and
package the giant DNA molecules of different
being broken during” (Gardner, 1991:141).*

Miskonsepsi tentang hubungan kromosom, DNA
dan gen sebagai kota yang diibaratkan struktur suatu
kromosom, yang terdapat pada bagian inti sel yang
membawa petunjuk bagi setiap fase kehidupan sel.
Setiap rumah melambangkan sebuah molekul DNA,
yakni bahan keabakaan. Kamarnya adalah gen, yaitu
anak bagian molekul yang menduduki tempat-tempat
khusus dalam molekul DNA. Batu batanya adalah
nukleotida, yakni “bahan bangunan” molekul.

Konsep analogi yang benar adalah sel lebih tepat
dianalogikan sebagai kota yang terdiri dari bermacam-
macam bangunan. Kromosom dianalogikan sebagai
rumah (bagian dari kota), gen sebagai kamar dari
rumah, nukleotida sebagai batu bata, bagian lain dari
DNA (*phosphate* dan gula deoksiribosa) sebagai se-
men. DNA adalah *Deoxyribonucleic Acid* dengan
susunan lengkap yakni gula deoksiribosa, asam phos-
pat dan basa nukleotida (A, C, G, dan T). Satu nukleo-
tida terdiri dari gula deoksiribosa, asam phospat, dan
sepasang basa nukleotida. Jadi polinukleotida atau
DNA dapat dianalogikan sebagai penyusun rumah
sebagai batu bata dan semennya.

Terkait pernyataan bahwa kamar adalah gen
sebagai anak bagian molekul yang mempunyai lokasi
khusus dalam molekul DNA. Gen sebagai sebuah
tempat yang ada pada molekul DNA. Konsep yang
benar sebagaimana dinyatakan Gardner dkk., (1991)
bahwa hubungan DNA dengan gen adalah segmen
DNA dalam panjang tertentu yang mengekspresikan
sifat tertentu disebut sebagai gen. Gen adalah segmen
DNA dengan panjang nukleotida tertentu.

Gen dapat dianalogikan sebagai kamar dalam
arti memiliki batas dan fungsi tertentu yang sama
dengan ruang lain yang ada di misalnya ruang tamu,
ruang makan, kamar tidur, dapur dan sebagainya yang
memiliki lokasi dan fungsi tertentu. Gen ada di lokasi
tertentu pada kromosom dan berfungsi mengekspresi-
kan suatu sifat tertentu.

Miskonsepsi ditemukan pada kalimat berikut.
“Setelah melalui berbagai penyelidikan banyak data
menunjukkan DNA adalah pembawa sebagian besar
sifat genetik yang tersimpan di dalam kromosom.
Apakah satu gen terdiri atas satu molekul DNA atau-
kah satu gen terdiri dari beberapa DNA hingga kini
terus menjadi bahan penyelidikan para pakar”. Buku
lain menyatakan bahwa “Gen merupakan satu seri
triplet basa nitrogen yang terdapat pada pita DNA.
Seri triplet ini akan mengkode satu rantai polipeptida
yang kemudian akan menjadi bagian dari satu enzim

atau protein lainnya”. Buku lainnya menyatakan “Sampai sekarang masih diselidiki terus menerus apakah satu gen terdiri atas satu molekul DNA, ataukah satu DNA terdiri atas beberapa gen. Banyak data mengungkapkan bahwa DNA adalah pembawa sebagian besar atau seluruh sifat-sifat genetik yang khas dalam kromosom, sehingga DNA merupakan gen itu sendiri. Oleh karena itu banyak yang berpendapat bahwa satu DNA sama dengan satu gen”.

Pertanyaan-pertanyaan di atas merupakan pertanyaan yang jawabannya belum diketahui oleh penulis bukunya. Konsep yang benar menurut Gardner (1991) bahwa *gen merupakan segmen DNA yang dapat mengekspresikan suatu sifat tertentu. Jadi gen adalah bagian dari kromosom. Gen adalah urutan DNA berasosiasi dengan protein histon membentuk nukleosom dan berkondensasi membentuk badan yang disebut kromosom. Satu gen tidak tersusun atas satu molekul DNA yang hanya terdiri atas satu nukleotida tetapi berupa polinukleotida dengan panjang tertentu. Gen bukan terdiri dari satu seri triplet basa nitrogen. Gen adalah segmen DNA yang terdiri dari fosfat, gula pentosa deoksiribosa, dan basa nitrogen dengan panjang tertentu sebagaimana dinyatakan Gardner (1991:136) adalah dengan panjang “Approximately 200-nucleotide-pair length of DNA”. Jadi satu DNA bukanlah satu gen atau satu DNA tidak terdiri atas beberapa gen.*

Miskonsepsi letak gen pada kromosom lebih banyak dinyatakan sebagai suatu ruang atau tempat. Berikut ini miskonsepsi yang ditemukan: Gen terletak pada lokus yang membentuk satu deretan linier pada kromosom. Gen terdiri atas DNA yang diikat oleh protein. Lokus berupa benda berbentuk bulat seperti bola berderet deret. Lokus digambarkan sebagai tempat deretan kotak-kotak. Gen terletak pada lokus tertentu pada kromosom. Lokus berupa benda berbentuk bulat seperti bola berderet deret. Gen diumpamakan terletak pada benang kromosom dalam suatu deretan berurutan dan teratur.

Konsep yang benar adalah gen berada pada posisi relatif yang disebut lokus sebagaimana dinyatakan oleh Gardner (1991:G7) bahwa “*Locus is a fixed position on a chromosome that is occupied by a given gene or one of its alleles*”. Jadi lokus merujuk pada penentuan posisi gen pada suatu kromosom, bukan sebagai tempat/kamar/ruangan dari gen. Pernyataan pada buku bahwa gen membentuk satu deretan linier dan deretan yang berurutan dan teratur dapat ditafsirkan bahwa jarak

gen menjadi sama. Padahal gen adalah sepenggal segmen DNA yang mengekspresikan sifat tertentu, jadi bukan dalam bentuk deretan linier dengan jarak yang sama, tetapi bisa polinukleotida yang pendek atau nukleotida pada panjang/jarak tertentu.

Miskonsepsi fungsi gen ditemukan pada buku ajar bahwa “Para ahli menduga bahwa setiap gen hanya membentuk satu macam komponen enzim. Misalnya gen mengendalikan sifat warna rambut hitam. Gen yang bertanggung-jawab terhadap hal ini mengontrol pembentukan pigmen hitam dalam akar-akar rambut. Pigmen ini kemudian dialirkan ke dalam rambut. Mungkin juga yang dihasilkan oleh gen bukan pigmen itu sendiri, tetapi bentuk pendahuluan untuk itu atau enzim yang memungkinkan pembentukan pigmen di dalam sel-sel pembentuk pigmen. Seharusnya penulis buku memperkenalkan tentang konsep kerja gen mengendalikan sifat”.

Konsep yang benar bahwa “*Sifat yang ditentukan oleh satu gen atau satu gen membentuk satu karakter merupakan konsep yang terbentuk dari temuan Mendel. Selain itu ada sifat makhluk hidup yang dikendalikan bukan oleh satu gen yakni ditentukan oleh sekelompok gen yang letaknya bisa tersebar atau tidak tersebar sebagaimana dinyatakan “Clustered genes specifying one trait” dan “Dispersed gen specifying one trait” (Gardner, 1991:248). Terdapat pula kajian tentang gen mengendalikan sifat makhluk hidup konsep interaksi (epistasis dan interaksi nonepistasis). Pleyotropi yakni adanya gen-gen tertentu pada makhluk hidup yang mengendalikan lebih dari satu sifat/karakter. Sebagaimana dinyatakan Herskowitz (dalam Corebima, 1997:68) bahwa “multiple effects of a single gene” dan Ayala (1984) menyebutkan “that is, when a gene effects several traits, is known as pleiotropy” dan juga beberapa gen membentuk satu karakter atau modifier gene dinyatakan Gardner (1991) bahwa “The effect of the modifier complex is qualitative but because of many genes involved it is difficult to analyze such complexes into single gen components.”*

Miskonsepsi alela pada buku ajar dijelaskan bahwa “Gen mempunyai bentuk alternatif yang dikenal dengan istilah alel. Gen dan alel dilambangkan dengan huruf latin besar dan kecil”. Jadi gen punya pasangan seperti halnya kromosom. Konsep yang benar bahwa *Alel seharusnya ditambahkan dengan penjelasan bahwa konsep alel bukan hanya dominan dan resesif. Konsep dominan resesif itu*

muncul dari temuan Mendel. Saat ini sudah diketahui banyak sifat lain selain dominan resesif. Gen dan alel tidak hanya dilambangkan dengan huruf besar dan kecil saja. Banyak sifat lainnya misalnya alel ganda yakni alel yang lebih dari satu pasang dengan penanda, dominan tidak sempurna yakni gen dominan tidak benar-benar mengalahkan gen resesif sehingga muncul sifat antara, kodominan yang alelnya memiliki dominansi yang sama misalnya golongan darah yang dilambangkan IA Io IB yang karakternya akan muncul bersama-sama (Gardner dkk., 1991).

Kromosom

Miskonsepsi kromosom pada buku ajar adalah “Setiap kromosom khususnya kromonema terdapat deretan lokus. Batas antara lokus yang satu dengan lokus lainnya tidak jelas seperti deretan kotak-kotak. Lokus digambarkan sebagai tempat deretan kotak-kotak”. Konsep yang benar *Lokus adalah posisi relatif dari gen yang memberikan arti letak gen dalam kromosom tersebut. Sebagaimana dinyatakan bahwa “Locus is a fixed position on a chromosome that is occupied by a given gene or one of its alleles”.* (Gadner, 1991:G7). Jadi merujuk pada penentuan posisi gen pada suatu kromosom, bukan sebagai tempat/kamar/ruangan dari gen.

Miskonsepsi bagian-bagian dari kromosom di buku ajar adalah “Sentromer dan lengan kromosom. Pada lengan tersusun tiga bagian selaput, matrik dan kromonema. Bagian selaput adalah bagian tipis yang menyelaputi/menyelimuti badan kromosom, matrik adalah cairan bening yang mengisi seluruh bagian lengan. Matriks kromosom mengandung benang-benang halus berpilin-pilin yang disebut kromonema. Kromonema tersusun atas manik-manik berjejer rapat dinamakan kromomer. Lengan merupakan bagian yang tersusun atas benang-benang kromosom. Benang-benang kromosom tersebut kemudian memendek dan menebal membentuk kromatin”.

Konsep yang benar adalah struktur kromosom disajikan secara molekuler dengan bagian-bagian secara lengkap yakni *Asosiasi DNA dan protein Histon serta pola kondensasinya pada kromosom inti eukariot* (Campbell, Reece, Mitchell, 2002). Pada buku SMA masih menyatakan bahwa pada lengan ada selaput, matrik dan kromonema. Sebenarnya lengan merupakan bagian yang tersusun atas DNA yang berasosiasi dengan protein histon dan non histon. Kenyataannya adalah DNA yang

melilit protein histon dan bukan DNA yang diselaputi oleh protein. Jadi penggambaran tersebut adalah gambaran klasik kromosom yang sudah saatnya dihilangkan. Kromosom merupakan fase memendek dan menebal dari kromatin.

Miskonsepsi tentang sel kelamin dan sel tubuh dihubungkan dengan jenis kromosom. Hal ini dinyatakan bahwa “Setiap makhluk hidup dibangun oleh sel tubuh (somatik) dan sel kelamin (gamet). Masing-masing sel tersebut disusun oleh dua macam kromosom. Sel tubuh disusun oleh kromosom tubuh (*autosom*) sedangkan sel kelamin disusun oleh kromosom kelamin (*gonosom*). Penggunaan kata kromosom tubuh dan kromosom kelamin ini perlu direvisi karena miskonsepsi bisa terjadi karena kesalahan pemilihan kata dan kalimat. Siswa akan menafsirkan bahwa kromosom tubuh ada di sel tubuh. Kromosom kelamin ada di sel kelamin. Konsep yang seharusnya adalah *Sel tubuh tidak hanya disusun oleh kromosom tubuh tetapi juga kromosom kelamin. Sel kelamin juga disusun oleh kromosom tubuh kromosom kelamin hanya jumlahnya saja yang berbeda yakni haploid. Sel tubuh diploid.* Penulis menyarankan sebaiknya *Istilah kromosom tubuh diganti dengan kromosom kromosom autosom dan kromosom kelamin diganti dengan kromosom gonosom.*

Miskonsepsi tentang fungsi kromosom autosom pada buku ajar dinyatakan adalah “Kromosom berfungsi mengatur dan mengendalikan sifat-sifat tubuh makhluk hidup. Kromosom ini tidak ada hubungannya dengan penentuan jenis kelamin. Seks kromosom adalah kromosom yang menentukan jenis kelamin organisme”. *Konsep ini perlu kaji kembali dengan mengembangkan kajian pada kelompok makhluk hidup lain yang lebih luas dan mengikuti perkembangan hasil penelitian tentang ekspresi kelamin. Pada awalnya memang kromosom kelamin merupakan penanda bahwa makhluk hidup tersebut jantan atau betina. Kemudian terbukti gen penentu jenis kelamin adalah gen yang berada pada kromosom autosom maupun gonosom. Mekanisme penentuan jenis kelamin pada makhluk hidup cukup beragam diantara golongan makhluk hidup* (Corebima, 1997:37).

Replikasi

Miskonsepsi bahwa “Proses replikasi pada bahan ajar dapat digambarkan sebagai resleting yang sedang membuka, masing-masing belahan untai DNA kemudian akan membentuk komplemennya.

Setelah mendapatkan pasangannya yang sesuai akan terbentuk ikatan (3 nukleotida paling bawah). Gambar menunjukkan bahwa arah pembentukan nukleotida sesuai arah 5'—3' dan 3'—5'. Polimerase akan memisahkan kedua untai DNA”.

Apabila replikasi dianalogkan sebagai resleting, maka dapat disalahtafsirkan oleh siswa bahwa pembentukan nukleotida baru yakni secara *biridirectional* adalah dengan arah yang berbeda, dan dengan cara yang sama. Digambarkan pada buku bahwa penambahan nukleotida baru masing-masing dari 3 nukleotida paling bawah artinya dari arah 5'—3' dan 3'—5'. Cara penambahannya tidak dijelaskan dengan 2 cara yakni *leading strand* dan *lagging strand*.

Konsep yang benar adalah sebagaimana dinyatakan oleh Campbell (2002) penambahan nukleotida baru melalui cara atau proses yang berbeda dengan arah yang sama yakni arah 5'—3' sehingga menghasilkan *leading strand* dan *lagging strand*. Arah yang sama yakni penambahan gugus nukleotida baru selalu pada atom 3 gula deoksiribosa arahnya selalu 5—3 sehingga berakibat terbentuknya untai DNA yang *leading strand* (kontinu) dan *lagging strand* yakni DNA baru yang dihasilkan terputus-putus. Enzim polymerase bukan untuk memisahkan dua untai DNA, tetapi menambahkan nukleotida baru pada untai DNA lama. Enzim yang paling berperan pada polymerisasi nukleotida baik pada pembentukan *leading strand* maupun *lagging strand* adalah DNA polymerase III. DNA polymerase I berperan pada polymerisasi nukleotida di tempat terlepasnya primer ARN satu demi satu dengan arah 5'—3'. DNA polymerase II belum diketahui peranannya (Campbell, Reece, Mitchell, 2002).

Miskonsepsi pada buku ajar bahwa Replikasi DNA diawali dengan terbukanya dua rantai polipeptida yang masing-masing berfungsi sebagai cetakan. Sehubungan dengan penyusunan satu pita pelengkapannya yang baru, enzim helikase membentuk gelembung-gelembung replikasi. Suatu protein pengikat pita tunggal akan tetap menjaga agar kedua pita pada setiap gelembung terpisah. Jumlah gelembung replikasi pada makhluk hidup eukariot dapat mencapai ratusan sampai ribuan sepanjang molekul DNA. Enzim ligase berfungsi menyambung fragmen DNA hasil sintesis.

Konsep yang benar bahwa dibagian kerja enzim ligase harus jelas terjadi pada untai *lagging strand* atau *leading strand*? Penjelasan di buku tentang *leading strand* dan *lagging strand* sangat minim. Hanya dua buku yang menjelaskan hal ini. Replikasi

terjadi di beberapa tempat secara bersamaan. Jadi tidak dari awal nukleotida sepanjang ujung sampai akhir. Replikasi bukan menunggu terbukanya dua untai polinukleotida seluruhnya, tetapi bertahap dan berjalan terus menerus, bila sudah selesai terbentuk *leading strand* maka akan segera membentuk *lagging strand*. Enzim helikase jelasnya berfungsi membuka helix DNA. Enzim ligase hanya bekerja pada untai *lagging strand* yakni untuk menyambung fragmen DNA yang terputus-putus. Hal ini tidak terjadi pada yang *leading strand*. Pada celah-celah antar tiap fragmen Okasaki, akan terbentuk ikatan fosfodiester di bawah pengaruh enzim DNA ligase (Ayala, 1984).

Pembelahan Sel (Mitosis)

Miskonsepsi mitosis pada buku ajar bahwa “Waktu mengganda/replikasi adalah menjelang *metaphase*”. Hal ini disebabkan informasi sebelumnya (sejarah) bahwa pada fase interfase adalah fase istirahat, sehingga di fase ini tidak terjadi proses yang penting seperti pada kalimat berikut. “Tahap Interfase sel mengumpulkan materi dan energi untuk mitosis, inti sel tumbuh membesar, kromosom tidak nampak tetapi nampak kromatin sebagai granula. Interfase tidak termasuk fase mitosis”. Konsep yang lebih tepat adalah “*Tahap interfase, sel mengumpulkan materi dan energi serta terjadi replikasi DNA untuk mempersiapkan pembelahan berikutnya*”.

Miskonsepsi bahwa “Di tahap awal pembelahan sel, setelah sel mereplikasikan DNA yang terdapat di dalam benang-benang kromatin maka akan terjadi pertumbuhan benang kromatin menjadi kromosom”. Menurut penulis adalah tidak tepat digunakan istilah ada pertumbuhan benang kromatin menjadi kromosom *Konsep yang benar adalah kalimat dirubah menjadi “Benang kromatin akan memendek menjadi kromosom” (Gardner dkk., 1991)*.

Selanjutnya dinyatakan bahwa tahap interfase terdiri atas G1, Sintesis dan G2. Pada tahap S terjadi replikasi dan duplikasi DNA. Replikasi adalah proses penggandaan molekul DNA sehingga sel anak mempunyai jumlah DNA yang sama dengan induknya. Duplikasi adalah proses penyalinan kromosom sehingga kromosom menjadi panjang. *Penjelasan di atas menurut penulis menunjukkan adanya dua istilah replikasi dan duplikasi. Definisi yang dipaparkan tidak jelas membedakannya. Sebenarnya prosesnya satu. Beda penamaan karena sudut pandang berbeda. Replikasi dipandang dari sudut proses*

penggandaan DNA. Duplikasi dipandang dari hasilnya ada dua.

Miskonsepsi dinyatakan pada buku ajar bahwa “Tahap G2, terjadi penggandaan kromatin menjadi dua tetapi sentromernya masih bergabung”. Konsep yang benar adalah *Penggandaan kromosom atau replikasi terjadi di fase S bukan G2. Pada G2 tidak ada aktivitas. Sebagaimana dinyatakan Gardner (1991:53) bahwa “duplication of the genetic material commences. During this synthesis (S) phase of about 9 hours, the genetic material of every chromosome is replicated. After the completion of DNA replication, the cells enters a second growth phase called G2”.*

Miskonsepsi yang menyatakan bahwa “Fase Profase, terjadi pembentukan kromosom dari benang kromosom; terjadi duplikasi kromosom menjadi kromatid. Kromatid hasil duplikasi akan berlekatan pada sentromer. Konsep yang benar adalah *“Proses ini terjadi pada tahap S di Interfase bukan fase Profase sebagaimana penjelasan Gardner (1991) di atas.*

Hukum Mendel I dan II

Miskonsepsi bahwa “Gen homosigot tidak terjadi pemisahan. Individu dengan genotype BB atau bb disebut homozigot karena memiliki dua gamet yang sama. Jika dikawinkan sesamanya, individu homozigot tidak mengalami pemisahan. Individu dengan genotype Bb disebut individu heterosigot. Jika dikawinkan sesamanya, individu heterosigot akan mengalami pemisahan. Misal Bb disilangkan dengan Bb akan menghasilkan keturunan BB, Bb dan bb.

Konsep yang benar adalah *“Bila individu genotype BB atau bb dikawinkan sesamanya, maka tetap mengalami pemisahan atau mengalami Hukum Mendel I. Hanya saja hasil pemisahan adalah gamet yang sama yakni B dan B atau b dan b. Demikian juga individu heterosigot akan mengalami pemisahan menjadi B dan b. Jadi semua individu dengan genotip homozigot atau heterozigot sama-sama akan mengalami pemisahan sesuai hukum Mendel I.*

Miskonsepsi bahwa “Pemisahan gen berlangsung apabila gen Aa dan Bb letaknya (lokusnya) berjauhan. Jika kedua macam gen itu lokusnya berdekatan maka gen akan sulit memisah secara bebas, dengan kata lain gen-gen itu berpautan satu dengan yang lain. Jadi jika gen Aa dan Bb berpautan (AaBb) maka gamet yang dihasilkannya hanya AB dan ab.

Adanya pautan merupakan salah satu sebab tidak sesuainya hasil persilangan dengan Hukum Mendel”.

Konsep yang benar adalah *Pautan gen, terjadi karena gen berada pada satu kromosom yang sama. Apabila dua gen pada kromosom sama dan letaknya berjauhan maka dapat terjadi pindah silang saat meiosis. Jika kedua gen itu berdekatan maka sulit terjadi pindah silang sehingga tidak menghasilkan tipe rekombinan. Adanya pautan merupakan salah satu sebab tidak sesuainya hasil persilangan dengan Hukum Mendel. Hal ini sesuatu yang wajar karena hukum Mendel terjadinya pada kromosom yang berbeda bukan pada kromosom yang sama (Corebima, 1998).*

Miskonsepsi bahwa “Hukum Mendel II hanya berlaku untuk gen yang letaknya berjauhan. Jika kedua gen itu letaknya berdekatan, hukum ini tidak berlaku. Hukum Mendel II ini juga tidak berlaku untuk persilangan monohibrida”. Konsep yang benar bahwa *Seharusnya pemahaman siswa dipermudah dengan menyatakan bahwa Hukum Mendel II hanya berlaku untuk gen yang berada pada kromosom yang berbeda bukan gen yang letaknya berjauhan. Karena dua gen berjauhan yang masih satu kromosom, juga tidak bisa terjadi kombinasi bebas (kecuali ada pindah silang). Hukum Mendel II tetap berlaku untuk persilangan monohibrida, tetapi tidak dapat dideteksi hasilnya. Jadi Mendel I dan II berlaku untuk semua makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual baik dengan penanda satu, dua atau lebih (monohibrid, dihibrid dan trihibrid dll. (Corebima, 1998).*

Miskonsepsi tentang pemahaman Hukum Mendel II dan I akibat membaurkan pengertian pemisahan dan pengelompokan secara bebas. Seperti dinyatakan bahwa “Mendel menyimpulkan bahwa segregasi dari pasangan alel yang menentukan suatu sifat tidak berpengaruh terhadap segregasi pasangan alel yang menentukan sifat lain. Alel-alel untuk karakter yang berbeda bersegregasi secara bebas. Kesimpulan ini melahirkan hukum Mendel kedua yaitu pemisahan dan pengelompokan bebas”. Konsep yang benar adalah *Hukum Mendel I adalah hukum pemisahan (segregasi) yakni memisahkannya gen yang terangkai dalam kromosom saat meiosis fase anafase. Jadi yang berpisah adalah gen yang terangkai dalam kromosom (Corebima, 88).*

Miskonsepsi pada buku ajar bahwa “Mendel I adalah hukum pemisahan bebas, padahal seharusnya pengelompokan gen secara bebas”. Konsep yang

benar bahwa *Hukum Mendel II adalah pengelompokan secara bebas (assortment independent)*. (Corebima, 1998).

Miskonsepsi pada buku ajar dinyatakan bahwa “Hukum Mendel I (hukum *segregasi*) berbunyi peristiwa pembentukan sel gamet dua gen yang berpasangan akan diturunkan secara bebas pada keturunannya melalui gamet. Hukum Mendel II dikenal sebagai prinsip pengelompokan secara bebas (*assortasi*). Prinsip assortasi menyatakan bahwa pada saat terjadi pembentukan gamet, masing-masing alel mengelompok secara bebas. Pengertiannya adalah setiap gamet jantan yang dihasilkan oleh F1 mempunyai kesempatan yang sama dalam membuahi gamet-gamet betina yang dihasilkan dari F1”. Konsep yang benar bahwa *Seharusnya Mendel I dan II sama-sama terjadi saat pembentukan gamet. Prinsip Mendel II terjadinya bukan saat fertilisasi. Fenotip yang muncul dari percobaan mendel adalah efek yang dapat terlihat dari peristiwa pengelompokan gen/alel secara bebas. Bagan persilangan merupakan sarana pembuktian. Lebih penting adalah proses kombinasi bebas gen ketika akan membentuk gamet yakni masih di pembelahan meiosis di fase metaphase itu terjadi peristiwa kombinasi bebasnya sebagaimana dinyatakan Ayala (dalam Corebima, 1991)*.

Miskonsepsi bahwa pada saat pembelahan meiosis bahwa “Pasangan-pasangan kromosom saling mempertukarkan materi genetiknya. Ada sebagian kromosom yang sebelumnya bersama-sama menjadi terpisah, tetapi ada juga kromosom yang tetap bersama-sama sehingga diturunkan bersama-sama. Pada saat inilah segala sifat karakter dan ciri dari orang tua diwariskan kepada anaknya”. *Konsep ini tidak jelas terjadi pada proses apa. Bila terkait dengan peristiwa meiosis sebaiknya kalimatnya adalah pasangan kromosom yang sehomolog akan mengalami kombinasi secara bebas dan berpisah. Pada gen yang terletak pada kromosom yang sama tidak akan mengalami kombinasi bebas dan pemisahan kromosom sehingga diturunkan bersama-sama pada keturunannya*.

Meiosis

Miskonsepsi bahwa “Tahap Pakiten dinyatakan pada buku ajar adalah terjadi bivalen atau kromosom homolog yang berpasangan berduplikasi menjadi dua kromatid sehingga setiap bivalen mempunyai empat kromatid disebut tetrad”. Pada buku lain dinyatakan

bahwa “Replikasi terjadi pada saat profase”. Konsep yang benar bahwa *Pada tahap ini sebenarnya proses mengganda sudah selesai yakni prosesnya terjadi di tahap interfase. Seharusnya tiap kromosom homolog sudah dalam keadaan mengganda oleh proses replikasi sebelumnya di fase interfase. Gardner (1991:60) menyatakan “Replication of genetic information occurred in the preceding interphase”*.

Miskonsepsi bahwa “Pada Meiosis I di anafase I pada buku ajar dinyatakan kromatid dalam bentuk tetrad saling berpisah dan bergerak menuju kutub yang berlawanan tanpa adanya pemisahan sentromer”. Konsep yang benar adalah *Lebih jelas apabila konsep kromosom dalam bentuk tetrad dikatakan sebagai kromosom yang sehomolog untuk menekankan bahwa kromosom homolog pada meiosis I yang berpisah (bukan kromatid) menuju kutub yang berlawanan*.

Miskonsepsi pada buku ajar bahwa “Pada saat pembelahan meiosis, pasangan-pasangan kromosom saling mempertukarkan materi genetiknya. Ada sebagian kromosom yang sebelumnya bersama-sama menjadi terpisah, tetapi ada juga kromosom yang tetap bersama-sama sehingga diturunkan bersama-sama. Pada saat inilah segala sifat karakter dan ciri dari orang tua diwariskan kepada anaknya”. Kalimat ini mengandung pengertian tersamar, tidak menyampaikan konsep secara jelas. Konsep yang benar adalah *Pada saat pembelahan meiosis, pasangan kromosom (berarti kromosom yang sehomolog) tidak saling mempertukarkan materi genetik, tetapi terjadi kombinasi dari kromosom sehomolog yang mengandung gen alelnya dan kombinasi posisi dari kromosom lain yang tidak sehomolog dilanjutkan dengan pemisahan bebas maka menghasilkan gamet yang merupakan kombinasi gen-gen dalam kromosom. Kromosom yang bersama-sama kemudian berpisah adalah kromosom homolognya. Kromosom yang tetap bersama-sama adalah kromosom yang berada pada bidang yang sama (kromosom lain bukan homolognya) sebelum memisah, kemudian setelah memisah bisa tetap bersama-sama diturunkan pada gametnya (Corebima, 1998)*.

Sintesis Protein

Miskonsepsi bahwa “Sintesis protein berlangsung di dalam inti sel dan ribosom. Bahan dasar yang diperlukan untuk sintesis protein adalah asam amino.

Sintesis protein melibatkan DNA, RNA dan mitokondria". Konsep yang benar adalah "*Tempat berlangsungnya translasi adalah ribosom, bukan mitokondria. Sebagaimana dinyatakan Gardner (1991:255) bahwa "The mRNA then carries the genetic information from its site of synthesis in the nucleus to the sites of protein synthesis the ribosomes in the cytoplasm."*

Miskonsepsi bahwa "DNA melaksanakan fungsinya dengan cara DNA dikopi terlebih dahulu menjadi RNA dan hasil kopiannya itulah yang melakukan sintesis polipeptida. Hal ini dimaksudkan agar gen asli tetap terlindungi, sementara hasil kopiannya ditugaskan untuk melaksanakan pesan-pesan yang dikandungnya".

Konsep yang benar adalah *Seharusnya tidak menggunakan kata DNA dikopi, karena hasil kopi DNA adalah duplikasi atau dihasilkan dari proses replikasi DNA. Seharusnya menggunakan kata DNA ditranskripsi menjadi ARN yang mempunyai fungsi pada sintesis protein. Kata memperbanyak diri adalah mengkopi diri yakni dengan replikasi. Proses membentuk RNA bukanlah proses mengkopi tetapi membentuk kodon (RNAd), antikodon (RNAt) dan RNAr. Seharusnya digunakan kata yang lebih tepat yakni DNA template pada proses transkripsi akan membentuk kodon selanjutnya mensintesis protein sesuai urutan kodonnya/ARN duta. DNA yang ditranskrip biasanya juga hanya satu strand jadi bukan menghasilkan kopian DNA sebagaimana dinyatakan Gardner (1991:255) yakni "The transcribed sense strand of two different genes, even adjacent genes, is not always the same strand. However for a given gene only one strand is usually transcribed"*.

Miskonsepsi bahwa "Setiap kodon berfungsi memanggil satu macam asam amino. Semakin banyak macam kodon yang terkandung di dalam RNA-d akan semakin banyak macam asam amino yang menyusun polipeptida yang disintesis. RNA-d yang memiliki kodon sekitar 900-1500 membentuk sebuah rantai polipeptida yg terdiri 300-500 asam amino".

Konsep yang benar bahwa *Asam amino yang dikenal hanya 20 macam. Satu asam amino bisa dikode oleh lebih dari satu kodon. Bukan berarti makin banyak kodon makin banyak asam amino, karena asam amino hanya 20 macam sehingga beberapa kodon mengkode asam amino yang sama. Polipeptida yang terdiri dari 300-500 asam amino artinya asam amino yang berjumlah 20 macam yang berkombinasi dalam urutan tertentu.*

PEMBAHASAN

Analisis Penyebab Miskonsepsi pada Buku Ajar

Berdasarkan analisis penulis, penyebab miskonsepsi dapat terjadi karena beberapa sebab yakni penyajian materi genetika masih berorientasi genetika klasik Mendel dan masih genetika sejarah, tidak menghubungkan antar konsep, penggunaan analogi yang salah dan kesalahan penggunaan bahasa. Berdasarkan penelitian Wangintowe (2000) juga menyatakan bahwa dari penelusuran buku-buku sumber yang digunakan oleh guru dan siswa dapat disimpulkan terbatasnya penjelasan yang ditulis dalam buku-buku sumber yang digunakan sebagai sumber bacaan dalam proses pembelajaran biologi berpeluang menimbulkan miskonsepsi.

Penulis menganalisis empat sebab miskonsepsi pada buku ajar secara urut sebagai berikut. Penyebab pertama adalah pola penyajian materi genetika masih genetika klasik dan masih berorientasi sejarah. Hal ini telah dinyatakan Corebima (2009) bahwa materi genetika di sekolah dan perguruan tinggi masih berorientasi sejarah sehingga konsep terputus-putus. Materi yang tertuang dalam buku teks berisi informasi sepotong-sepotong yang tidak saling mengaitkan antara/konsep satu dengan lainnya. Hal ini akibat konsep yang masih berorientasi pada genetika klasik. Sehingga siswa tidak memiliki pemahaman yang tepat terhadap konsep-konsep genetika yang dipelajarinya; siswa tidak memiliki pengetahuan yang layak dalam memahami suatu konsep. Siswa tidak mampu membangun/mengkonstruksi konsep genetika secara utuh yang dapat diterapkan dalam proses kehidupan sehari-hari. Kesulitan ini berpeluang menimbulkan salah pemahaman atau miskonsepsi di kalangan siswa.

Hal ini terlihat dari sajian materi DNA, gen dan kromosom masih mempertahankan konsep lama yakni masih memperlihatkan struktur kromosom terdiri dari lengan dan sentromer. Lengan berisi matriks, DNA dan selaput sehingga terlihat DNA diselaputi oleh protein. Hal ini merupakan sisi sejarah penemuan kromosom. Saat ini konsep yang benar adalah DNA melilit protein histon. Selanjutnya konsep DNA, gen dan kromosom juga masih dijelaskan secara tersamar. Penulis buku tidak dapat menjelaskan perbedaannya secara jelas. Seharusnya disajikan gambar struktur kromosom secara molekuler. Bukti lain masih menampilkan genetika klasik adalah pada penyajian konsep pewarisan sifat masih mengunggulkan genetika Mendel dengan sifat ekspresi gen yang dominan

dan resesif. Munculnya sifat lain tidak mendapatkan penekanan bahwa masih banyak ekspresi gen selain dominan resesif diantaranya semidominan, kodominan, alela ganda, *pleyotropi*, poligen dll. Konsep gen mengendalikan satu sifat sudah saatnya diperluas dengan konsep kerja gen lainnya diantaranya ada gen yang mengendalikan beberapa sifat, atau beberapa gen mengendalikan satu sifat dll. Konsep waktu replikasi menjadi salah yakni terjadi di awal pembelahan sel yakni profase pada mitosis atau fase *zygotene* pada meiosis. Sebenarnya replikasi terjadi saat fase interfase. Hal ini akibat konsep klasik bahwa bahwa pada fase interfase adalah fase istirahat. Padahal justru pada fase ini terjadi aktivitas yang tinggi yakni mengumpulkan energi untuk persiapan pembelahan, replikasi maupun transkripsi translasi.

Penyebab kedua adalah penyajian materi genetika kurang menghubungkan antar konsep sehingga pemahaman siswa terfragmentasi. Hal ini dapat dibuktikan dari penyajian konsep hukum Mendel. Pada bahasan Mendel tidak dijelaskan lebih lanjut bahwa Hukum Mendel terjadi saat pembelahan Meiosis I pada fase metaphase I dan Anafase I. Konsep replikasi dihubungkan dengan pembelahan sel baik mitosis maupun meiosis namun masih menginformasikan waktu replikasi yang masih salah, dan tidak ada penekanan kenapa replikasi dilakukan sebelum pembelahan sel. Konsep DNA seharusnya dihubungkan dengan konsep gen dan kromosom. Banyak buku tidak dapat membuat hubungan konsep yang jelas. Konsep ekspresi gen seharusnya dihubungkan dengan konsep transkripsi dan translasi. Konsep Mendel seharusnya dihubungkan dengan konsep ekspresi gen baik satu sifat satu gen maupun satu sifat beberapa gen atau beberapa sifat satu gen dan sifat lainnya.

Hal ini sejalan dengan pernyataan Fensham, Gunstone dan White (dalam Venville, 2002) tentang pentingnya siswa menghubungkan konsep dalam suatu topik untuk proses belajar yang *good learning*. Pembelajaran yang baik adalah siswa secara komprehensif dapat membuat hubungan, secara aktif mencari hubungan diantara topik dan melakukan *crosschecks*. Penelitian menunjukkan siswa hanya mengingat fakta secara terpisah dan tidak bisa membuat hubungan diantara konsep dan informasi ke dalam koherensi/paduan dan belajar bermakna/*meaningfull learning*. Hal ini juga diperkuat berdasarkan penelitian Allchin (dalam Venville, 2002) juga menyampaikan bahwa pada *textbook* genetik masih menyajikan informasi genetika yang terpisah-pisah pada

beberapa bab. Masalah siswa adalah sulit memunculkannya dari informasi yang terpisah-pisah tersebut.

Penyebab ketiga adalah penggunaan analogi yang tidak tepat. Penggunaan analogi yang tidak tepat dapat menyebabkan miskonsepsi (Gusril, 2008). Hal ini terbukti penulis buku masih menggunakan analogi lokus adalah tempat/kamar/ruangan kotak-kotak sebagai tempat gen. Sebenarnya hanya merupakan posisi letak gen. Penulis buku hendaknya dapat menghubungkan gen dengan lokus, karena gen satu dengan lainnya tidak sama panjang pasangannya. Penggambaran kromosom, gen dan DNA juga belum tepat sebagai kota, rumah dan kamarnya. Analogi hendaknya dapat memudahkan siswa untuk memahami konsep. Penggambaran resleting sebagai proses replikasi juga ada ketidaktepatan sehubungan dengan cara pembentukan untai DNA pasangannya yang menghasilkan *leading strand* dan *lagging strand* dan arah penambahan nukleotida baru yang selalu 5'—3'.

Penyebab keempat adalah kesalahan memahami materi genetika akibat penggunaan bahasa. Hal ini terlihat dari penggunaan kata kromosom tubuh dan kromosom kelamin sehingga penulis buku menganggap kromosom kelamin menentukan jenis kelamin, kromosom tubuh menentukan sifat/karakter tubuh makhluk hidup. Hal ini juga yang membuat penulis buku mengira bahwa di dalam sel gamet hanya mengandung kromosom kelamin, dan di sel tubuh hanya mengandung kromosom tubuh. Sebaliknya pada konsep pembelahan sel tetap disampaikan bahwa pada pembelahan mitosis kromosom anak sama dengan induknya dan pada pembelahan meiosis kromosom anak adalah separuh dari kromosom induknya. Penulis menyarankan penggunaan kata *kromosom tubuh* diganti menjadi *kromosom autosom*, *kromosom kelamin* diganti menjadi *kromosom gonosom*.

Peran Guru sebagai Penyeleksi Miskonsepsi.

Guru berperan penting dalam mengatasi miskonsepsi buku ajar. Miskonsepsi ini akan berdampak pada siswa maupun guru. Sebagaimana disampaikan Asmoro, C.P dan Asep, S (2007) bahwa lemahnya penguasaan konsep akan berdampak pada kemampuan memahami konsep selanjutnya. Terjadinya miskonsepsi akan menyebabkan tujuan-tujuan yang seharusnya dicapai akan terhambat dan dikhawatirkan pada ketidakberhasilan pembelajaran dalam mencapai tujuan. Bagaimana langkah yang harus dilakukan

guru agar dapat memberikan informasi yang benar pada siswa? Menurut penulis miskonsepsi pada buku ajar dapat diatasi Pertama, guru hendaknya melakukan analisis isi pembelajaran karena menganalisis isi materi penting untuk menyiapkan rencana pembelajaran di kelas. Kedua, guru menyeleksi buku teks yang akan digunakan dalam pembelajaran. Penulis menganjurkan guru menggunakan buku ajar yang telah dievaluasi untuk membatasi jumlah buku ajar yang bermasalah. Ketiga, guru dapat mendeskripsi miskonsepsi dari buku ajar. Selanjutnya guru dapat berkonsultasi dengan para ahli, para kolega, dan menggunakan buku genetika tingkat akademi/perguruan tinggi untuk mengklarifikasi beberapa kasus miskonsepsi. Keempat, guru perlu mendiskusikan miskonsepsi dengan siswa mereka karena metode ceramah tidak akan menjamin bahwa guru telah menyampaikan miskonsepsi dan membetulkannya secara tepat. Siswa membutuhkan keyakinan mengenai mengapa materi tersebut mengandung miskonsepsi. Selanjutnya guru dapat membantu siswa memaknai miskonsepsi tersebut. Kelima, guru dapat menulis artikel pada jurnal tentang miskonsepsi yang ditemukan. Keenam, guru IPA perlu terampil memfilter miskonsepsi agar siswa menjadi tahu konsep dengan benar. Hal ini dapat ditingkatkan melalui *up date* materi genetika dan mengikuti pelatihan genetika.

SIMPULAN & SARAN

Simpulan

Miskonsepsi pada buku ajar Biologi SMA kelas XII pada materi genetik kromosom, gen dan DNA; replikasi; sintesis polipeptida; pewarisan sifat; dan pembelahan sel. Penyebab miskonsepsi pada buku ajar adalah penyajian informasi genetika masih mengikuti versi sejarah yakni menyajikan materi genetika sesuai urutan waktu penemuannya, materi masih banyak genetika klasik yakni genetika Mendel. Penyajian konsep genetika tidak menghubungkan antar konsep sehingga pemahaman siswa *terfragmentasi*. Penggunaan analogi yang tidak tepat dan kesalahan penggunaan bahasa. Guru perlu melakukan seleksi buku ajar sesuai standar isi materi.

Saran

Perlu dilakukan langkah untuk membenahi miskonsepsi pada buku ajar melalui langkah terintegrasi oleh pemerintah, penulis buku, penerbit buku dan per-

guruan tinggi. Hal ini dapat dilakukan melalui seleksi buku ajar yang dapat memberikan informasi yang benar pada siswa. Perlu penyusunan buku ajar genetika yang memperhatikan hubungan antar konsep, penyajian genetika secara komprehensif. Perguruan tinggi dapat memberikan kontribusi untuk membenahi kesalahan konsep genetika. Perlu meningkatkan pengetahuan guru di bidang genetika melalui *up date* perkembangan genetika maupun pelatihan bidang genetika.

DAFTAR RUJUKAN

- Abimbola, I.O., & Baba. 1996. Misconceptions & Alternative Conceptions in Science Textbooks: The Role of Teachers as Filters. *Journal The American Biology Teacher*, 58(1)14-19.
- Asmoro, P.C dan Asep Sutiadi. 2007. *Applying of Conceptual Change Approach to Increase Understanding Concept Student of Senior High School in Heat Concept*. Disajikan pada International Seminar on Science Education, Science Education Program Graduate School Indonesia University of Education Jakarta, 27 Oktober 2007.
- Ayala, F.J and Kiger, J.A. 1984. *Modern Genetics*. Menlo Park California: The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc.
- Berg, V.d, Euwe. (Ed.). 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi*. Sebuah pengantar berdasarkan lokakarya di Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, 7-10 Agustus 1991.
- Campbell, N.A., Reece, J.B & Mitchell, L.G. 2002. *Biology, Fifth Edition*. California: Adison Wesley Logman Inc.
- Corebima, A.D. 1997. *Penentuan Jenis Kelamin pada Makhluk Hidup*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Corebima. 2009. *Pengalaman Berupaya menjadi Guru Profesional*. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Genetika pada Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang, 30 Juli 2009.
- Corebima. 1997. *Genetika Mendel*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., Snustad, D.P. 1991. *Principles of Genetics*. Eight edition. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc. Alen.
- Gusril. 2008. *Efektifitas Penggunaan Analogi dalam Pembelajaran Konsep Abstrak*. Jurnal Pendidikan FKIP Unsyiah Banda Aceh, (Online), Jilid 5, No 2, (<http://ww.BandaAceh.ac.id>, diakses 10 Maret 2010).

- Heather, M.A. 2003. Conterring Astronomy Misconception in High School Students. *Journal of Geosience Education*. 28 (4) 123-135.
- Ibnu, S. 1989. Kesalahan atas Konsep-Konsep IPA karena Ketidaktepatan Pendekatan yang Digunakan. *Kumpulan Makalah*. Malang: IKIP Malang
- Kaharu, S. 2007. *Exploring the Student Misconception of Electrical Circuit Concept by Certainty of Response Index and Interview*. Disajikan pada International Seminar on Science Education, Science Education Program Graduate School Indonesia University of Education Jakarta, 27 Oktober 2007.
- Odom, Arthur Louis. 1995. Secondary & College Biology Students Misconceptions about Diffusion & Osmosis. *Journal The American Biology Teacher* ,57(7)409-415.
- Suparno, Paul. 1997. *Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Venville & Treagust, 2002. Teaching about the Gene in the Genetic Information Age. *Australian Science Teachers Journal*. Juni 2002.
- Tundungi, W. 2009. *Miskonsepsi siswa SMA pada Mata Pelajaran Biologi dan Faktor-faktor Penyebabnya*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: Program Studi Psikologi Pendidikan Pascasarjana Universitas Negeri Malang.