

**LAPORAN PENELITIAN
PENELITIAN FUNDAMENTAL**



**KAJIAN MISKONSEPSI GENETIKA
YANG DITEMUKAN PADA BAHAN AJAR BIOLOGI SMA
DAN PERBAIKAN KESALAHAN KONSEP GENETIKA**

**TIM PENELITI
DR. ELYA NUSANTARI, M.Pd
0017097206
DRA. ARYATI ABDUL, M.Kes
0015045912**

**UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
NOVEMBER 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : **Kajian Miskonsepsi Genetika yang Ditemukan pada Bahan Ajar Biologi SMA dan Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika yang Benar**

Peneliti/Pelaksana :
Nama Lengkap : Dr. Elya Nusantari, M.Pd
NIDN : 0017097206
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
Program Studi : Pendidikan Biologi
Nomor HP : 085233341975
Alamat Surel (email) : elya.nusantari09@yahoo.co.id

Anggota :
Nama Lengkap : Dra. Aryati Abdjul, M.Kes
NIDN : 0015045912
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Gorontalo
Penanggung Jawab : Ketua Lembaga Penelitian UNG
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 50.000.000,-
Biaya Keseluruhan : Rp 100.000.000,-

Gorontalo, 4 Nopember 2013

Megetahui:
Dekan FMIPA,

Prof. Dr. Evi Hulukati, M.Pd
NIP 19600530 198603 2001

Ketua Peneliti,

Dr. Elya Nusantari, M.Pd
NIP 19720917 199903 2001

Menyetujui:

Ketua Lemlit UNG,

Dr. Fitriane Lihawa, M.Si
NIP 19691209 199303 2001

RINGKASAN

Elya Nusantari dan Aryati Abdjul. 2013. Kajian Miskonsepsi Genetika yang Ditemukan pada Bahan Ajar Biologi SMA dan Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika.

Kata Kunci: miskonsep, genetika, bahan ajar, perbaikan konsep

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap miskonsepsi genetika pada bahan ajar biologi yang digunakan oleh siswa SMA. Tujuan jangka panjang adalah memberikan dasar teori genetika yang benar atau bebas miskonsepsi agar tidak terjadi destruksi pengetahuan pada jenjang selanjutnya. Permasalahan penelitian tahun pertama adalah Bagaimana miskonsepsi genetika yang ditemukan pada bahan ajar biologi di SMA, apa faktor penyebab miskonsepsi genetika dan bagaimana perbaikan konsep genetika yang benar. Metodologi penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif untuk mendeskripsikan dengan teliti kesalahan konsep genetika yang ditemukan pada bahan ajar biologi SMA. Sumber data adalah 15 buku ajar biologi yang digunakan oleh siswa SMA kelas XII. Prosedur penelitian mengikuti prosedur penelitian menurut Abimbola & Baba (1996). Analisis dilakukan dengan analisis interaktif. Keabsahan data melalui triangulasi data kepada guru dan melalui seminar pendidikan. Berdasarkan 1 Standart Kompetensi genetika yang dijabarkan dalam 5 Kompetensi Dasar tentang konsep genetika, maka dilakukan pengelompokan konsep genetika meliputi 7 kelompok konsep yakni arti dan ruang lingkup genetika; materi genetik: gen, DNA, dan kromosom; hubungan gen, DNA-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Penentuan jenis kelamin; Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; dan Mutasi.

Penelitian menunjukkan bahwa miskonsep genetika ditemukan pada 5 kompetensi dasar atau 7 kelompok konsep genetika tersebut. Miskonsep genetika pada buku ajar ditemukan pada seluruh kompetensi dasar (5 kompetensi dasar) yang terdiri dari 7 konsep genetika. Penyebab miskonsep adalah penyajian materi genetika masih klasik atau genetika Mendel, pendekatan konsep yang tidak representative (tingkat biokimiawi dan molekuler), penggunaan analogi yang kurang tepat, penggunaan istilah yang tidak tepat, pemilihan kata atau kalimat yang salah, hasil pemikiran atau hasil analisis penulis sendiri tanpa dukungan referensi.

Saran agar tidak terjadi miskonsepsi genetika pada buku ajar, yang perlu diperhatikan adalah pentingnya penyajian genetika molekuler, pentingnya penggunaan analogi yang tepat, perlu penggantian istilah genetika yang lebih tepat agar tidak terjadi arti yang bias (ambigu), pentingnya penggunaan kata atau kalimat yang benar sebagai refleksi dari pemahaman yang benar, dan menghindari hasil berpikir yang tidak didasari oleh rujukan. Pemerintah harus segera melakukan tindakan nyata mengatasi miskonsepsi yang terjadi melalui seleksi penilaian buku yang layak edar, memperluas kesempatan menyusun buku melalui hibah, penyusun buku harus terdiri dari tim penulis yang kompeten dibidangnya, penulis buku harus senantiasa meng *update* ilmunya melalui seminar/workshop.

KATA PENGANTAR

Syukur *alhamdulillah* penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, taufik, dan hidayah-Nya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian hibah fundamental ini yang berjudul “Kajian Miskonsepsi Genetika Yang Ditemukan pada Bahan Ajar Biologi SMA dan Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika”.

Penelitian hibah fundamental ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dana, motivasi, saran, komentar, kritik, bimbingan, dan inspirasi dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga Allah Swt. memberikan pahala bagi setiap kebaikan.

Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada:

1. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Gorontalo yang telah memberikan tugas dan memfasilitasi dana hibah penelitian fundamental demi terlaksananya penelitian ini. Berkat dana hibah tersebut penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
2. Pakar genetika Prof. Dr. A.D Corebima, M.Pd yang berkenan sebagai validator data miskonsep buku ajar. Beliau juga berkenan hadir di Universitas Negeri Gorontalo dalam rangkaian kegiatan Seminar Nasional sebagai *keynote speaker* dalam tema kegiatan *Solusi Pembelajaran Biologi dan IPA* sehingga sekaligus beliau dapat membenahi kesalahan konsep pada guru dan siswa pada kegiatan triangulasi data penelitian. Kehadiran beliau membuka kesadaran para guru dan siswa terkait masalah miskonsepsi dalam pembelajaran genetika. Sehingga pelaksanaan kegiatan triangulasi data dapat terlaksana dengan baik berkat bantuan beliau.
3. Para guru di SMA Negeri di Kota/Kabupaten Gorontalo yang telah bersedia menjadi informan penelitian dalam kegiatan triangulasi data. Khusus para guru di SMA 1 Bongomeme, SMA Negeri 1 Biluhu dan SMA Muhammadiyah Batudaa dalam kegiatan triangulasi data yakni melihat dampak miskonsepsi

terhadap kemampuan memecahkan soal genetika. Sehingga data diperoleh menjadi lengkap.

4. Semua pihak yang telah membantu dan berpartisipasi aktif dalam penyelesaian penelitian hibah disertasi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga laporan hibah fundamental ini dapat memberikan manfaat bagi upaya memecahkan masalah miskonsepsi dalam pembelajaran genetika. Penulis berharap dapat menindaklanjuti hasil penelitian ini untuk memecahkan masalah masalah miskonsep pada buku ajar dengan menyusun buku yang bebas miskonsep di SMA. Teriring doa semoga amal baik kita menjadi bagian dari ibadah kepada Allah SWT. Amin...

Gorontalo, November 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB. I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Permasalahan	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Urgensi Penelitian	4
E. Temuan yang Ditargetkan	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Miskonsepsi	7
B. Faktor Penyebab Miskonsepsi	8
C. Penelitian Terkait Miskonsepsi	10
D. Pengembangan Struktur Bahan Ajar Genetika Berpendekatan Konsep	11
E. Didactical Design Research (DDR)	12
F. Studi Pendahuluan yang Telah Dilaksanakan dan Hasil yang Sudah Dicapai	13
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
A. Tujuan Penelitian	16
B. Manfaat Penelitian	17
BAB IV. METODE PENELITIAN	
A. Pendekatan dan Jenis Penelitian	18
B. Kehadiran Peneliti	18
C. Tempat Penelitian dan Sumber Data Penelitian	18
D. Prosedur Penelitian	19
E. Analisis Data	20
F. Pengecekan Keabsahan Data	20
G. Luaran Penelitian	21
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Kegiatan yang Telah Dilaksanakan.....	23
B. Analisis Kesalahan Struktur Didaktik (Miskonsep) Bahan Ajar Konsep Genetika di SMA	34
C. Deskripsi Kesalahan (Miskonsep) Genetika pada Buku Ajar SMA ...	38
D. Kegiatan Triangulasi Data dengan Guru Biologi	100
E. Desiminasi Hasil Penelitian melalui Seminar Nasional	

dan Seminar Internasional	109
F. Miskonsep Genetika yang Ditemukan pada Buku Ajar SMA	112
G. Penyebab Miskonsep Genetika pada Buku SMA Kelas XII	113
H. Dampak Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks	121
I. Penyebab Kesalahan Proses Berpikir tentang Konsep Genetika adalah Tidak Memperhatikan Hubungan di antara Konsep Genetika	124
J. Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks SMA melalui Reorganisasi Penyajian Isi Materi Genetik	125
K. Temuan Penting Penelitian	128
 BAB VI RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	
A. Penyusunan Buku Genetika yang Bebas Miskonsepsi.....	130
B. Model Pengembangan Buku Suplemen Genetika	132
C. Luaran dan Indikator yang Terukur	134
 BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	135
B. Saran.....	136
 DAFTAR PUSTAKA.....	 139
 LAMPIRAN-LAMPIRAN	
Personalia Peneliti dan Kualifikasi.....	142
Instrumen Diagnosis Miskonsepsi.....	150
Soal-soal Genetika yang diujikan kepada guru.....	152
Foto Buku yang Dianalisis.....	156
Foto Kegiatan Triangulasi.....	158
Foto Peneliti sebagai Pemakalah pada Kegiatan Seminar Nasional.....	164
Foto Peneliti sebagai Pemakalah pada Seminar Internasional.....	170
Artikel	174

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Materi genetika merupakan bagian materi yang diberikan di jenjang SMA. Pada jenjang SMA materi genetika sesuai Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan meliputi materi genetik Gen, DNA dan kromosom; replikasi, sintesis protein; reproduksi sel (mitosis dan meiosis), pewarisan sifat dan mutasi.

Materi genetika dirasakan sulit oleh sebagian besar siswa karena materi ini bersifat abstrak dan jauh dari kehidupan sehari-hari. Siswa menganggap pembelajaran genetika melelahkan dan membosankan. Siswa tidak mampu mengkonstruksi genetika secara utuh serta siswa tidak mampu menghubungkan antar konsep genetika. Hal ini menyebabkan miskonsepsi (Venville, 2002).

Salah satu penyebab kesulitan belajar adalah perencanaan pembelajaran berupa buku ajar yang tidak cukup memberikan informasi terkait materi yang tidak dapat memahami siswa. Venville (2002) dan Corebima (2009) menyatakan miskonsepsi dari buku ajar genetika disebabkan cara penyajian materi genetika yang terpisah-pisah karena (berdasarkan urutan waktu penemuannya/ versi sejarah), tidak ada hubungan antar konsep genetika, terdapat konsep yang tidak sesuai, penjelasan yang tidak teliti, banyak konsep yang dalam tingkat superfisial tanpa penjelasan yang mendalam dan berisi materi kontroversial dan penyajian materi genetika konvensional (genetika klasik). Sehingga siswa tidak memiliki pemahaman yang tepat terhadap konsep-konsep genetika yang dipelajarinya. Hal

ini dapat berakibat pada pemahaman yang salah tentang konsep genetika atau terjadi miskonsepsi pada materi genetika.

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 teksbook. 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 teksbook dengan kriteria tertentu, konten/isi spesifik biologi, readability atau kemampuan menyesuaikan dan miskonsepsi (Abimbola & Baba, 1996).

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 diberikan. 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.

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. Dengan

demikian penelitian dilakukan pada tahun ke I untuk mengungkap miskonsepsi materi genetika, mengungkap faktor penyebab miskonsepsi dan memperbaiki kesalahan pada buku ajar. Selanjutnya penelitian tahun ke II dilakukan untuk menyusun buku suplemen materi genetika SMA dengan mengubah struktur didaktik buku ajar genetika dari pendekatan sejarah ke berpendekatan konsep.

Penelitian tahun ke II tidak menyusun buku ajar biologi selengkapnya karena sesuai Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SMA Kelas XII ada 5 Standart Kompetensi (SK) dan 16 Kompetensi Dasar (KD). Konsep genetika ada pada 1 standart kompetensi (SK) yakni memahami penerapan konsep dasar dan prinsip-prinsip hereditas serta implikasinya pada salingtemas. Standart kompetensi tersebut dijabarkan dalam 5 kompetensi dasar (KD). Sehingga penelitian tahun ke II difokuskan pada penyusunan materi genetika yang benar atau bebas miskonsepsi dalam bentuk buku suplemen yang dapat digunakan oleh guru dan siswa SMA.

B. Permasalahan

1. Bagaimana miskonsepsi materi genetika yang ditemukan pada buku ajar biologi di SMA?
2. Apa faktor penyebab miskonsepsi materi genetika yang ditemukan pada buku ajar biologi SMA?
3. Bagaimana perbaikan kesalahan konsep genetika pada buku ajar biologi SMA?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengungkap miskonsepsi materi genetika pada buku ajar biologi di SMA.
2. Mengungkap faktor penyebab miskonsepsi materi genetika pada buku ajar biologi di SMA
3. Memperbaiki kesalahan konsep genetika yang ditemukan pada buku biologi SMA.

D. Urgensi Penelitian

Konsep genetika saat ini berbeda dengan konsep genetika yang dipahami sebelumnya. Pemahaman lama, genetika sangat terkait dengan penurunan sifat. Perkembangan selanjutnya genetika adalah ilmu yang mempelajari gen dan ekspresinya. Pengertian baru genetika adalah ilmu tentang materi genetika yang terkait strukturnya, reproduksinya, ekspresinya, perubahannya, keberadaannya dalam populasi, serta perekayasaannya (Corebima, 2009).

Genetika mengalami perkembangan pesat sejak ditemukan kromosom dan gen. Era ke depan disebut sebagai era genetika, karena banyak aspek kehidupan memerlukan informasi di tingkat genetik. Banyak persoalan dapat terpecahkan dengan menggunakan DNA. Perkembangan genetika dari genetika klasik ke genetika molekuler memerlukan proses berpikir tinggi karena adanya hubungan di antara konsep-konsep genetika dan adanya perubahan konsep genetika sesuai temuan terkini.

Perkembangan genetika yang sangat pesat memerlukan sumber daya manusia yang handal di bidang genetika agar dapat menghasilkan temuan

penelitian yang dapat membantu meningkatkan kesejahteraan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya. Bagaimana menghasilkan sumber daya handal dilakukan melalui pembelajaran genetika yang berkualitas di semua jenjang pendidikan. Perlu diperkuat pemahaman siswa agar tidak terjadi miskonsepsi genetika agar dapat mempersiapkan generasi handal di bidang genetika.

Miskonsepsi genetika merupakan akibat kesulitan siswa selama proses pembelajaran genetika. Jika hal ini terjadi terus menerus menyebabkan siswa kurang berhasil menerapkan konsep-konsep genetika pada situasi baru yang cocok dan akhirnya siswa gagal mempelajari konsep-konsep genetika. Miskonsepsi yang terjadi secara terus menerus akan mempengaruhi proses belajar siswa, sebab pemahaman yang salah sulit dilupakan. Miskonsepsi pada konsep awal menyebabkan efek destruktif terhadap kemampuan proses akademik selanjutnya. Di Indonesia, miskonsepsi tentang sains yang terjadi di kalangan siswa mulai menjadi isu yang sangat kuat dalam pembelajaran sains termasuk didalamnya genetika.

Penelitian ini penting dilakukan terkait dengan penggalian informasi miskonsepsi (kesalahan konsep) genetika yang ada pada buku ajar biologi SMA. Hasil penelitian tahun ke I yang akan diperoleh meliputi data miskonsepsi (kesalahan konsep) materi genetika pada buku ajar biologi di SMA, faktor penyebab miskonsepsi materi genetika pada buku ajar biologi di SMA dan upaya perbaikan kesalahan konsep genetika berdasarkan informasi data kesalahan konsep genetika yang ditemukan pada buku biologi SMA. Data yang diperoleh penting sebagai dasar informasi bagi penelitian tahun ke II yakni bagaimana menyusun buku

suplemen materi genetika yang memberikan informasi konsep genetika yang benar atau bebas miskonsepsi.

E. Temuan yang Ditargetkan

Penelitian ini ditargetkan dapat menemukan kesalahan konsep (miskonsepsi) materi genetika, menemukan faktor penyebab kesalahan konsep pada buku ajar biologi SMA dan memperbaiki semua kesalahan konsep genetika yang ditemukan pada buku ajar berdasarkan rujukan genetika yang valid.

BAB II.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Miskonsepsi

Miskonsepsi didefinisikan oleh beberapa ahli. Novak (dalam Afifuddin, 2009) mendefinisikan miskonsepsi sebagai suatu interpretasi konsep-konsep dalam suatu pernyataan yang tidak dapat diterima. Suparno (1998:95) memandang 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. Berdasarkan pengertian tersebut maka miskonsepsi dapat diartikan sebagai suatu konsepsi yang tidak sesuai dengan pengertian ilmiah atau pengertian yang diterima oleh para ilmuwan. Miskonsepsi didefinisikan sebagai konsepsi siswa yang tidak cocok dengan konsepsi para ilmuwan, hanya dapat diterima dalam kasus-kasus tertentu dan tidak berlaku untuk kasus-kasus lainnya serta tidak dapat digeneralisasi. Konsepsi tersebut 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.

Menurut Helm (dalam Ibnu, 1989) seseorang dikatakan mengalami miskonsepsi jika pemahaman siswa berbeda dengan pemahaman yang dimaksud oleh buku acuan atau masyarakat ilmiah. Berg (1991) menyebutkan bahwa miskonsepsi adalah konsepsi siswa yang berbeda dengan konsepsi ilmu pengetahuan.

Miskonsepsi adalah pemahaman naif yang begitu mendarah daging sehingga pengajaran tradisional tidak sanggup mengoreksinya. Miskonsepsi disebut juga gagasan yang telah terbentuk, keyakinan non ilmiah, teori-teori naif, konsepsi atau kesalahpahaman konseptual (Heather, 2003).

B. Faktor Penyebab Miskonsepsi

Berdasarkan pendapat para ahli miskonsepsi dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang dimaksudkan antara lain hasil interaksi siswa dengan guru atau dengan buku-buku pelajaran.

Sering terjadi siswa mendapatkan penjelasan yang tidak benar atas suatu masalah atau peristiwa. Hal ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan pemberi informasi (termasuk guru) untuk menjelaskan masalah yang bersangkutan, sehingga mencari jalan termudah atau karena suatu kesengajaan (Ibnu, 1989); Siswa tidak dapat mengaitkan antara konsep yang satu dengan yang lain, sehingga mengakibatkan proposisi yang salah (Dahar, 1989); guru dalam mengajar tidak memperhatikan gagasan anak sebelum mengikuti pelajaran (Gardner, 1991); Penggunaan alat peraga yang tidak mewakili konsep asli yang akan diukur (Ibnu, 1989); Gagasan-gagasan yang muncul dari pikiran siswa yang bersifat pribadi dan jika pengajar tidak berupaya untuk melihat gagasan yang dimiliki anak sebelum mengenalkan konsep, maka akan berakibat terjadinya miskonsepsi (Berg, 1991); Pemakaian bahasa, interaksi dengan teman sebaya, perasaan sendiri, dan media massa (Duit, 1996) yang berupa *tacit sense* (Kang & Byun, 2001;

Trentin, 2001). Bahasa sebagai sumber prekonsepsi pertama sangat potensial mempengaruhi miskonsepsi, karena bahasa mengandung banyak penafsiran.

Sumber miskonsepsi kedua, berasal dari interaksi dengan anggota keluarga, teman dewasa lain (guru), dan kelompok sebaya. Interaksi yang telah ditunjukkan tersebut membangkitkan bentuk-bentuk khusus *everyday physics* yang secara mutlak kontradiktif terhadap prinsip utama physics yang benar (Duit, 1996).

Sumber ketiga adalah massmedia dalam bentuk *tacit knowledge* (baik yang berdimensi teknik maupun yang berdimensi kognitif), instruktur berupa *tacit sense* (Kang & Byun, 2001; Trentin, 2001), dan dari desain pembelajaran yang sering mencoba mereduksi konsep-konsep yang bersifat majemuk menjadi konsep tunggal (Bishop *et al*, 2001).

Sumber miskonsepsi keempat berasal dari perasaan sendiri. Sebagai akibat pengaruh tindakan fisik dalam kehidupan sehari-hari dapat membentuk perasaan *misunderstanding*, misalkan merasa panas, gerak, gaya, dan pandangan lainnya yang bertentangan dengan konsepsi ilmiah.

Perkins dan Simmons (dalam Duit, 1996) menyatakan bahwa pembelajaran konvensional sering menyulitkan proses belajar untuk pemahaman yang akhirnya bermuara pada miskonsepsi. Fenomena ini sering muncul pada mata pelajaran fisika, matematika, kimia, biologi, bahasa, dan IPS.

C. Penelitian Terkait Miskonsepsi

Penelitian oleh Prescott, A. & Mitchelmore (2009) tentang *The Impact of Teacher Misconceptions about Projectile Motion on Student Learning*. Mustami, K (2009) tentang Pengaruh Synectics Dipadu Mind Maps terhadap Kemampuan Berpikir Kreatif, Sikap Kreatif, dan Penguasaan Materi Biologi. Shaw *et al* (2008) telah mengungkap miskonsepsi pada siswa SMA melalui perlombaan esai untuk mengungkap miskonsepsi isi materi genetika. Tundungi (2008) melakukan penelitian mengungkap miskonsepsi pada siswa SMA di Kota Palu Sulawesi Tengah. Adisendjaja, Y.H. dan Romlah O. (2007) tentang Identifikasi Kesalahan dan Miskonsepsi Buku Teks Biologi SMU. Treagust, D. 2005 tentang Conceptual change: A discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education 1. Penelitian tahun 2004 oleh Azizogou, N & Geban, O bertujuan untuk mengetahui prekonsepsi atau prasangka siswa kelas X dan miskonsepsi atau kesalahpahaman tentang konsep gas. Penelitian Abimbola (1997) melalui analisis buku STAN Biologi (22 bab) menemukan miskonsepsi sebanyak 115 miskonsepsi. Abimbola & Baba (1996) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi miskonsepsi yang di ada di buku teks IPA . Hasil penelitian Zuckerman (1993) mengidentifikasi 12 konsep osmosis. Odom & Settlage (1995) melakukan penelitian yang sama ditemukan 8 miskonsepsi pada konsep difusi dan osmosis. Sumampouw, H. (1993) melakukan Studi tentang Pemahaman dan Kesalahan konsep Biologi Sel Siswa dan Guru SMA Negeri se-Kabupaten Minahasa. Abraham, M., R. Grzybowski, E. B., Renner, J.W., and Marck, E.A. (1992) tentang Understanding and Misunderstanding of Eight Graders of Five

Chemistry Concepts Found in Textbooks. Cho, H. H. (1985) tentang An investigations of High School Biology Textbooks as Sources of Misconceptions and Difficulties in Genetics and some Suggestions for Teaching Genetics.

D. Pengembangan Struktur Bahan Ajar Genetika Berpendekatan Konsep

Proses berpikir guru dalam konteks pembelajaran terjadi pada tiga fase yaitu sebelum pembelajaran, pada saat pembelajaran berlangsung dan setelah pembelajaran. Kecenderungan berpikir sebelum pembelajaran berorientasi pada penjabaran tujuan berdampak pada proses penyiapan RPP dan bahan ajar. Rencana pembelajaran biasanya kurang mempertimbangkan keragaman respon siswa atas situasi didaktis yang dikembangkan sehingga rangkaian situasi didaktis yang dikembangkan kemungkinan besar tidak sesuai dengan keragaman lintasan belajar (*learning trajectory*) masing-masing siswa.

Penyiapan bahan ajar umumnya hanya didasarkan pada model sajian yang tersedia dalam buku-buku acuan tanpa proses rekontekstualisasi dan repersonalisasi. Dengan demikian alternative situasi didaktis dan pedagogis yang ditawarkan untuk perbaikan belum tentu merupakan kebutuhan siswa. Suryadi (2010) menyatakan bahwa bahan ajar sebaiknya disusun dengan memperhatikan hubungan diantara konsep agar bermakna bagi pemahaman siswa. Hubungan antara konsep ini akan dapat mengefektifkan materi sehingga kurikulum tidak terlalu luas cakupannya. Sehingga dalam menyusun bahan ajar perlu dilakukan proses repersonalisasi yakni keterkaitan antar konsep. Manakah konsep-konsep yang dapat didekatkan dan konsep yang tidak sesuai atau terlalu jauh dapat

dihilangkan. Hal ini akan bermanfaat pada keefektifan materi sehingga kurikulum tidak terlalu luas.

Corebima (2009) menyatakan tentang pembelajaran genetika berpendekatan konsep adalah konsep-konsep genetika yang menjadi materi ajar muncul setelah seluruh informasi di bidang genetika yang terkumpul sejak periode Mendel hingga ke periode masa kini dikelompokkan. Hasil pengelompokan seluruh informasi dari awal mula tumbuhnya ilmu ini hingga periode terakhir saat ini, menjadi konsep-konsep materi ajar genetika tanpa memperhitungkan waktu kemunculannya atau tanpa memperhatikan sejarah kemunculannya. Jadi Konsep genetika berorientasi sejarah tidak digunakan lagi. Informasi genetika yang ada disajikan secara utuh, tidak terfragmentasi seperti yang disajikan pada teksbook, bahan ajar ataupun buku teks yang selama ini telah beredar.

E. Didactical Design Research (DDR)

Proses pengembangan situasi didaktis, analisis situasi belajar yang terjadi sebagai respon atas situasi didaktis yang dikembangkan, serta keputusan-keputusan yang diambil guru selama pembelajaran tidaklah sederhana. Agar proses tersebut dapat mendorong terjadinya situasi belajar yang lebih optimal, diperlukan upaya maksimal sebelum pembelajaran. Upaya itu digambarkan sebagai Antisipasi Didaktik dan Pedagogis (ADP) yang merupakan sintesis hasil pemikiran guru berdasarkan berbagai kemungkinan yang diprediksi akan terjadi pada peristiwa pembelajaran.

Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan guru dalam mengembangkan ADP adalah *Learning obstacle* atau karakteristik kesulitan siswa. Menurut Duroux (dalam Brouseau, 1997) kesulitan siswa bisa bersifat epistemologis (*epistemological obstacle*), *ontogenical obstacle* atau *directical obstacle*. Epistemological obstacle adalah pengetahuan seseorang yang hanya terbatas pada konteks tertentu. Jika seseorang tersebut dihadapkan pada konteks berbeda, maka pengetahuan yang dimiliki tidak bisa digunakan atau mengalami kesulitan menggunakannya. Suryadi (2010) menyampaikan bahwa *ontogenical obstacle* adalah kesulitan yang dihadapi siswa karena aspek kesiapan siswa dari sisi kemampuan berpikir (konkrit ke abstrak). *Directical obstacle* adalah kesulitan siswa karena struktur didaktik yang salah (struktur sajian bahan ajar yang memberikan informasi yang salah).

Proses berpikir yang dilakukan guru pada tiga fase dan hasil analisis dari proses tersebut menghasilkan disain didaktis inovatif, maka ketiga proses tersebut dapat diformulasikan sebagai rangkaian langkah untuk menghasilkan suatu didaktis baru. Rangkaian aktivitas ini disebut sebagai Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research* (DDR).

F. Studi Pendahuluan yang Telah Dilaksanakan dan Hasil yang Sudah Dicapai.

Studi pendahuluan terkait penelitian ini telah dilakukan peneliti melalui keikutsertaan dalam seminar nasional dengan tujuan menjaring pendapat dari pakar dan praktisi (guru) mengenai problematika pembelajaran genetika di sekolah dan perguruan tinggi. Berdasarkan pikiran banding dari para ahli dan

praktisi pendidikan diperoleh banyak masukan terkait dengan miskonsepsi pada materi genetika (Nusantari, 2010). Hasil studi pendahuluan yang pertama adalah peserta seminar nasional sangat mendukung upaya penelitian miskonsepsi genetika karena genetika menjadi dasar bagi ilmu lainnya. Miskonsepsi pada genetika mempengaruhi miskonsepsi pada mata pelajaran yang lain dan berpengaruh saat siswa berada di jenjang yang lebih tinggi di perkuliahan diantaranya biologi sel, biokimia, biologi reproduksi, teknik analisis biologi molekuler. Bila pemahaman genetika siswa benar maka pemahaman genetika selanjutnya akan banyak terbantu. Para guru juga menyampaikan bahwa materi genetika adalah materi yang sulit dan abstrak. Banyak konsep yang sulit dipahami guru maupun siswa misalnya replikasi, transkripsi translasi, pewarisan Mendel dengan banyak ragam pola pewarisannya dan sebagainya. Banyak proses genetika yang tidak dimengerti guru, karena proses genetika saat ini telah berkembang pada genetika molekuler (Nusantari, 2010)

Hasil wawancara dengan guru di sekolah menengah menyatakan bahwa kesalahan konsep genetika diawali dari kesalahan materi genetika yang ada di buku teks yang beredar di pasaran. Para guru yang telah mengikuti program S2 maupun pelatihan materi genetika menyatakan bahwa mereka telah memahami kesalahan konsep genetika namun tidak dapat mengubah konsepsi siswa karena konsep yang salah tersebut ada pada buku dan menjadi dasar belajar bagi siswa dan soal-soal tes yang dibuat juga terlanjur dengan konsep yang salah. Hal ini perlu mendapatkan perhatian bersama baik dari diknas setempat, departemen

pendidikan dan kebudayaan nasional dan perguruan tinggi agar segera membenahi kesalahan konsep genetika yang ada pada buku teks.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

1. Mengungkap miskonsep materi genetika pada buku ajar biologi di SMA. Miskonsep yang ditemukan pada buku ajar diuraikan secara detail dan lengkap dengan mengutip kata atau kalimat yang ada pada buku ajar tersebut.
2. Mengungkap faktor penyebab miskonsepsi materi genetika pada buku ajar biologi di SMA. Faktor penyebab miskonsep dapat disebabkan oleh berbagai hal. Faktor penyebab miskonsep diuraikan dan disajikan contoh kesalahan konsepnya. Faktor penyebab kesalahan konsep adalah penyajian konsep genetika yang masih klasik Mendel, konsep disajikan tidak berpendekatan molekuler, kesalahan penulis atau miskonsepsi penulis, konsep yang tidak ditunjang referensi, penggunaan analogi yang tidak tepat,
 - a. Memperbaiki kesalahan konsep genetika yang ditemukan pada buku biologi SMA. Hal ini dilakukan dengan ditunjang rujukan genetika terpercaya. Setiap kesalahan konsep diperbaiki dengan merujuk pada ahli genetika.
 - b. Mengungkap dampak miskonsep pada buku terhadap pemahaman guru pada konsep genetika dan kemampuan menyelesaikan soal genetika. Hal ini dilaksanakan dalam suatu kegiatan forum guru yang dilakukan melalui kegiatan diskusi bersama untuk mempersiapkan rencana pembelajaran khususnya berdiskusi bagaimana menyajikan materi atau konsep yang benar, menyajikan pembelajaran yang dapat dipahami dengan baik oleh siswa sehingga guru menyajikan konsep-konsep secara berurutan dan menjadi

kesatuan utuh yang dapat dimengerti dengan mudah oleh siswa.

B. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat bermanfaat bagi guru dan siswa karena penelitian ini akan memberikan informasi penting dalam mengungkap miskonsep genetika yang ditemukan pada buku ajar Biologi kelas XII. Berdasarkan informasi kesalahan konsep pada buku dapat diungkap factor penyebab kesalahan dan dampaknya bagi guru maupun siswa. Karena biasanya guru dan siswa menggunakan sumber yang sama yakni buku siswa. Oleh sebab itu kesalahan konsep pada buku ajar harus segera diperbaiki untuk menghindari kesalahan konsep di jenjang yang lebih tinggi karena miskonsepsi dapat berakibat destruktif bagi ilmu pengetahuan.

Berdasarkan informasi miskonsepsi ini maka penting segera dilakukan proses pemecahan masalah miskonsepsi. Hal ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yakni melalui penyajian bahan ajar yang bebas miskonsep yang dapat mendukung pemahaman yang benar tentang genetika. Pemecahan masalah juga dapat dilakukan melalui perbaikan proses pembelajaran dengan strategi pembelajaran yang tepat. Hasil penelitian ini akan ditindaklanjuti dengan melakukan perubahan bahan ajar khusus konsep genetika dari pendekatan sejarah ke bahan ajar berpendekatan konsep dengan menyajikan materi genetika yang menghubungkan antar konsep genetika sehingga materi genetika disajikan menjadi materi yang utuh.

BAB IV

METODE PENELITIAN

A. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Pendekatan penelitian merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Teknik pengambilan data adalah analisis dokumenter atau analisis isi atau content Analysis (Furchan, A. 1982). Pendekatan penelitian ini dipilih untuk mengungkap atau mendeskripsikan kesalahan konsep/miskonsep bahan ajar SMA kelas XII materi genetika yang digunakan di Sekolah Menengah Atas di wilayah Indonesia.

B. Kehadiran Peneliti

Peneliti bertindak sebagai instrument sekaligus pengumpul data. Peneliti menelusuri bahan ajar SMA Kelas XII yang digunakan siswa di wilayah Provinsi Gorontalo. Peneliti menganalisis miskonsepsi pada bahan ajar materi genetika tersebut. Peneliti adalah partisipan penuh yang melakukan penelitian ini. Hasil analisis miskonsep pada buku teks kemudian divalidasi oleh ahli atau pakar genetika dari Universitas negeri Malang.

C. Tempat Penelitian dan Sumber Data Penelitian

Penelitian dilakukan di Gorontalo. Sumber data berupa dokumen yakni bahan ajar yang digunakan di sekolah-sekolah yakni buku teks SMA Kelas XII materi genetika yang digunakan di sekolah wilayah Provinsi Gorontalo. Buku teks SMA Kelas XII yang dianalisis adalah buku SMA Kelas XII (khusus materi genetika) oleh penerbit nasional tahun terbit 2007-2010. Hal ini sesuai ketentuan

Permendiknas Nomor 1 Tanggal 4 Januari 2011 Tahun 2011 tentang ketentuan buku teks yang digunakan di sekolah minimal 5 tahun terakhir. Penelitian ini telah menganalisis kesalahan konsep pada 15 buku Biologi SMA kelas XII.

D. Prosedur Penelitian

1. Mengumpulkan sumber data berupa buku teks SMA kelas XII yang digunakan oleh siswa.
2. Melakukan telaah buku teks SMA Kelas XII dengan mengikuti langkah penelitian menurut Abimbola & Baba (1996) sebagai berikut.
 - a. Mengidentifikasi miskonsepsi dan menguji buku itu halaman demi halaman dan bab demi bab untuk menemukan miskonsep. Miskonsep meliputi kesalahan konsep dan kesalahpahaman konsep genetika.
 - b. Mentabulasikan konsepsi yang teridentifikasi miskonsep.
 - c. Memvalidasi miskonsep yang teridentifikasi pada buku ajar oleh pakar genetika dari universitas Negeri Malang Prof Dr. A.D Corebima, M.Pd
Peneliti meminta validator untuk mengevaluasi kebenaran atau keberterimaan tentang konsepsi-konsepsi yang teridentifikasi sebagai miskonsep. Jadi pakar genetika tidak lagi menguji bahan ajar yang sudah diidentifikasi peneliti. Berdasar hasil validasi, maka peneliti dapat menghilangkan beberapa item dari daftar identifikasi miskonsep.

E. Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui model analisis interaktif atau proses yang berbentuk siklus (Sutopo, 2002). Pada waktu pengumpulan data, peneliti akan selalu membuat reduksi data dan sajian data. Reduksi dan sajian data disusun pada waktu peneliti sudah mendapatkan unit data yang diperlukan dalam penelitian. Sesudah pengumpulan data berakhir, peneliti dapat melakukan usaha menarik kesimpulan dan verifikasi berdasarkan semua hal yang terdapat dalam reduksi maupun sajian data. Peneliti bergerak diantara 3 komponen analisis dengan menggunakan waktu yang tersisa dari penelitiannya. Apabila data belum mantap maka peneliti melakukan pendalaman data. Artinya, peneliti melakukan kembali kegiatan pengumpulan data yang sudah terfokus untuk mencari pendukung simpulan yang ada untuk menjamin mantapnya hasil akhir penelitian sehingga analisis data berlangsung dalam bentuk siklus.

Hasil pengumpulan data miskonsep dari sumber data bahan ajar selanjutnya disusun berupa pokok-pokok temuan penting sesuai pokok materi atau tema dan disajikan miskonsepnya secara lengkap dari tiap bahan ajar yang dianalisis dan diakumulasi dalam tabel. Data miskonsep yang ditemukan dideskripsikan secara lengkap.

F. Pengecekan Keabsahan Data

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi peneliti yakni hasil analisis peneliti terhadap miskonsepsi materi genetika dicek kembali atau diuji kembali dengan melibatkan pakar genetika untuk menilai miskonsepsi yang telah

diidentifikasi. Penilaian kritis dari pakar terhadap data miskonsepsi dari peneliti menjadikan data miskonsepsi menjadi valid. Triangulasi juga dilakukan melalui diskusi dan wawancara kepada guru di sekolah, dan seminar ilmiah nasional dan internasional untuk menyampaikan hasil penelitian dengan maksud membahas laporan sementara hasil penelitian dan meminta masukan dari para praktisi pendidikan (guru).

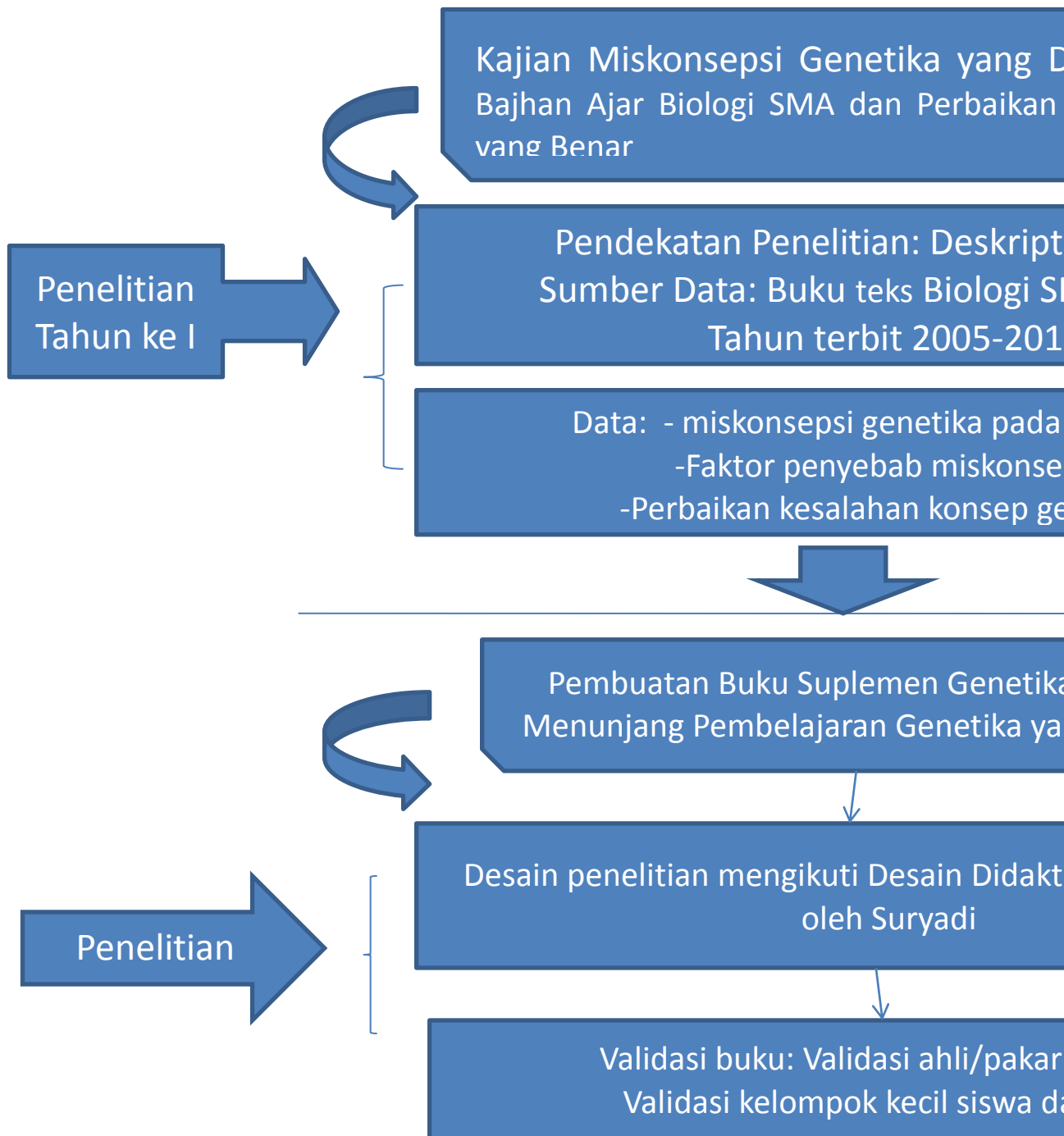
G. Luaran Penelitian

Luaran penelitian adalah publikasi dalam jurnal ilmiah terakreditasi.

Indikator yang Terukur

Indikator capaian yang terukur adalah terselesainya penelitian tahun ke I dan tahun ke II dengan rincian sebagai berikut.

No	Indikator Terukur	Pertengahan Tahun	Akhir Tahun	Catatan
1.	- Deskripsi miskonsepsi genetika pada buku ajar biologi SMA	75 %	100%	Data berupa berupa deskripsimiskonsepsi.
	- Terungkapnya faktor penyebab miskonsepsi genetika pada buku ajar biologi SMA	75%	100%	Data contoh miskonsepsi diuraikan berdasarkan faktor penyebab miskonsepsi yang ditemukan pada buku ajar
	- Hasil perbaikan konsep genetika yang salah sehingga diperoleh deskripsi konsep yang benar atau bebas miskonsepsi	50%	100%	Data berupa deskripsi perbaikan konsep genetika berdasarkan rujukan genetika yang terpercaya atau valid.



Gambar 4.1. Bagan Alur Penelitian Tahun ke I dan II

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kegiatan yang Telah Dilaksanakan

Kegiatan yang telah dilaksanakan dalam penelitian selama bulan Maret-Oktober diuraikan sebagai berikut.

1. Penelusuran Ketentuan Buku Teks yang Digunakan di Sekolah Melalui Internet.

Hasil penelusuran adalah adanya aturan buku teks yang dapat digunakan di sekolah yakni Permendikbud RI No 71 Tahun 2013 tentang Buku Teks Pelajaran dan Buku Panduan Guru untuk Pendidikan Dasar dan Menengah. Permendiknas No 1 tanggal 4 Januari 2011 tentang ketentuan buku teks yang dapat digunakan di sekolah adalah terbitan 5 tahun terakhir.

Berdasarkan ketentuan yang ada maka tim peneliti menyepakati beberapa hal berikut:

- a. Buku yang akan ditelusuri adalah buku teks Biologi SMA tahun terbit mulai 2007-2012.
- b. Informasi buku yang digunakan dijaring melalui informasi Bapak dan Ibu Guru Biologi di Sekolah-sekolah yang tersebar di kab/kota Gorontalo
- c. Informasi juga dijaring melalui informasi mahasiswa S1 yang melaksanakan PPL dan penelitian di sekolah-sekolah dan mahasiswa pasca UNG.

2. Menjaring Informasi dan Rekapitulasi Data Buku Teks yang Digunakan Di Provinsi Gorontalo.

Berdasarkan informasi dari para guru Biologi maka dapat ditabulasi buku Biologi yang digunakan di Provinsi/Kab/Kota Gorontalo sebagai berikut.

Tabel 5.1 Buku Biologi yang Digunakan oleh Guru Biologi di Kabupaten/ Kota Gorontalo

No	Daerah Kab/Kota	Penerbit	Pengarang	Informan
1	Bonebolango	Erlangga Intan Pariwara Ganesha	Istamar Rohana Kusumawati Dewi Ratnaningati Sembiring	1 org guru
2	Kota	Erlangga Intan Pariwara Esis	Istamar syamsuri Rohana Kusumawati Dewi Ratnaningati Diah Aryulina	2 guru 2 mahasiswa yang PPL
3	Boalemo	Erlangga Erlangga Erlangga Intan Pariwara Yudistira	Bambang S Istamar Syamsuri Pratiwi	2 org guru 1 mahasiswa yang penelitian
4	Kabupaten	Esis Erlangga Intan Yudistira Media Tama	Diah Aryulina Istamar syamsuri	6 orang guru di Kab 1 Mahasiswa yang penelitian
5	Pohuwato	Pusbuk Erlangga	Idun kistinah Endang Sri Lestari Istamar syamsuri	3 orang guru
6	Gorontalo Utara	Erlangga Yudistira Intan Pariwara Media Tama	Istamar syamsuri	5 orang guru

3. Penelusuran Buku Ajar Biologi Kelas XII.

Berdasarkan Ketentuan kelayakan buku teks, maka tim melakukan penelusuran buku teks SMA yang akan dianalisis adalah buku teks tahun terbit mulai 2007 – 2012. Buku yang ditemukan sebanyak 5 buku:

Tabel 5.2 Daftar Buku Ajar Biologi yang Digunakan oleh Guru Biologi di Kabupaten/ Kota Gorontalo

No.	Judul Buku	Pengarang	Tahun	Penerbit
1.	Biologi untuk SMA kelas XII	Idun Kistinnah Endang Lestari	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
2.	Biologi Kelas XII untuk SMA dan MA	Faidah Rachmawati Nurul Urifah Ari Wijayanti	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
3.	Biologi SMA/MA Kelas XII KTSP 2006	Diah Aryulina Choirul Muslim Syalfinaf Manaf Endang Widi Winarni	2007	Jakarta:Esis
4.	Biologi utk SMA Kelas XII KTSP 2006	Istamar Syamsuri, dkk	2007	Jakarta:Erlangga
5.	Biologi untuk SMA kelas XII	Pratiwi Sri Maryati Srikini Suharno Bambang S	2007	Jakarta:Erlangga

Penelusuran kembali buku teks melalui internet ditemukan sebanyak 6 buku

Tabel 5.3 Daftar Buku Ajar Biologi yang Ditemukan di Internet yang Digunakan oleh Guru Biologi di Kabupaten/ Kota Gorontalo

No.	Judul Buku	Pengarang	Tahun	Penerbit
1.	Biologi untuk SMA kelas XII	Herny Budiatty	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
2.	Biologi Kelas XII untuk SMA dan MA	Siti Nurrochmah	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
3.	Biologi SMA/MA Kelas	Langkah Sembiring	2007	Pusat Perbukuan

	XII KTSP 2006			Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
4.	Biologi untuk SMA Kelas XII KTSP 2006	Rikky Firmansyah Agus Mawardi H M. Umar Riandi	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
5.	Biologi untuk SMA kelas XII	Fictor Ferdinand Moekti Ariebowo	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009
6.	Biologi untuk SMA kelas XII	<ul style="list-style-type: none"> • Ida Herlina • Riana Yani • Eva Latifah • Hanum • Widi P. • Dian Peniasiani • Musarofah 	2009	Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009

4. Melakukan Telaah Kesalahan Konsep Genetika dengan Langkah Kegiatan:

- a. Tim peneliti berbagi melaksanakan telaah buku teks biologi.
- b. Membaca konsep genetika yang disajikan pada buku teks Biologi
- c. Menandai setiap kesalahan konsep genetika yang ditemukan
- d. Menggolongkan kesalahan konsep dalam 6 kelompok konsep yakni dijabarkan dalam 5 kompetensi dasar (KD) yakni menjelaskan konsep gen, DNA dan kromosom; menjelaskan hubungan gen (DNA) - RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; menjelaskan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; menerapkan prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat; menjelaskan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.
- e. Mentabulasi kesalahan konsep dalam 6 kelompok konsep penting 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; dan Mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.

- f. Setiap kesalahan dibetulkan sesuai rujukan genetika yang valid yang telah ditetapkan.
- g. Hasil analisis kesalahan konsep genetika masing-masing peneliti selanjutnya dianalisis bersama-sama.

5. Melaksanakan Kegiatan Analisis Kesalahan Konsep Genetika.

Hasil kerja telaah kesalahan konsep masing-masing peneliti selanjutnya dikoreksi apakah masing-masing anggota tim menyepakatinya sebagai kesalahan konsep. Analisis dilaksanakan melalui diskusi hasil identifikasi kesalahan konsep. Analisis dilakukan per kelompok konsep.

Masalah yang ditemui adalah ditemukan beberapa konsep yang perlu didiskusikan lebih mendalam terkait pernyataan konsep pada buku. Misalnya disebutkan bahwa RNAt, RNAr, RNAd adalah sebagai materi genetik. Buku lain menyatakan RNA sebagai materi genetik contohnya adalah pada retrovirus saja. Konsep lainnya ditemukan bahwa pembelahan mitosis dan meiosis dapat digunakan untuk perkembangbiakan atau reproduksi.

Maka untuk mengatasi masalah dilakukan dengan membaca literatur yang valid dan berkonsultasi langsung dengan pakar genetika dari Universitas Negeri Malang Prof A.D Corebima.

6. Melakukan Diskusi tentang Penyebab Kesalahan Konsep Genetika dan Pembetulan Konsep Genetika yang Benar.

Tim peneliti melakukan browsing internet tentang artikel yang terkait dengan penelitian kesalahan konsep genetika. Tim menemukan artikel yang

terkait dengan kesalahan konsep genetika. Tim peneliti menggolongkan penyebab kesalahan konsep pada buku teks ditinjau dari:

- a. Penyajian konsep genetika belum representative (tidak molekuler)
- b. Penyajian konsep masih berorientasi klasik genetika Mendel
- c. Penggunaan analogi yang tidak tepat
- d. Penggunaan istilah yang tidak tepat
- e. Penulis miskonsepsi terbukti dari pemilihan kata-kata menunjukkan miskonsepsi
- f. Informasi diberikan berdasarkan pemikiran sendiri tanpa dasar rujukan atau dukungan referensi

Maka selanjutnya tim peneliti mendeskripsikan kesalahan konsep yang ada sesuai penyebab kesalahan konsep dan membetulkan setiap kesalahan dengan mencantumkan sumber rujukan.

7. Melakukan Persiapan Triangulasi Data Kesalahan Konsep yang Akan di *crosscek* ke pemahaman guru.

Peneliti melakukan persiapan sebagai berikut:

- a. Menyusun instrument miskonsepsi untuk diisi oleh guru
- b. Instrument miskonsepsi dibuat dalam 14 pertanyaan
- c. Soal yang diujikan kepada guru untuk mengetahui dampak miskonsepsi terhadap kemampuan guru menyelesaikan soal pewarisan sifat Mendel.
- d. Membuat powerpoint yang akan disajikan pada saat triangulasi data
- e. Menyusun materi genetika berisi kesalahan konsep yang ada pada buku teks dan pembetulan konsep genetika yang benar.

8. Melaksanakan Kegiatan Triangulasi Data.

Kegiatan triangulasi data diawali dengan pengisian instrument miskonsepsi oleh guru dan soal genetika. Tim peneliti melakukan telaah hasil isian instrument dan ditemukan miskonsepsi yang sama antara buku ajar dengan pemahaman konsep pada guru. Hasil isian guru menunjukkan banyak kesalahan akibat miskonsepsi pada bagian konsep gen, DNA dan kromosom, sintesis protein dan pembelahan sel meiosis dengan hukum Mendel I dan II. Tim peneliti menjelaskan hasil penelitian miskonsepsi yang ditemukan pada buku teks, kemudian melakukan pembedaan konsep genetika berdasarkan rujukan genetika terpercaya. Diskusi mendalam berlangsung terkait dengan pemahaman materi genetika. Selanjutnya tim peneliti melaksanakan wawancara dan diskusi mendalam untuk menguraikan penyebab kesalahan mengerjakan soal akibat miskonsepsi yang terjadi pada konsep genetika yang telah diketahui dari hasil isian instrument miskonsepsi.

9. Ketua Tim menjadi Pemakalah Kedua pada Seminar Nasional "Solusi Problematika Pembelajaran Biologi dan IPA".

Ketua tim menyampaikan makalah dengan judul "Miskonsepsi Genetika di Sekolah Menengah, Dampak dan Upaya Pemecahannya" Kegiatan Seminar Nasional dilaksanakan di Universitas Negeri Gorontalo dengan menghadirkan Pembicara Kunci adalah Guru Besar Bidang Genetika Universitas Negeri Malang Prof. Dr. A.D Corebima. Peserta adalah dosen dari UNG dan UNIMA,

mahasiswa pasca UNIMA dan UNG, guru di kota/kabupaten Gorontalo serta mahasiswa. Peserta yang hadir 600 orang. Hasil Seminar adalah Guru mengharapkan peneliti dapat mengembangkan buku teks genetika untuk SMP dan SMA yang benar agar dapat mengatasi kesulitan memahami genetika dan membenahi kesalahan konsep yang ada selama ini.

10. Ketua tim peneliti melakukan perjalanan ke Malang ke Universitas Negeri Malang untuk melakukan validasi kesalahan konsep genetika yang telah dilakukan. Validator adalah guru besar bidang genetika Universitas Negeri Malang Prof A.D Corebima, M.Pd. Kesalahan konsep yang telah diidentifikasi tim peneliti telah mendapatkan kesepakatan oleh pakar genetika. Beberapa catatan yang harus diperhatikan adalah Gambar kromosom molekuler yang tidak menunjukkan pemampatan DNA pada bagian sentromer termasuk menyajikan gambar yang miskonsep. Gambar kromosom pada makhluk hidup hendaknya mewakili materi genetik pada makhluk hidupnya karena kromosom harus dibedakan pada kromosom eukariotik, prokariotik, aseluler. Gambar kromosom secara skematis yang menyajikan gambar secara tidak hati-hati yang membedakan kromosom atas lengan dan sentromer yang terputus adalah miskonsep. Penekanan utama atas miskonsep pada hukum Mendel I dan II adalah keterkaitan hukum Mendel I dan II dengan pembelahan meiosis dan dampaknya dalam memahami pewarisan sifat pada makhluk hidup. Miskonsepsi tentang Mutasi dan hubungannya dengan Evolusi

11. Penelusuran kembali buku teks ditemukan sebanyak 6 buku maka ditemukan 6 buku biologi lainnya yang beredar di Jawa Timur. Dengan demikian sudah ditemukan sebanyak 15 buku Biologi.

Tabel 5.3 Daftar Buku Ajar Biologi yang Ditemukan Beredar di Jawa timur

No.	Judul Buku	Pengarang	Tahun	Penerbit
1.	Biology 3 Bilingual	Arif Priadi	2010	Yudistira
2.	Biologi SMA/MA Kelas XII	Tim Kreatif Biologi Moh Amin (Editor)	2009	Jakarta:PT Bumi Aksara
3.	Biology Bilingual	Nunung Nurhayati	2008	Bandung:Yrama Widya
4.	Biologi SMA/MA Kelas XII KTSP 2006	R. Gunawan Susilowarno R. Sapto Hartono Mulyadi Th. Enik Mutiarsih Murtiningsih Umiyati	2008	Jakarta: Grasindo
5.	Biologi untuk SMA dan MA kelas XII Program IPA	Adnan Ernawati S. Kaseng Irwan Saputra	2008	Jakarta:Widya Utama
6.	Biologi SMA/ MA Kelas XII	Bagod Sudjadi Siti Laila	2007	Yudhistira

12. Tim peneliti melakukan telaah kesalahan konsep genetika pada 6 buku teks dilakukan dengan langkah:
- Membaca konsep genetika yang disajikan pada buku teks Biologi
 - Menandai setiap kesalahan konsep genetika yang ditemukan
 - Menggolongkan kesalahan konsep dalam 7 kelompok konsep yakni dijabarkan dalam 5 kompetensi dasar (KD) yakni menjelaskan konsep gen, DNA dan kromosom; menjelaskan hubungan gen (DNA) - RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; menjelaskan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; menerapkan prinsip hereditas dalam

mekanisme pewarisan sifat; menjelaskan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.

- d. Mentabulasi kesalahan konsep dalam 6 kelompok konsep penting 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; dan Mutasi
- e. Setiap kesalahan dibetulkan sesuai rujukan genetika yang valid.
- f. Tim peneliti berbagi melaksanakan telaah buku teks biologi.
- g. Hasil telaah selanjutnya dianalisis bersama

13. Melakukan Telaah Hasil Analisis Miskonsep.

Kegiatan analisis kesalahan konsep genetika. Hasil kerja telaah kesalahan konsep masing-masing anggota tim saling dikoreksi apakah masing-masing tim menyepakati sebagai kesalahan konsep. Analisis dilaksanakan melalui diskusi hasil identifikasi kesalahan konsep. Analisis dilakukan per kelompok konsep. Dalam waktu sepuluh hari analisis kesalahan konsep yang telah selesai yakni konsep 1-6.

14. Ketua tim peneliti menyampaikan Makalah pada Seminar Internasional. Judul makalah adalah “Pentingnya Kualitas Kontrol Buku Ajar di Sekolah”.

Ketua tim akan menyajikan penyebab kesalahan konsep yang ditemukan pada buku teks sebagai akibat dari lemahnya kontrol kualitas buku oleh pemerintah pusat melalui Badan Standar Nasional Pendidikan melalui Pusat Perbukuan, tidak adanya mekanisme kontrol kualitas buku oleh Dinas Pendidikan di daerah maupun sekolah. Guru tidak pernah melakukan diskusi terkait kesulitan memahami buku teks atau kesulitan akibat miskonsep pada buku teks itu sendiri. Ketua tim menyampaikan gagasan kontrol kualitas buku teks dengan membuat alur kontrol kualitas buku yang dapat dilakukan oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah melalui diknas, dan sekolah melalui kepala sekolah dan peran

guru sebagai penyeleksi buku teks dan telaah konsep melalui kegiatan guru diantaranya Study Lesson.

Ketua tim menyusun makalah yang akan disajikan pada seminar Internasional.

Kegiatan yang dilakukan:

1. Mencari literature tentang penelitian miskonsepsi buku teks
2. Analisis buku dilakukan pada 17 buku teks biologi
3. Melakukan telaah penyebab kesalahan buku teks dari aspek pengawasan penerbitan buku (apakah ada reviewer bidang isi/kebenaran isi materi, siapa penyusun buku apakah tim atau penulis tunggal)
4. Menyampaikan gagasan bagaimana mekanisme kontrol kualitas buku
5. Membuat power point

Kegiatan workshop dan seminar Internasional tentang Quality Assurance & ICT selama 2 hari 3-4 September 2013. Ketua tim menyajikan seminar pada sesi parallel dengan judul Pentingnya Kualitas Kontrol Buku Ajar di Sekolah Menengah untuk Mengatasi Kesalahan Konsep.

Pemakalah Kunci pada Kegiatan Seminar Internasional dengan menghadirkan 2 Negara China dan Jepang Pemakalah lain dari Indonesia adalah Gubernur Provinsi Gorontalo, Badan Akreditasi Pusat Jakarta, Rektor Universitas Negeri Gorontalo, Badan Akreditasi Daerah Provinsi Gorontalo, Ketua Tim Peneliti Miskonsep pada Buku Teks.

Audience yang hadir adalah unsur Diknas Kab/Kota Gorontalo , Bapak Ibu Kepala Sekolah dan Guru senior Kab/Kota Gorontalo.

Hasil Kegiatan adalah berupa harapan besar dari para peserta seminar agar Tim peneliti miskonsepsi buku dapat menyusun buku Biologi yang benar yang bebas miskonsepsi. Audience mengharapkan ada tindak lanjut hasil penelitian ini agar segera disosialisasikan ke seluruh wilayah dan peneliti dapat menjadi pendamping kegiatan pertemuan guru untuk pemahaman konsep.

15. Tim peneliti melakukan tabulasi jumlah kesalahan konsep dari buku biologi.

Tim mendeskripsikan setiap kesalahan dan membetulkan kesalahan dengan merujuk pada buku genetika yang valid dan berkonsultasi langsung dengan pakar

genetika Universitas Negeri Malang Prof A.D Corebima, M.Pd. Deskripsi kesalahan konsep diuraikan berdasarkan 6 kelompok konsep. Semua kesalahan konsep dari 5 buku dideskripsikan dan dibetulkan sesuai rujukan yang valid.

B. Analisis Kesalahan Struktur Didaktik (Miskonsep) Bahan Ajar Konsep Genetika di SMA

Salah satu kesulitan belajar genetika disebabkan oleh kesalahan struktur didaktik bahan ajar konsep genetika di SMA. Kesalahan struktur didaktik menyebabkan siswa dapat mengalami miskonsepsi genetika. Penelitian ini telah dilakukan melalui analisis 15 buku ajar Biologi materi genetika SMA kelas XII tahun terbit 2007-2010. Kesalahan struktur didaktik yang dimaksud adalah ditemukan banyak miskonsep pada konsep-konsep genetika.

Sesuai Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SMA Kelas XII ada 5 Standart Kompetensi (SK) dan 16 Kompetensi Dasar (KD). Konsep genetika ada pada 1 standart kompetensi (SK) yakni memahami penerapan konsep dasar dan prinsip-prinsip hereditas serta implikasinya pada salingtemas. Standart kompetensi tersebut dijabarkan dalam 5 kompetensi dasar (KD) yakni menjelaskan konsep gen, DNA dan kromosom; menjelaskan hubungan gen (DNA) - RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; menjelaskan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; menerapkan prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat; menjelaskan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas. Miskonsep genetika ditemukan pada semua (5) kompetensi dasar.

Tabel 5.4 Judul Buku, Nama Pengarang dan Tahun Terbit Buku yang Dianalisis.

No.	Judul Buku	Pengarang	Tahun	Penerbit
6.	Biology 3 Bilingual	Arif Priadi	2010	Yudistira
7.	Biologi Kelas XII untuk SMA dan MA	Subardi Nuryani Shidiq Pramono	2009	Pusat Perbukuan Depdiknas
8.	Biologi untuk SMA kelas XII	Idun Kistinnah Endang Lestari	2009	Pusat Perbukuan Depdiknas
9.	Biologi Kelas XII untuk SMA dan MA	Faidah Rachmawati Nurul Urifah Ari Wijayanti	2009	Pusat Perbukuan Depdiknas
10.	Biologi SMA/MA Kelas XII	Tim Kreatif Biologi Moh Amin (Editor)	2009	Jakarta:PT Bumi Aksara
11.	Biology Bilingual	Nunung Nurhayati	2008	Bandung:Yrama Widya
12.	Biologi SMA/MA Kelas XII KTSP 2006	R. Gunawan Susilowarno R. Sapto Hartono Mulyadi Th. Enik Mutiarsih Murtiningsih Umiyati	2008	Jakarta:Grasindo
13.	Biologi untuk SMA dan MA kelas XII Program IPA	Adnan Ernawati S. Kaseng Irwan Saputra	2008	Jakarta:Widya Utama
14.	Biologi SMA/ MA Kelas XII	Bagod Sudjadi Siti Laila	2007	Yudhistira
15.	Biologi SMA/MA Kelas XII KTSP 2006	Diah Aryulina Choirul Muslim Syalfinaf Manaf Endang Widi Winarni	2007	Jakarta:Esis
16.	Biologi utk SMA Kelas XII KTSP 2006	Istamar Syamsuri, dkk	2007	Jakarta:Erlangga
17.	Biologi untuk SMA kelas XII	Pratiwi Sri Maryati Srikini Suharno Bambang S	2007	Jakarta:Erlangga
18.	Biologi untuk SMA dan MA Kelas XII	Herni Budiati	2007	Pusbuk Depdiknas
19.	Biologi untuk SMA Kelas XII	Siti Nur Rochmah Sri Widayati Mazrikhatul Miah	2009	Pusbuk Depdiknas
20.	Biologi untuk SMA Kelas XII	Langkah Sembiring Sudjino	2009	Pusbuk Depdiknas

Rujukan untuk menetapkan miskonsep adalah Principles of Genetics (Gardner dkk.,1991); Modern of Genetics (Ayala & Kiger, 1984); Russel (1992); Biology (Campbell, dkk., 2002), Genetika Kelamin (Corebima, 2004); Genetika Mendel (Corebima, 1998); Genetika Mutasi dan Rekombinasi (Corebima, 2010), Teaching about the Gene in the Genetic Information Age. (Venville, 2002); Ekspresi Gen (Corebima, 2010).

Hasil analisis miskonsep genetika dikelompokkan dalam 7 kelompok konsep penting yakni 1) Arti dan ruang lingkup genetika 2) Gen, DNA dan Kromosom termasuk; 3) Hubungan gen, RNA, polipeptida, dan proses sintesis protein; 4) Keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; 5) Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat serta 6) Penentuan Jenis Kelamin; dan 7) Mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.. Miskonsep yang ditemukan pada buku ajar diakumulasi pada Tabel 4.2.

Tabel 5.5 Jumlah Miskonsep pada 15 Buku Ajar yang Digunakan di SMA Kelas XII

No Kode Buku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Tahun Terbit	10	09	09	09	09	08	08	08	07	07	07	07	07	09	09	Jml
Konsep																
I	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	14
II	3	6	12	2	2	6	9	6	1	4	3	7	-	2	5	67
III	2	3	5	6	-	6	6	2	1	-	13	4	-	13	3	64
IV	1	3	2	3	1	2	6	3	-	3	6	3	2	3	3	41
V	3	1	2	1	1	1	5	-	-	1	-	2	1	5	3	26
VI	2	5	3	2	-	5	8	2	2	3	3	3	1		6	45
VII	2	1	2	2	3	3	3	2	3	-	4	2	-	5	-	32
Total	14	20	27	17	8	24	38	16	7	12	30	22	5	29	21	289

Catatan : Buku yang Dianalisis Sesuai Rekomendasi Permendiknas No 1 Tahun 2011 tentang Tahun Terbit Buku 5 Tahun Terakhir (Tahun 2006-2010) Buku 2,3,13,14,15 diterbitkan oleh Pusbuk Depdiknas. Sepuluh buku lainnya diterbitkan oleh penerbit swasta.

- I. Arti dan ruang lingkup genetika
- II. Gen, DNA dan Kromosom
- III. Hubungan gen, RNA, polipeptida dan proses sintesis protein
- IV. Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat dan
- V. Penentuan Jenis Kelamin
- VI. Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat
- VII. Mutasi dan implikasinya dalam salingtemas

Berdasarkan hasil analisis miskonsep, pada kode buku no 2, 3 dan 4 menyajikan konsep-konsep genetika yang tidak lengkap dibandingkan 12 buku lainnya. Tabel 4.2 memperlihatkan jumlah kesalahan konsep pada ke 3 buku ini berturut-turut 20, 27 dan 17 miskonsep. Namun jumlah miskonsep ini tidak sebanyak jumlah miskonsep yang ditemukan pada buku no 7 dan 11. Kode buku no 7 dan 11 menyajikan konsep yang lengkap tetapi juga banyak ditemukan miskonsep yakni berturut-turut sebanyak 38 dan 30 miskonsep. Sedangkan kode buku no 5, 9, dan 10 dan 13 telah menyajikan materi genetika secara lengkap dan dengan sedikit miskonsep berturut turut 8, 7, 12 dan 5 miskonsep. Kode buku yang menyajikan konsep yang minimal adalah kode buku no 5 adalah

Biologi SMA/MA Kelas XII oleh Mohammad Amin (Ed) tahun 2009 dan kode buku no 13 adalah Biologi kelas XII oleh Herni Budiati (2007), kode buku no 9 adalah Biologi SMA/MA kelas XII oleh Bagod Sudjadi dan Siti Laila tahun 2007; kode buku no 10 adalah Biologi SMA kelas XII oleh Diah Aryulina (2007).

C. Deskripsi Kesalahan (Miskonsep) Genetika pada Buku Ajar SMA

Miskonsep genetika yang ditemukan pada buku ajar diuraikan dengan pola mendeskripsikan miskonsep, kemudian diperbaiki berdasarkan rujukan dari literatur yang telah ditetapkan. Secara rinci disajikan sesuai pokok bahasan/konsep pada buku SMA sebagai berikut:

1. Arti dan Ruang Lingkup Genetika

Miskonsep arti dan ruang lingkup genetika ditemukan pada 15 buku ajar yang menyatakan bahwa: 1) Genetika adalah ilmu yang mempelajari pewarisan sifat dari induk kepada keturunannya dan mengikuti pola-pola tertentu pada kode buku no 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14 dan 15. 2) Hukum-hukum genetika adalah hukum segregasi dan random assortment pada kode buku no 7. 3) Teori hereditas partikel Mendel yakni induk mewariskan factor-faktor hereditas (gen) pada keturunannya. Faktor-faktor hereditas ini diturunkan sebagai partikel-partikel yang terpisah dari satu generasi ke generasi berikutnya pada buku 8. 4) Teori Mendel sangat penting bahkan dijadikan dasar dalam memahami genetika dan melakukan analisis atas pola-pola pewarisan sifat genetik pada buku 10. 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.

Arti dan ruang lingkup genetika yang benar ditemukan pada buku 5 yakni genetika adalah ilmu yang mempelajari tentang gen, bagaimana gen menghasilkan suatu sifat, dan bagaimana sifat tersebut diwariskan kepada keturunannya.

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 tranposabel, 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, kontrol genetik terhadap pembelahan sel, ekspresi kelamin, perubahan materi genetik, 4) perubahan materi genetik, meliputi: mutasi, dan rekombinasi, 5) genetika dalam populasi, dan 6) perekrayaan materi genetik. (Corebima, 2009).

Berkaitan dengan perkembangan genetika ke arah molekuler maka gen sebagai materi genetik adalah 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 mendatang kajian genetika akan mempelajari materi genetika yakni gen, DNA, kromosom, fungsi, ekspresinya serta perubahannya secara molekuler (Venville, 2002).

Pengertian genetika yang baru ini juga memperlihatkan 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 bahwa: *genetics is the core biological science, nothing in biology makes sense except in the light of genetics and evaluation* (Dobzhansky dalam Ayala & Kiger, 1984).

2. Konsep DNA, Gen, Kromosom, dan Replikasi

a. Miskonsep Hubungan DNA, Gen, dan Kromosom

Miskonsep yang ditemukan pada konsep DNA dikemukakan dengan contoh sebagai berikut. Kode buku no 7 menyatakan bahwa kromosom, gen dan DNA merupakan faktor pembawa dan penentu sifat pada makhluk hidup. Apakah ada keterkaitan kromosom, gen, dan DNA? Pertanyaan ini hanya dijawab dalam perspektif fungsi. Hal ini memberi pengertian gen, kromosom, dan DNA adalah bentukan sendiri-sendiri yang terkait dalam fungsi membawa dan menentukan

sifat pada makhluk hidup. Maka perlu dijelaskan hubungan antara konsep gen, DNA, dan kromosom.

Konsep yang benar hubungan gen, DNA dan kromosom adalah sebagai berikut dinyatakan oleh Ayala & Kiger (1984) dan Gardner dkk., (1991). Gen adalah bagian dari DNA karena segmen DNA membentuk gen. Selanjutnya gen-gen terangkai membentuk kromosom. Kromosom (eukariotik) terdiri dari DNA yang terangkai secara bersambung membentuk spiral dan berasosiasi dengan protein histon dan nonhiston. Ayala & Kiger (1984) menjelaskan bahwa kromosom adalah 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 diperjelas oleh Gardner dkk., (1991: 141) bahwa "*Chromosomes is to organize and package the giant DNA molecules of different being broken during*".

b. Miskonsep Hubungan Kromosom, DNA, dan Gen dengan Menggunakan Analogi.

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 3 tentang hubungan kromosom, DNA dan gen dengan menggunakan analogi. Kalimat selengkapnya adalah sebagai berikut. Hubungan kromosom, DNA, dan gen sebagai kota yang diibaratkan sebagai struktur suatu kromosom, yang terdapat pada bagian inti sel yang membawa petunjuk bagi setiap fase kehidupan sel. Setiap rumah melambungkan sebuah molekul DNA, yakni bahan kebakaan. Kamarnya adalah gen, yaitu anak bagian molekul yang menduduki tempat-tempat khusus dalam molekul DNA. Batu batanya adalah nukleotida, yakni bahan bangunan molekul. Analogi

dimaksudkan untuk memudahkan siswa memahami hirarki DNA, gen, dan kromosom, namun menjadi lebih membingungkan siswa karena hirarki antar DNA, gen, dan kromosom menjadi semakin tidak jelas.

Konsep analogi yang benar adalah sel lebih tepat dianalogikan sebagai kota yang terdiri dari bermacam-macam bangunan. Bermacam-macam bangunan itu dianalogikan sebagai organel. 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 semen. DNA adalah *Deoxyribonucleic Acid* dengan susunan lengkap yakni gula deoksiribosa, asam phospat dan basa nukleotida (A, C, G, dan T). Satu nukleotida 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 ter-

tentu. Gen ada di lokasi tertentu pada kromosom dan berfungsi mengekspresikan suatu sifat tertentu.

c. Miskonsep Hubungan DNA, RNA, Gen, dan Kromosom

Miskonsep hubungan DNA, RNA, gen dan kromosom pada buku 6 bahwa DNA, RNA, gen, dan kromosom adalah materi genetik karena bertanggung jawab terhadap pewarisan sifat-sifat genetik dari induk kepada keturunannya. Konsep yang benar sebagai berikut. Materi genetik adalah DNA dan RNA. DNA merupakan materi genetik pada makhluk hidup eukariot dan prokariot dan beberapa virus. RNA merupakan materi genetik pada kelompok retrovirus. Dogma sentral bahwa DNA adalah materi genetik yang dapat bereplikasi membentuk DNA dan menjadi cetak biru dalam proses transkripsi (hasilnya RNA) dan translasi (hasilnya polipeptida). (Gardner, dkk., 1991).

Materi genetik pada retrovirus berupa RNA yang melakukan transkripsi dan translasi RNA dengan terlebih dahulu mengubah RNA melalui proses *reverse transcription* menjadi cDNA (yang berisi ekson seluruhnya) dan dilanjutkan menyisipkan cDNA pada DNA inang kemudian melakukan aktivitas transkripsi translasi dengan menggunakan bahan-bahan pada sel induk dan akhirnya dihasilkan virus-virus baru. (Gardner, dkk.,1991). Jadi materi genetik pada retrovirus adalah RNA.

Jadi bagaimana kedudukan gen dan kromosom sebagai materi genetik? DNA dan RNA adalah molekul atau materi genetik. Sedangkan gen merupakan bagian dari kromosom yang terdiri dari polinukleotida berupa nukleoprotein (DNA yang berasosiasi dengan protein) yang mengekspresikan sifat tertentu.

d. Miskonsep DNA, Gen, dan Genom

Miskonsep pada kode buku no 1 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.* Kalimat ini jelas menunjukkan bahwa satu gen adalah triplet atau 1 kodon. Padahal satu kodon hanya mengkode satu asam amino.

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Pendefinisian gen dengan menggunakan satu seri triplet tidak tepat. Seri triplet adalah mRNA yang merupakan produk dari proses transkripsi dan modifikasi pasca transkripsi. Sedangkan gen pada eukariot terdiri dari bagian fungsional dan tidak fungsional. Gen dapat terekspresi melalui proses transkripsi. Hasil transkripsi selanjutnya melalui modifikasi pasca transkripsi yang akan memisahkan bagian ekson dan intron. Intron adalah segmen yang dibuang yang tidak merupakan pengkode asam amino. Ekson adalah segmen yang fungsional yang selanjutnya mengkode mRNA dan mengkode asam amino tertentu (Gardner, dkk., 1991). Jadi gen bukan satu seri triplet tetapi akan membentuk banyak seri triplet atau kodon-kodon dan terdiri dari bagian yang akan digunakan dan dibuang saat transkripsi. Lebih lanjut Gardner dkk, 1991 menyatakan bahwa rata-rata satu gen terdiri dari 200 pasangan basa. Jadi bukan 3 pasangan basa.

Miskonsep pada kode buku no 10 bahwa *gen terdiri dari DNA yang diselubungi dan diikat oleh protein.* Konsep yang benar adalah gen pada kelompok eukariotik berupa DNA yang berasosiasi dengan protein berupa nucleoprotein atau segmen DNA yang mengekspresikan sifat tertentu (Gardner

dkk., 1991). Buku 5 yang telah menyatakan dengan benar bahwa gen adalah segmen DNA yang menentukan sifat suatu organisme.

Miskonsep pada kode buku no 2 bahwa *DNA hanya terdapat dalam kromosom. RNA terdapat di nucleus dan sitoplasma terutama di ribosom.* Konsep yang benar adalah DNA eukariot tidak hanya terdapat di kromosom tetapi di organel mitokondria, dan plastida. RNA terdapat di nucleus tepatnya di nucleolus dan sitoplasma tepatnya sebagai penyusun ribosom (Corebima, 2010).

Miskonsep pada kode buku no 3 bahwa *Perangkat kromosom disebut genom, pada sel tubuh terdapat sepasang kromosom yang disebut diploid (2n), sedangkan pada sel gamet hanya terdapat satu pasang kromosom saja yang disebut dengan haploid (n).* Konsep yang benar adalah pada sel gamet terdapat seperangkat kromosom atau N, bukan satu pasang kromosom kelamin. Sebaiknya diperbaiki dengan kalimat sebagai berikut. Perangkat kromosom disebut genom, pada sel tubuh terdapat sepasang kromosom yang disebut diploid (2n), sedangkan pada sel gamet hanya terdapat satu set kromosom saja yang disebut dengan haploid (n).

e. Miskonsep Batas Gen

Miskonsep pada kode buku no 4, 6, 8, 10, 11 bahwa *gen-gen terletak secara teratur di sepanjang serabut-serabut tipis melingkar di dalam kromosom dan gen dalam kromosom tidak memiliki batas-batas yang jelas. Walaupun demikian, gen-gen dapat diumpamakan dalam satu deretan berurutan dan teratur pada benang kromosom.*

Pernyataan pada buku bahwa gen membentuk satu deretan linier dan deretan yang berurutan dan teratur sehingga ditafsirkan bahwa jarak diantara gen sama. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Bentuk teratur berupa bulatan-bulatan di sepanjang serabut-serabut tipis melingkar bukan gen-gen. Deretan linier sebenarnya adalah nukleosom yakni DNA yang melilit protein histon sehingga terlihat sebagai manik-manik yang disebut sebagai nukleosom, tetapi satu nukleosom bukan satu gen. Gen adalah segmen DNA dengan panjang polinukleotida tertentu bisa dalam urutan yang panjang atau pada urutan segmen pendek tertentu (Gardner, dkk., 1991). Selanjutnya dijelaskan bahwa Asosiasi DNA dan protein histon menghasilkan bentuk serupa manik-manik sepanjang molekul DNA. Bentuk manik-manik disebut sebagai nukleosom, satu bulatan disebut satu nukleosom. Satu nukleosom terdiri 4 macam protein histon H2a, H2b, H3 dan H4 masing-masing dua molekul. Sehingga tiap nukleosom terdapat delapan molekul protein histon atau oktamer protein histon. Tiap oktamer dililiti polinukleotida (DNA) sebanyak hampir 2 kali yakni sebanyak 146 pasang nukleotida. Sedangkan satu nukleosom bukan satu gen.

f. Miskonsep Letak Gen

Miskonsep tentang letak gen pada kromosom pada kode buku no 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 dinyatakan sebagai suatu ruang atau tempat dalam kromosom. Berikut ini contoh miskonsep yang ditemukan. *Gen terletak pada lokus yang membentuk satu deretan linier pada kromosom. 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 sebagai berikut. Gardner dkk., (1991:G7) menyatakan bahwa gen berada pada posisi relatif yang disebut lokus. “*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.

g. Miskonsep Alela

Miskonsep alela pada buku no 1 dijelaskan pada kalimat-kalimat berikut. *Gen mempunyai bentuk alternative 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 adalah sebagai berikut. Konsep alel sebagai bentuk dominan dan resesif adalah konsep alel menurut temuan Mendel. Saat ini sudah diketahui banyak sifat lain selain dominan resesif sehingga alel tidak hanya dilambangkan dengan huruf besar dan kecil saja.

Sifat lain sudah dilaporkan oleh Gardner dkk., (1991) antara lain alela ganda yakni gen yang memiliki alel lebih dari satu pasang, dominan tidak sempurna yakni gen dominan yang 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; letal yakni gen yang ekspresinya dapat berakibat kematian pada organisme yang memilikinya. Gen letal dikenal ada yang bersifat dominan dan ada yang resesif.

h. Miskonsep Pengendali Sifat adalah Faktor Genetik.

Miskonsep pada kode buku no 2 bahwa *Sifat-sifat dan karakteristik dikuasai dan dikendalikan oleh faktor-faktor genetik. Faktor-faktor genetik yang menguasai sifat-sifat tersebut terdapat di dalam kromosom, tepatnya pada gen.* Kode buku no 7 dinyatakan bahwa *Gen yang terdapat dalam kromosom bertanggungjawab terhadap perkembangan dan pertumbuhan sifat setiap makhluk hidup.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Sifat-sifat dan karakteristik makhluk hidup dikendalikan oleh faktor-faktor genetik dan lingkungan (Gardner dkk., 1991).

i. Miskonsep Alela Ganda

Miskonsep alela ganda dinyatakan pada kode buku no 6, 7, 8, 12 bahwa *beberapa organisme memiliki lebih dari dua alela untuk satu lokus. Tiga atau lebih alel atau gen terdapat dalam satu lokus disebut alela ganda atau dalam lokus bersesuaian pada kromosom homolog terdapat lebih dari satu pasang gen.* Alela ganda sering disalahartikan bahwa terdapat beberapa gen sekaligus dalam satu lokus suatu individu. Konsep yang benar sebagaimana dinyatakan oleh Gardner dkk., (1991:37) sebagai berikut.

In fact, different "wild-type" alleles frequently occurs in populations. These alleles will all produce phenotypes within the wild-type range from an extreme mutant phenotype to a nearly wild-type phenotype. When more than two different forms of a given gene exist in a species, they are referred to as multiple alleles.

Jadi alela ganda berlaku untuk tingkat populasi bukan berlaku pada tingkat individu. Pada individu tersebut tetap mengandung gen yang sealel

artinya tetap memiliki dua gen pada kromosom yang sehomolog, bukan berisi tiga atau lebih alel.

j. Miskonsep Kerja Gen

Miskonsepsi kerja gen ditemukan pada kode buku no 7 berikut. *Gen adalah unit instruksi untuk menghasilkan satu sifat hereditas tertentu*. Lebih lanjut dinyatakan pada kode buku no 7 bahwa *Satu gen umumnya hanya mengekspresikan satu sifat. Tapi ada beberapa gen pada lokus berbeda bekerjasama menampakkan satu sifat*. Konsep gen mengekspresikan sifat tertentu masih konsep lama yakni “satu gen mengekspresikan satu karakter”. Sifat/karakter yang ditentukan oleh satu gen merupakan konsep yang terbentuk dari temuan Mendel (Gardner, dkk., 1991). Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Penelitian membuktikan bahwa “satu gen mengekspresikan satu enzim”. Perkembangan terkini sudah terbukti “satu gen yang mengekspresikan satu polipeptida” atau “*one gene one polypeptide*” (Corebima, 1997).

Lebih lanjut terbukti bahwa pembentukan suatu sifat makhluk hidup bukan hanya dikendalikan oleh satu gen, tetapi oleh interaksi beberapa gen seperti ditentukan oleh sekelompok gen yang letaknya bisa tersebar atau tidak tersebar sebagaimana dinyatakan “*Clustered genes specifying one trait*” dan “*Dispersed genes specifying one trait*” (Gardner dkk., 1991:248). Beberapa gen juga dapat membentuk satu karakter atau *modifier gene* sebagaimana dinyatakan Gardner dkk., (1991) menjelaskan “*The effect of the modifier complex is qualitative but because of many genes involved it is difficult to analyze such complexes into single gene components*”.

Terdapat pula kajian tentang gen mengendalikan sifat makhluk hidup dalam konsep interaksi (*epistasis* dan interaksi *nonepistasis*). Terdapat pula kajian tentang *Pleyotropy* 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 & Kiger (1984) menjelaskan “*that is, when a gene effects several traits, is known as pleyotropy*”.

k. Miskonsep Kromosom dan Struktur Kromosom

Kode buku no 2 menyatakan *bentuk kromosom pada setiap fase partumbuhan dalam pembelahan mitosis senantiasa berubah ubah*. Konsep yang benar adalah bentuk kromosom tidak berubah-ubah pada setiap fase pembelahan.

Miskonsep pada kode buku no 3, bahwa *kromatin adalah bentuk kromosom yang dapat diamati saat sel membelah. Benang-benang kromosom memendek dan menebal membentuk kromatin*. Konsep kromosom dan kromatin terbalik. Konsep yang benar adalah kromatin merupakan benang-benang kromosom yang terlihat saat interfase yang belum berkondensasi dengan diameter 300 A°. Sebutan kromosom adalah saat kromosom metafase yakni proses kondensasi kromatin lebih lanjut. Saat berbentuk kromatin diameter 300 A° sesudah berkondensasi menjadi kromosom metaphase menjadi berdiameter 6000 A° atau 7000 A° (Gardner dkk., 1991).

Miskonsep pada buku 10 menyatakan *di dalam nucleus terdapat benang-benang halus disebut kromatin. Bila sel siap membelah benang-benang halus*

itu dipintal membentuk kromosom. Konsep yang benar adalah kromosom bukan hasil pemintalan kromatin tetapi pemendekan atau pemampatan dari kromatin.

Miskonsep pada kode buku no 2, 3, 6, 7, 12, *bagian-bagian kromosom yakni sentromer dan lengan kromosom. Pada lengan tersusun tiga bagian selaput, matrik dan kromonema. Selaput dan matriks merupakan bagian yang lebih dominan dari kromosomnya. Bagian selaput adalah bagian tipis yang menyela-puti/menyelimuti badan kromosom, matrik adalah cairan bening yang mengisi seluruh bagian lengan. Lengan merupakan bagian yang tersusun atas benang-benang kromosom atau benang nukleosom. Pada nukleosom terdapat gen-gen yang dibangun oleh molekul DNA. Matriks kromosom mengandung benang-benang halus berpilin-pilin yang disebut kromonema. Kromonema tersusun atas manik-manik berjejer rapat dinamakan kromomer. Bagian kromonema yang mengalami pembelahan disebut kromomer yang berfungsi untuk membawa sifat keturunan sehingga disebut sebagai lokus gen.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Penyajian molekuler kromosom dengan bagian-bagian lengkap penting untuk menjelaskan struktur kromosom yakni kromosom adalah asosiasi DNA dan protein histon serta pola kondensasinya pada kromosom inti eukariot (Campbell, dkk., 2002). Bagan asosiasi DNA dan protein histon memperlihatkan bentukan serupa manik-manik sepanjang molekul DNA yang dapat terlihat pada mikroskop elektron.

Bentukan manik-manik disebut sebagai nukleosom. Gardner dkk., (1991) menyatakan lebih rinci bahwa struktur nukleosom terdapat empat macam protein histon yaitu H2a, H2b, H3 dan H4 masing-masing sebanyak 2 molekul. Jadi setiap

nukleosom terdapat delapan molekul protein histon atau disebut satu oktamer protein histon. Tiap oktamer dililiti DNA hampir 2 kali. DNA yang meliliti tiap oktamer itu adalah sepanjang 146 pasang nukleotida. Satu nukleosom yang berupa satu manik bukan satu gen karena gen adalah segmen DNA dengan panjang nukleotida tertentu yang mengekspresikan suatu sifat tertentu.

Lengan merupakan bagian yang tersusun atas DNA yang berasosiasi dengan protein histon dan non histon. Jadi kenyataannya adalah DNA yang melilit protein histon dan bukan DNA yang diselaputi oleh protein. Jadi penggambaran lengan terdiri dari matriks berupa protein dan DNA tersebut di atas adalah gambaran klasik kromosom yang sudah saatnya dihilangkan. (Gardner, dkk, 1991).

1. Miskonsep bahwa Kromosom Autosom adalah Diploid dan Kromosom Gonosom adalah Haploid

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 3 pada kalimat *kromosom autosom mempunyai bentuk pasangan yang sama antara jantan dan betina, dan memiliki jumlah $2n - 2$ dengan sifat yang diploid*. Kode buku no 3 juga dinyatakan bahwa *Gonosom mempunyai bentuk pasangan tidak sama antara jantan dan betina, berjumlah satu pasang dan bersifat haploid*. Miskonsep ini terjadi karena menafsirkan bahwa kromosom gonosom atau kromosom kelamin berada di sel kelamin atau sel gamet, dan kromosom autosom berada di sel tubuh.

Salah pengertian tentang kromosom autosom dengan sel autosom atau sel tubuh. Salah penafsiran antara kromosom kelamin atau gonosom dengan sel kelamin atau sel gamet. Konsep yang benar adalah pada kalimat berikut. Seharusnya kromosom autosom mempunyai bentuk yang sama pada individu

jantan maupun betina dan memiliki jumlah $n-1$ pada keadaan haploid (yakni pada sel gamet) atau $2n-2$ pada keadaan diploid (yakni pada sel tubuh). Kromosom gonosom mempunyai bentuk pasangan yang tidak sama antara individu jantan dan betina (bentuk morfologi berbeda) dan berjumlah sepasang. Kromosom gonosom tidak haploid, karena kromosom gonosom ada di sel gamet dan sel tubuh. Pada haploid (di sel gamet) jumlah kromosom gonosom adalah satu, pada diploid (di sel tubuh) jumlah kromosom gonosom adalah 2 atau 1 pasang (Gardner, dkk., 1991).

m. Miskonsep Cara Replikasi

Miskonsep cara replikasi pada kode buku no 1, 3, 6, 7, 9, 12 yakni *replikasi ada tiga cara yakni replikasi berlangsung secara konservatif, semikonservatif dan dispersif. Tidak dijelaskan proses replikasi manakah yang terbukti benar.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Replikasi terjadi secara semikonservatif yang diawali dengan membuka ikatan diantara untai DNA kemudian DNA baru disintesis menggunakan cetakan dari kedua untaian DNA lama. (Gardner, dkk., 1991).

n. Miskonsep Proses Replikasi

Miskonsep pada buku 1, 3, 5, 11, tentang proses replikasi adalah sebagai berikut. *Ikatan hidrogen membuka sehingga kedua pita akan terurai dan memisah. Pita saling memisah. Basa nitrogen pada masing-masing pita berfungsi sebagai cetakan yang mengatur pengikatan basa komplementer (basa pelengkap) pada pita baru yang dibentuk.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Replikasi terjadi secara semikon-servatif yakni berlangsung *bidirectional* (dua arah) dan terjadi pada beberapa titik/gelembung replikasi. Pita saling memisah namun pita polinukleotida tidak memisah seluruhnya. Oleh sebab itu untuk mempercepat proses penggandaan maka replikasi terjadi pada beberapa titik menghasilkan gelembung replikasi. Jadi replikasi terjadi bertahap dan berjalan terus menerus. Masing-masing pita berfungsi sebagai cetakan dengan arah yang sama sehingga terbentuk *leading strand* dan segera pula membentuk *lagging strand* (Gardner, dkk., 1991).

o. Miskonsep Peran Enzim Replikasi

Miskonsep pada kode buku no 11 adalah *Enzim polymerase berperan sebagai enzim yang berfungsi memisahkan dua untai DNA*. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Enzim yang berperan dalam memisahkan untai DNA adalah enzim *helicase* bukan *enzim polymerase*. Enzim *polymerase* ada 3 macam yakni *polymerase I*, *II* dan *III*. Enzim ini berfungsi menambahkan nukleotida baru pada tiap untai DNA lama. Enzim yang paling berperan pada polymerisasi nukleotida baik pada *leading strand* maupun *lagging strand* adalah *DNA polymerase III*. *DNA polymerase I* berperan pada polymerisasi nukleotida pada *lagging strand* di tempat terlepasnya primer ARN satu demi satu dengan arah 5'---3'. *DNA polymerase II* belum diketahui peranannya (Campbell, dkk., 2002).

Miskonsep pada buku 8 bahwa *enzim helicase berfungsi untuk membuka rantai ganda menjadi dua buah rantai tunggal*. Kalimat ini dapat disalahartikan bahwa dua rantai polipeptida akan berpisah sama sekali menjadi dua rantai tung-

gal yang berdiri sendiri. Kode buku no 1 dinyatakan bahwa *enzim helikase berfungsi untuk membentuk gelembung-gelembung replikasi*. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Gardner dkk., (1991) menyatakan bahwa *Enzim helicase* berfungsi membuka helix DNA pada daerah Y (daerah pangkal replikasi fork). Jad lebih tepat dijelaskan apabila dijelaskan terlebih dahulu bahwa enzim helikase berfungsi membuka heliks DNA. Selanjutnya Campbell dkk., (2002: 307) menyatakan protein (maksudnya enzim helikase) yang memulai replikasi mengenali urutan spesifik DNA sebagai pangkal replikasi dan protein ini menempel pada DNA dan memisahkan kedua untai dan selanjutnya membuka sebuah gelembung replikasi.

Miskonsep pada buku 8 dinyatakan bahwa **Enzim ligase berfungsi menyambung fragmen DNA hasil sintesis**. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Replikasi menghasilkan polinukleotida baru yang prosesnya bersambung (*leading strand*) dan proses yang terputus-putus (*lagging strand*). *Enzim ligase* hanya bekerja pada *lagging strand* untuk menyambung fragmen okazaki atau fragmen DNA yang terputus-putus. Enzim ini tidak bekerja pada *leading strand*. Fungsi *enzim ligase* adalah menutup celah-celah antar tiap fragmen Okazaki, dengan membentuk ikatan fosfodiester (Ayala & Kiger , 1984).

p. Miskonsep Proses Replikasi dengan Analogi Resleting dan Berlangsung Dua Arah 5'—3' dan 3'—5'

Miskonsep pada kode buku no 8 tentang *proses replikasi digambarkan sebagai resleting yang sedang membuka. Masing-masing belahan untai DNA kemudian akan membentuk komplemennya. Setelah mendapatkan pasang-*

annya yang sesuai akan terbentuk ikatan (3 nukleotida paling bawah). Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Replikasi dianalogikan sebagai resleting, dapat disalahtafsirkan bahwa pembentukan nukleotida baru terjadi dengan cara yang sama sehingga menghasilkan kedua untai DNA yang kontinyu. Seharusnya replikasi terjadi dengan arah yang sama sehingga satu utas berlangsung secara kontinyu disebut *leading strand*. Utas yang satunya berlangsung secara terputus-putus disebut *lagging strand* (adanya fragmen-fragmen okazaki). Hal ini terjadi karena arah replikasi yang sama yakni arah 5'—3'.

Buku no 8 menyatakan ***Arah pembentukan nukleotida baru adalah arah 5'—3' dan arah 3'—5'***. Bagian lain buku 8 menyatakan ***arah pembentukan nukleotida baru hanya satu arah***. Buku 12 menyatakan ***gambar penambahan nukleotida baru adalah arah 3'—5'***. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Replikasi terjadi secara bidirectional artinya penambahan nukleotida baru berlangsung dalam dua arah ke kanan dan ke kiri karena penambahan nukleotida baru selalu dari ujung 5 ke ujung 3 sehingga arah replikasi tetap arah 5'—3'. Campbell dkk., (2002) menjelaskan bahwa penambahan nukleotida baru menghasilkan *leading strand* dan *lagging strand* dan selalu dalam arah yang sama. Arah yang sama yakni 5'—3' artinya penambahan gugus nukleotida baru selalu pada atom 3 gula deoksiribosa arahnya selalu 5'—3' sehingga berakibat terbentuknya untai DNA yang *leading strand* (DNA baru yang dihasilkan terus menerus) dan *lagging strand* (DNA baru yang dihasilkan terputus-putus).

3. Hubungan Gen, RNA, Polipeptida, dan Proses Sintesis Protein

Miskonsep banyak ditemukan antara lain pada konsep: tempat berlangsungnya pembentukan rRNA, tRNA; peran DNA sebagai template; fungsi kodon dan proses sintesis protein.

a. Miskonsep tentang Definisi Transkripsi

Miskonsep pada kode buku no 3, 4, 6, 7, 8 dan 11 bahwa *transkripsi adalah proses replikasi DNA untuk membentuk RNA-d*. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Transkripsi bukan proses replikasi. Hasil transkripsi bukan DNA yang identik dengan DNA asalnya, tetapi merupakan proses pembentukan RNA yang akan menjadi kode genetik yang mengkode urutan asam amino. Basa RNA disusun berdasarkan aturan pemasangan basa. Pasangan ini serupa dengan pasangan yang terbentuk selama replikasi DNA, kecuali bahwa U pada RNA untuk mengganti T, berpasangan dengan A. Triplet basa RNA selanjutnya disebut kodon (Campbel, dkk., 1999).

Miskonsep pada kode buku no 6 dan 7 adalah *Transkripsi adalah proses transfer informasi genetik dari ruas DNA (gen) ke dalam molekul mRNA*. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Transkripsi adalah proses transfer informasi genetik DNA menjadi RNA yang terdiri dari tiga macam RNA. Karena itu hasil transkripsi bukan hanya mRNA tetapi mRNA, rRNA dan tRNA. Transkripsi adalah transfer informasi genetik yang terdapat dalam urutan nukleotida DNA menuju ke urutan nukleotida RNA (Ayala, 1984); dalam rumusan lain, pada transkripsi terjadi penyalinan atau perekaman informasi genetik yang ada pada DNA (berupa urutan nukleotida) menghasilkan salinan atau rekaman berupa urutan nukleotida RNA, secara molekuler

penyalinan atau perekaman informasi genetik (transkripsi) yang menghasilkan RNA tersebut berlangsung dengan acuan DNA sebagai templat. Secara lebih spesifik dinyatakan oleh Ayala, dkk., 1987 bahwa satu macam *RNA polymerase* mentranskripsikan urutan DNA yang membawa informasi untuk tiga macam molekul RNA yaitu **RNA-r, RNA-t, dan RNA-d**

Miskonsep pada kode buku no 4 adalah *hasil transkripsi DNA digunakan RNA untuk sintesis protein*. Konsep yang benar adalah hasil transkripsi DNA merupakan informasi genetik berupa RNAd yang terdiri dari kodon-kodon yang berfungsi mengkode asam amino tertentu yang akan membentuk protein.

b. Miskonsep bahwa Gen adalah Bahan Utama Sintesis Polipeptida

Miskonsep pada kode buku no 11, 14 dan 15 bahwa *Bahan baku utama sintesis polipeptida adalah gen. Gen dalam bentuk DNA ada di dalam nukleus, sedangkan sintesis polipeptida terjadi di ribosom. Jadi DNA memerlukan perantara yang dapat membawa pesannya ke ribosom. Perantara tersebut adalah RNA-d yang dihasilkan melalui transkripsi. Kemudian pesan yang dibawa oleh ARN-d akan diterjemahkan oleh ARN-t dalam proses translasi*.

Konsep yang benar adalah gen berupa polinukleotida unting ganda yang salah satu untingnya menjadi templat pada proses transkripsi atau pembentukan RNA. Bahan baku sintesis polipeptida adalah asam amino yang ada di sitoplasma. RNAr yang berperan sebagai cetakan urutan asam amino. ARNt berfungsi mengangkut asam amino sesuai urutan yang ada pada RNAd (Russel, 1992).

c. Miskonsep bahwa DNA dan RNA adalah materi genetik pada eukariotik.

Miskonsep pada buku 14 Proses sintesis atau pembentukan protein memerlukan adanya molekul RNA yang merupakan materi genetik di dalam kromosom, serta DNA sebagai pembawa sifat keturunan. Konsep yang benar adalah DNA sebagai materi genetik ditemukan pada pada makhluk hidup prokariotik dan eukariotik. RNA sebagai materi genetik ditemukan pada golongan retrovirus.

d. Miskonsep bahwa proses sintesis protein ada tiga tahap.

Miskonsep ditemukan pada buku 14 bahwa Sebelum terjadi sintesis protein, DNA pada struktur nukleosom akan lepas dari protein histon oleh bantuan kerja enzim polimerase. Secara umum, proses sintesis protein meliputi tiga tahapan utama, antara lain: Replikasi DNA, Transkripsi dan Translasi. Konsep yang benar adalah sintesis protein terdiri dari 2 tahap yakni transkripsi dan translasi. Replikasi terkait dengan proses lain yang terjadi sebelum terjadi pembelahan sel. Transkripsi dan translasi senantiasa terjadi setiap saat dan tidak tergantung dengan waktu replikasi. (Gardner dkk, 1991).

e. Miskonsep bahwa DNA Melaksanakan Fungsi dengan Cara Mengkopi DNA Menjadi RNA

Miskonsep pada kode buku no 11 bahwa *DNA melaksanakan fungsinya dengan cara DNA dikopi terlebih dahulu menjadi RNA dan hasil kopiannya itulah yang melakukan sintesis polipeptida*. Konsep yang benar adalah pada transkripsi DNA tidak dikopi. Hasil kopi DNA adalah duplikasi yang dihasilkan dari proses replikasi DNA. Seharusnya DNA template pada proses transkripsi akan membentuk kodon. Selanjutnya sintesis protein berlangsung sesuai urutan

kodonna/ARN duta. Jadi proses membentuk RNA bukan proses mengkopi tetapi membentuk kodon (RNAd), antikodon (RNAt) dan RNAr.

DNA yang ditranskripsi hanya dari satu utas, menghasilkan kode genetik berupa ARN. Sedangkan replikasi menghasilkan kopian DNA yang sama persis. 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*”.

Miskonsep pada buku 11 bahwa ***Hal ini dimaksudkan agar gen asli tetap terlindungi, sementara hasil kopiannya ditugaskan untuk melaksanakan pesan-pesan yang dikandungnya.*** Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Proses transkripsi bukan proses mengganda dengan tujuan untuk melindungi gen asli. Transkripsi adalah proses pembentukan ARN pada nukleus menjadi kode genetik sebagai cetakan untuk membuat protein.

f. Miskonsep Asal Urasil adalah Timin

Miskonsep pada kode buku no 11 bahwa ***RNA tidak memiliki basa Timin dan sebagai gantinya adalah Urasil yang memiliki struktur kimia hampir sama dengan T.*** Konsep yang benar adalah Urasil pengganti dari basa Timin. Tetapi struktur Urasil tidak mirip dengan basa Timin. Karena Urasil terbentuk sebagai proses deaminasi Sitosin (Russel, 1992).

g. Miskonsep tentang Enzim Transkripsi

Miskonsep pada kode buku no 3 dan 6 bahwa Enzim RNA polimerase memutus ikatan hydrogen dan akibatnya terbentuk satu untai DNA yang bebas ***sehingga memberi kesempatan basa-basa pasangannya menyusun mRNA.***

Kalimat ini memberi pengertian tidak adanya mekanisme tertentu dalam suatu kejadian. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Selama tahap elongasi, *RNA Polymerase (core enzyme)* memutuskan ikatan hidrogen, serta membuka lilitan heliks ganda, setiap kali bergerak sepanjang molekul DNA dan selanjutnya di saat itu menghubungkan ribonukleotida-ribonukleotida ke ujung 3' dari molekul RNA yang sedang tumbuh, sesuai dengan macam basa pada DNA yang menjadi templet (Russel, 1992).

h. Miskonsep tentang RNAd

Miskonsep pada kode buku no 11 bahwa *RNAd merupakan molekul penghubung antara DNA dengan protein dan membawa pesan berupa informasi genetik dari DNA untuk membentuk protein*. Kalimat ini dapat disalah artikan. RNAd bukan merupakan molekul penghubung DNA dengan protein. Lebih tepat diganti dengan kalimat: DNA mengandung informasi genetik yang mengalami transkripsi menjadi RNAd yang merupakan kodon-kodon (terdiri dari triplet basa nukleotida). Kodon ini berfungsi mengkode asam amino tertentu yang selanjutnya mengalami translasi membentuk protein.

Miskonsep pada kode buku no 2 bahwa *Satu molekul RNAd membuat untaian ribosom untuk mensintesis polipeptida*. Konsep yang benar adalah proses transkripsi yang menghasilkan *RNA-r* berlangsung pada nukleolus, dikatalisasi oleh enzim *RNA polymerase I* (Russel, 1992). Jadi RNAd tidak membuat untaian ribosom.

i. Miskonsep tentang RNAr

Miskonsep pada kode buku no 3 dan 4 dinyatakan *RNA banyak terdapat di sitoplasma dan nucleus terutama dalam ribosom*. Konsep yang benar adalah RNA dibentuk di nukleus kemudian menuju ke sitoplasma untuk proses selanjutnya yakni translasi yang berlangsung di ribosom.

Miskonsep pada kode buku no 2, 6, 7 dan 12 bahwa *Asal RNAr dari DNA yang banyak berada di dalam ribosom*; Buku 2 dinyatakan *asal rRNA adalah di nukleus*. Konsep yang benar adalah pada eukariotik RNAr dibentuk di dalam nukleolus kemudian keluar menuju sitoplasma. Ribosom disusun oleh RNAr yang dibentuk oleh gen di nucleolus. Sebagaimana dinyatakan Gardner (1991:260) bahwa *“In eukaryotes, however, rRNA synthesis occurs in the nucleolus and is catalyzed by a special RNA polymerase present only in the nucleolus”*. Jelas bahwa RNAr tidak dibentuk oleh RNAd.

j. Miskonsep tentang RNAt

Miskonsep pada kode buku no 6 dan 12 bahwa *RNAt dibentuk oleh DNA yang berada di sitoplasma*. Buku no 15 dinyatakan bahwa di dalam sitoplasma banyak terdapat tRNA, asam amino dan enzim amino asil sintetase (tidak menjelaskan asal RNAt dapat ditafsirkan RNAt dibentuk di sitoplasma) . Konsep yang benar adalah proses pembuatan RNA-t siap pakai pada makhluk hidup eukariotik berlangsung di dalam inti. Jadi RNAt dibentuk oleh gen di dalam inti (Russel, 1992) Pada sitoplasma tidak ada DNA kecuali pada organela seperti mitokondria dan plastid memiliki mekanisme khusus yang berbeda dengan proses yang terjadi di dalam inti.

k. Miskonsep tentang Ribosom

Miskonsep pada kode buku no 3 bahwa hasil penyusunan mRNA yang sudah jadi akan meninggalkan inti untuk melekat pada ribosom, yang merupakan organela pelaksana sintesis protein. Buku 15 dinyatakan rRNA yaitu RNA yang terdapat dalam sitoplasma tepatnya di ribosom dan berfungsi mengatur dalam proses sintesis protein. Konsep yang benar adalah Ribosom pada makhluk hidup prokariotik (*E. coli*) terdiri dari subunit besar berukuran 50S, dan subunit kecil berukuran 30S (secara keseluruhan ribosom *E. coli* berukuran 70S). Tiap subunit ribosom itu merupakan suatu kompleks gabungan antara RNA-r dan protein (Russel, 1992). Jadi rRNA bersama protein merupakan penyusun ribosom.

l. Miskonsep Kode Genetika adalah Triplet Basa Nitrogen DNA dan RNA

Miskonsep pada kode buku no 1 bahwa *kode genetika merupakan suatu pengkodean urutan triplet basa nitrogen DNA dan RNA pada proses sintesis protein. Setiap kode triplet basa nitrogen akan menghasilkan suatu jenis asam amino*. Istilah triplet DNA dapat disalahartikan bahwa semua DNA itu akan mengkode asam amino, padahal tidak demikian. DNA adalah kodogen yang membentuk kodon-kodon atau mRNA. Lebih tepat tidak menggunakan istilah triplet DNA karena tidak semua segmen DNA merupakan kodon. Pada proses modifikasi pasca transkripsi ada segmen DNA yang dislicing karena bukan pengkode asam amino. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Triplet basa nukleotida dikenal hanya pada RNA atau kodon atau RNA bukan sebagai triplet DNA. Sebagaimana Russel (1992) menyatakan bahwa urutan nukleotida pada

RNA-d yang menspesifikasi urutan-urutan asam amino pada polipeptida secara populer disebut sebagai kode genetika atau kodon.

m. Miskonsep bahwa RNA akan dirangkai menjadi asam amino.

Miskonsep ditemukan pada buku 14 bahwa kode-kode sandi pada DNA tersebut nantinya akan dibawa atau dicetak untuk membentuk RNA. Informasi berupa urutan kode-kode sandi pada RNA akan dirangkai menjadi asam-asam amino, peptida, polipeptida, sampai terbentuk protein. Konsep yang benar adalah informasi berupa urutan kodon yang terdiri dari 3 basa RNA selanjutnya diterjemahkan oleh RNAt. Setiap RNAt membaca satu kodon dan membawa asam amino dari sitoplasma. Asam amino selanjutnya dirangkai sesuai urutan kodon pada RNAd. Selanjutnya asam amino dirangkai menjadi polipeptida sampai terbentuk protein struktural maupun non struktural.

n. Miskonsep Proses Pencetakan RNA sebagai Hasil Kopi dari Antisense

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 11 sebagai berikut. *Pencetak memiliki urutan G-G-C-T-T-A maka komplemennya adalah C-C-G-A-A-T. RNA hasil cetakannya adalah C-C-G-A-A-U yang merupakan kopi dari C-C-G-A-A-T (gen), dan merupakan komplemen dari pencetak.* Konsep yang benar adalah Pencetak atau kodegen atau sense memiliki urutan G-G-C-T-T-A dan antisen-senya adalah C-C-G-A-A-T. Urutan RNA yang dihasilkan adalah C-C-G-A-A-U. Perbedaan sense dan urutan basa RNA adalah U pada RNA dan T pada antisense. RNA bukan hasil kopi dari antisense, proses biokimiawi berbeda membentuk nukleotida pasangan saat replikasi dengan membentuk kodon saat transkripsi.

o. Miskonsep Tempat Sintesis Protein

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 6 bahwa *sintesis protein berlangsung di dalam inti sel dan mitokondria. Sintesis protein melibatkan DNA, RNA dan mitokondria.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Sintesis protein berlangsung dalam dua tahap yakni transkripsi berlangsung di dalam inti sel. Dilanjutkan dengan translasi yakni penerjemahan kodon (*mRNA*) menjadi asam amino di sitoplasma, tepatnya di ribosom bukan mitokondria. Sebagaimana dinyatakan Gardner dkk., (1991:255) bahwa “*The mRNA then carries the genetic information from its site of synthesis in the nukleus to the sites of protein synthesis the ribosomes in the cytoplasm.*”

Ribosom bukan sebagai organel karena keberadaannya terbentuk saat translasi ketika menyatu dua unit ribosom besar dan kecil. Bila translasi selesai maka dua unit penyusun ribosom akan memisahkan diri (Russel, 1992).

p. Miskonsepsi bahwa Satu Gen Mengendalikan Satu Polipeptida atau Protein

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 11 bahwa *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 yang terdiri 300-500 asam amino.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Asam amino dikenal ada 20 macam. Kodon yang ada sejumlah 64 macam. Oleh karena itu 1 asam amino bisa di kode oleh 1 atau lebih dari 1 kodon. Makin banyak kodon bukan berarti makin banyak asam amino (asam amino hanya 20 macam). Jadi yang benar bahwa polipeptida dapat disusun dari 300-500 asam amino (yang berjumlah

20 macam) dalam urutan spesifik sesuai urutan kodon untuk membentuk untaian polipeptida.

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 4 dan 9 bahwa ***dengan adanya 20 jenis asam amino, harus ada aturan yang dapat menjamin pengendalian gen dalam pembentukan protein, selalu bersifat khas (satu gen hanya menyandikan satu jenis protein)***. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Satu gen berupa banyak triplet basa. Setiap triplet basa nitrogen menghasilkan suatu jenis asam amino. Sebaliknya tidak setiap jenis asam amino dikode hanya oleh 1 kodon, tetapi bisa dikode oleh lebih dari satu kodon. Selanjutnya untaian asam amino membentuk 1 polipeptida. Satu gen tidak hanya menyandikan satu jenis protein tetapi bisa lebih dari 1 protein. Jadi satu gen bisa menyandikan 1 atau lebih dari 1 polipeptida (protein). Sebaliknya 1 polipeptida pasti dikode oleh 1 gen (Corebima, 2010).

Miskonsep pada buku 11 bahwa ***Gen berfungsi mengontrol pembuatan polipeptida. Satu gen untuk satu polipeptida***. Hipotesis ini berlaku sampai saat ini. Namun perlu pencermatan kembali, karena konsep *one gene one polypeptide* tidak relevan dengan beberapa kondisi. Satu polipeptida adalah hasil kerja dari satu gen, tetapi tidak tepat untuk *one gene one polypeptide*. Kelemahan hipotesis *one gene one polypeptide* adalah 4 fakta menurut Corebima, (2010) yaitu :

- (a) adanya pengaturan terkoordinasi dari ekspresi gen, dimana sejumlah gen yang terletak terpisah dikoordinasi untuk merespon kebutuhan fisiologis tertentu;
- (b) terdapat mekanisme penataan kembali gen sehingga dihasilkan beberapa susunan gen yang mengekspresikan fenotip yang berbeda-beda untuk tiap-

tiap susunan; misalnya mekanisme penataan kembali gen pada sistem respon imun, adanya splicing transkripsi dari gen mRNA, ditemukan gen yang *overlapping* dan tidak setiap gen mentranskripsikan mRNA.

- (c) model operon (prokariot) atau *operon like* (eukariot), yaitu bahwa kerja suatu gen dipengaruhi oleh gen-gen yang lain; dan
- (d) tidak ada kolinearitas antara gen dan polipeptida pada eukariot karena adanya segmen intron yang mengalami splicing pada mekanisme modifikasi pasca transkripsi.

q. Miskonsep Kode Genetik yang Mengawali Translasi

Miskonsep pada kode buku no 11 adalah *mencontohkan awal translasi dengan ARNt menggandeng leusin dengan urutan antikodon GAA. Urutan kodon adalah CUU*. Konsep yang benar adalah translasi dimulai dengan kode genetik inisiasi atau kodon start yakni pada eukariotik adalah metionin dengan kodon AUG atau GUG dan antikodon UAC. Sedangkan pada prokariotik adalah formilmethionil dengan kodon AUG.

Sebagaimana dinyatakan oleh Russel (1992) bahwa pada prokariot maupun eukariot, proses translasi selalu dimulai pada kode genetika AUG, oleh karena itu kode genetika AUG disebut sebagai kode genetika inisiasi. Protein yang baru terbentuk pertama kali pada prokariot maupun eukariot selalu diawali dengan methionin; pada beberapa kasus asam amino methionin ini selanjutnya disingkirkan.

Asam amino methionin pertama yang diangkut RNAt ke ribosom pada *E.coli* (prokariot) sesuai kode genetik AUG adalah formylmethionin atau

disingkat f-Met dan bukan methionin. Asam amino f-Met hanya digunakan pada inisiasi translasi. Pada eukariot, proses sintesis protein relatif sama seperti pada prokariot. AUG juga merupakan kode genetika inisiasi. Akan tetapi asam amino pertama pada proses translasi itu tetap methionin dan bukan f-Met, karena enzim yang dibutuhkan formilasi tidak ada pada eukariot (Russel,1992).

r. Translasi sebagai Dampak dari Keluarnya RNAd dan RNAr ke Sitoplasma

Miskonsep pada kode buku no 7, 12 bahwa *dampak perpindahan RNAm dari inti ke ribosom adalah RNAt segera mengikat asam amino yang sesuai.* Miskonsep pada kode buku no 7 bahwa *kedatangan ribosom besar berdampak pada pengenalan kode-kode genetik pada rantai RNAm oleh RNAt sehingga penerjemahan dapat berlangsung.* Konsep yang benar adalah proses translasi bukan merupakan dampak dari sesuatu kejadian yang terjadi secara otomatis, tetapi melalui meka-nisme yang kompleks melibatkan kompleks ribosom dan protein. Gardner dkk., (1991) menyatakan bahwa pada proses translasi dilibatkan lebih dari 50 macam polipeptida serta 35 macam molekul RNA yang terdapat dalam tiap ribosom (komposisi yang pasti berbeda antar spesies). Lebih lanjut dilibatkan pula sekurang-kurangnya 20 macam enzim aktivasi asam amino, (aminoacyl-tRNA synthetase), 40-60 molekul RNAt yang berbeda-beda, serta sekurang-kurangnya 9 protein terlarut yang dibutuhkan pada saat inisiasi, elongasi, dan terminasi.

s. Miskonsep bahwa translasi adalah penerjemahan RNA membentuk atau membuat asam amino.

Miskonsep ditemukan pada buku no 14 bahwa Translasi merupakan proses penerjemahan beberapa triplet atau kodon dari RNA m menjadi asam amino-asam amino yang akhirnya membentuk protein. Ribosom sub unit kecil mengikatkan diri pada RNA m yang telah membawa sandi bagi asam amino yang akan dibuat, serta mengikat pada bagian inisiator RNA t (**Pernyataan ini jelas sekali menafsirkan bahwa asam amino dibentuk atau disintesis oleh RNA, padahal asam amino tdk dibuat oleh RNA tetapi asam amino sudah ada di sitoplasma tinggal dirakit sesuai urutan kodon pada RNAd**). Misalnya, asam amino fenilalanin diterjemahkan dari triplet UUU (terdiri dari 3 basa urasil), asam amino triptofan (UGG), asam amino glisin (GGC), dan asam amino serin UCA.. Kodon pemula pada proses translasi adalah AUG, yang akan mengkode pembentukan asam amino metionin. Menurut hasil percobaan tersebut, cetakan UUU yang dibawa oleh RNA m, artinya adalah asam amino fenilalanin. Dengan cara yang sama, triplet CCC diartikan sebagai prolin dan triplet AAA artinya asam amino lisin.

t. Translokasi Asam Amino

Miskonsep pada kode buku no 3, 4, 6, 8 bahwa *proses perpanjangan asam amino tidak dijelaskan melalui proses perpindahan asam amino dari P site ke A site maupun proses translokasi*. Miskonsep pada kode buku no 11 dan 12 bahwa *saat translasi dua RNA-t dapat menempel sekaligus pada ribosom, dan antikodon berpasangan dengan kodon*. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Kalimat bahwa RNAd bisa menempel sekaligus dua pada ribosom tidak

tepat. Russel,1992 menyatakan bahwa penambahan asam amino baru dilakukan melalui proses yang sebelumnya yakni terbentuk ikatan peptida diantara 2 asam amino yang berdekatan, dikatalisasi oleh peptidyl transferase. Asam amino dari tapak P bergabung berikatan dengan tRNA pada tapak A, membentuk sebuah peptidyl-tRNA.

Selanjutnya terjadi translokasi yakni ribosom bergerak ke arah ujung 3' sejauh satu kode genetika berikutnya. Peristiwa translokasi itu dibantu protein faktor elongasi yang disebut EF-G0 membentuk kompleks EF-GTP berikatan pada ribosom, selanjutnya terjadilah translokasi bersamaan dengan terlemparnya RNAt (yang sudah tidak membawa asam amino) dari tapak P ke tapak E.

Akibat translokasi, RNAt yang masih berikatan (ikatan hidrogen) dengan kode genetika menempati tapak P, sedangkan tapak A kosong. Sehingga penambahan asam amino sesuai kode genetika berikutnya sudah siap dilaksanakan. (Hal ini yang disebut sebagai dua RNAd bisa menempel sekaligus pada ribosom).

u. Miskonsep Kesalahan Penerjemahan Saat Translasi

Miskonsep pada kode buku no 3 adalah sebagai berikut. *Walaupun RNA telah bekerja dengan teliti dalam proses sintesis protein, tetapi kesalahan dalam menerjemahkan mungkin dapat juga terjadi. Jika terjadi kesalahan dalam menerjemahkan kode-kode tersebut, maka asam-asam amino yang tersusun akan berbeda dan tidak sesuai dengan yang diharapkan DNA maka terjadi mutasi dan berdampak perubahan pada makhluk hidup itu.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Perubahan genetik disebut sebagai mutasi, dan hasil

perubahan itu dapat (tidak selalu) diwariskan serta dapat (tidak selalu) dapat dideteksi. Sebelum benar-benar terjadi perubahan struktur dari kodon, ada mekanisme perbaikan DNA agar tidak terjadi perubahan kode asam amino. Jadi seandainya terjadi perubahan kode genetik tetapi tetap mengkode asam amino yang sama tetap dikatakan telah terjadi mutasi tapi tidak terdeteksi. Apabila perubahan kodon berakibat pada perubahan susunan asam amino maka perubahan atau mutasi itu dikatakan sebagai perubahan struktur genetik yang terdeteksi. Jadi mutasi bisa berdampak langsung bisa juga tidak berdampak langsung pada individu yang terkena mutasi (Corebima, 2000).

Miskonsep pada kode buku no 11 sebagai berikut. *Pesan-pesan genetik berupa urutan basa nitrogen ada di RNA. Jika RNA rusak, akan segera diganti dengan hasil kopian yang baru.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Tidak ada mekanisme penggantian RNA yang rusak dengan kopian RNA yang baru. Jika RNA rusak, dan urutan kodon yang dihasilkan menyandi asam amino yang berbeda dari mula-mula maka berakibat terjadi mutasi. Mutasi baru terdeteksi jika menghasilkan perubahan kode asam amino. Namun sebelum terjadi mutasi, ada mekanisme perbaikan DNA yang rusak atau RNA yang rusak (Corebima, 2000).

4. Keterkaitan antara Proses Pembelahan Mitosis dan Meiosis dengan Pewarisan Sifat

a. Miskonsep Istilah Replikasi dan Duplikasi

Miskonsep pada buku 7 bahwa *pada tahap S terjadi replikasi dan duplikasi DNA.* Miskonsep pada buku 7 bahwa *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. Konsep yang benar adalah dinyatakan Gardner dkk., (1991) bahwa penggandaan kromosom disebut sebagai replikasi. Replikasi dan duplikasi adalah dua istilah yang sama. Replikasi dari segi proses adalah penggandaan DNA. Duplikasi dari segi hasil adalah menghasilkan duplikat DNA menjadi dua.

b. Miskonsep Pembelahan Mitosis:Fase Interfase

Miskonsep pada kode buku no 2 bahwa *pada Interfase, sel tidak mengadakan aktivitas baik secara fisik maupun reaksi kimia.* Konsep yang benar adalah *This stage is devoted to cell growth and chemical preparation for DNA synthesis. At a defined time, duplication of the genetic material commences.* Gardner dkk., (1991:54).

Miskonsep pada kode buku no 7 bahwa *pada tahap G2 terjadi penggandaan kromatin menjadi dua tetapi sentromernya masih bergabung.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut.. Penggandaan kromosom atau replikasi terjadi di tahap S bukan tahap G2 dari siklus sel. Pada G2 tidak ada aktivitas. Sebagaimana dinyatakan Gardner et.al. (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*”.

Miskonsep pada kode buku no 3, 6 dan 12 bahwa *pada tahap Interfase terjadi sintesis DNA, sel mengumpulkan materi dan energi untuk mitosis.* Konsep tersebut kurang lengkap. Konsep yang benar adalah sebagai berikut.

Tahap interfase sel mengumpulkan materi dan energi (aktivitas yang sangat terkait dengan proses transkripsi translasi), sintesis DNA dan replikasi DNA untuk mempersiapkan pembelahan berikutnya (Gardner, dkk., 1991).

Miskonsep pada buku 7 bahwa *pada fase interfase sel dalam keadaan dinamis. Sel aktif mensintesis zat dan pengumpulan energy. Akibat penimbunan zat dan energi menyebabkan massa dan volume bertambah besar sehingga tidak seimbang dengan luas sel. Keadaan ini mendorong sel melakukan pembelahan mitosis.* Setiap kejadian dalam siklus sel bukan dipicu oleh kejadian sebelumnya. Konsep yang benar adalah siklus sel digerakkan oleh sinyal kimiawi tertentu yang ada di sitoplasma disebut sebagai sistem pengontrolan siklus sel yakni sekumpulan molekul yang beroperasi secara siklik dalam sel yang memicu maupun mengkoordinasi kejadian penting dalam siklus sel. Siklus sel ini diatur pada checkpoint-checkpoint tertentu oleh pengontrolan internal dan eksternal (Campbel dkk., 2002).

c. Miskonsep Pembelahan Mitosis:Fase Profase

Miskonsep pada kode buku no 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 11 dan 12 bahwa *pada fase profase lengan kromosom berduplikasi membentuk dua kromatid yang terikat pada sentromer.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Pada profase kromosom telah berduplikasi (sebagai hasil replikasi di fase interfase) membentuk dua kromatid yang terikat pada sentromer (Gardner dkk., 1991)

Miskonsep pada buku 7 adalah sebagai berikut. *Pada tahap awal pembelahan sel, setelah sel mereplikasikan DNA yang terdapat di dalam benang-benang kromatin maka akan terjadi pertumbuhan benang kromatin menjadi*

kromosom. Tidak tepat bila ‘benang kromatin mengalami pertumbuhan’. Konsep yang benar adalah “benang kromatin menjadi tergulung lebih rapat, memendek dan menebal atau memadat menjadi kromosom”. (Campbel, dkk., 2002:224).

Miskonsep pada kode buku no 11 bahwa *pada fase profase, kita dapat menghitung jumlah pasangan kromosom di dalam sel. Benang-benang kromosom tersebut berpasangan.* Kromosom di fase profase ini belum bisa dihitung karena kromatin masih dalam proses menjadi kromosom sampai akhir profase. Campbell (1999) menyatakan selama profase benang kromatin tergulung lebih rapat, memadat menjadi kromosom terpisah yang dapat diamati dengan mikroskop cahaya. Pernyataan Campbell hanya menunjukkan kromosom bisa dilihat dengan mikroskop cahaya, bukan dapat dihitung. Sedangkan Gardner dkk., (1991:55) lebih jelas menyatakan bahwa “*Metaphase chromatids are tightly coiled and discrete, thus facilitating chromosome count and gross structural comparison*”. Jadi pengamatan kromosom lebih jelas dapat dihitung saat metaphase.

d. Miskonsep Pembelahan Mitosis:Fase Metafase

Miskonsep pada kode buku no 4 bahwa *pada mitosis fase metaphase yang bersegregasi adalah kromosom homolognya.* Konsep yang benar adalah *pada mitosis fase metaphase yang bersegregasi adalah kromatidnya seperti dinyatakan* Gardner dkk., (1991:55) bahwa “*After anaphase separation occurs, each chromatid has its own centromer and is now a chromosome*”.

e. Miskonsep Pembelahan Mitosis: Fase Telofase

Miskonsep pada kode buku no 7 bahwa *pada tahap telofase ditandai de kondensasi kromosom menjadi benang kromatid dan terbentuk membran inti lagi*. Ada kecacauan konsep benang kromatin, kromosom, kromatid. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. *Pada tahap telofase ditandai de kondensasi kromosom menjadi benang kromatin dan terbentuk membran inti lagi*. Gardner dkk., (1991:G3) menyatakan bahwa:

Chromatin is the deoxyribonucleohistone in chromosomes; originally named because of the readiness with which it stains with certain dyes (chromaticity). Chromosomes is darkly staining nucleoprotein bodies that are observed in cells during division. Each chromosome carries a linear array of genes. Chromatid is an mitosis or meiosis, one of two identical strands resulting from self-duplication of a chromosome.

Kromatid adalah kromosom saudara hasil replikasi yang masih dalam satu sentromer yang terlihat saat metaphase pada pembelahan mitosis dan meiosis. Setelah kromatid memisah di fase anaphase maka kromatid tersebut disebut sebagai kromosom. Setelah fase telofase maka kromosom menjadi benang kromatin kembali (dalam keadaan tidak berkondensasi).

f. Miskonsep Gametogenesis dan Fertilisasi

Miskonsep pada kode buku no 3 dan 6 adalah sebagai berikut. *Semula sel gamet hanya terdiri atas satu sel, kemudian akan mengalami proses gametogenesis dan menghasilkan zigot. Selanjutnya zigot terus akan membelah membentuk embrio dan akhirnya akan membentuk individu yang baru.*

Kalimat diatas mengandung miskonsep dalam hal ini salah pengertian antara konsep gametogenesis dan fertilisasi. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Gardner dkk., (1991:G5) bahwa *Gametogenesis is the formation of gametes. Fertilization is the fusion of a male gamete (sperm) with a female gamete (egg) to form a zygote.* Kalimat **gametogenesis** di atas lebih tepat bila diganti kata **fertilisasi**. Kalimat yang benar adalah sebagai berikut. Semula sel gamet hanya terdiri atas satu sel, kemudian bila terjadi fertilisasi akan menghasilkan zigot. Selanjutnya zigot terus akan membelah membentuk embrio dan akhirnya akan membentuk individu yang baru.

g. Miskonsep Pembelahan Meiosis: Waktu Replikasi

Miskonsep pada kode buku no 2 adalah ditemukan pada kalimat berikut. *Pada pembelahan meiosis tahap Pakiten, bivalen atau kromosom homolog yang berpasangan berduplikasi menjadi dua kromatid sehingga setiap bivalen mempunyai empat kromatid disebut tetrad.* Kromosom homolog membentuk bivalen bukan di tahap pakiten. Duplikasi bukan terjadi di tahap pakiten. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Gardner dkk., (1991:60) menyatakan bahwa *Meiosis... Replication of genetic information occurred in the preceeding interphase. Zygotene stages, homologous chromosomes pairs or bivalent rather than single chromosomes. Pachytene stages, exchanges between homologs and chiasma formation occur.*

h. Miskonsep Kesamaan Tahap Mitosis dan Meiosis

Miskonsep pada kode buku no 2 menyajikan 4 tahap pembelahan mitosis dan meiosis. *Adapun fase pembelahan melalui beberapa tahapan sebagai berikut. Tahap profase dengan subfase Leptonema, Zygonema, Pakhinema, Diplonema, Diakinesis; Tahap metaphase masing-masing pasangan kromatid berada dalam bidang ekuator; Tahap Anafase kromatid bergerak menuju masing-masing kutub pembelahan; Tahap Telofase terjadi pemisahan sitoplasma, pembentukan nukleus dan nukleolus kemudian terbentuk anak sel (gamet).*

Kalimat diatas mengandung miskonsep dalam hal salah pengertian yang menyamakan tahap prophase mitosis dan meiosis. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Tahap awal pembelahan mitosis berbeda dengan tahap awal pembelahan meiosis. Tahap awal pembelahan mitosis dikenal sebagai profase yang terdiri dari prophase awal dan akhir prophase. Sedangkan tahap awal pembelahan meiosis dikenal dengan prophase dibedakan subfase leptonema, zygonema, pakhinema, diplonema dan diakinesis. (Gardner dkk., 1991).

i. Miskonsep Pembelahan Meiosis: Tahap Profase

Miskonsep bahwa kromosom mengganda saat meiosis cukup bervariasi. Kode buku no 7 dinyatakan sebagai berikut. *Meiosis. Profase. Leptoten, kromosom mengganda menjadi dua.* Miskonsep pada buku 8, 10 dan 12 bahwa *tahap pakiten, kromosom homolog berduplikasi sehingga memiliki 4 kromatid sehingga disebut bivalen atau tetrad.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Gardner dkk., (1991:60) bahwa *Meiosis...Replication of genetic information*

occurred in the preceeding interphase. Jadi pada tahap interfase kromosom mengganda menjadi dua kromatid dan di tahap pakiten dua kromatid telah terbentuk.

Miskonsep pada kode buku no 2 adalah sebagai berikut. *Tahap profase, Zygonema ditandai terbentuknya kromatid (kromosom mengganda); Pakhinema terlihat kromosom masih tetap berpasangan; Diplonema, pasangan kromatid mulai memisah; Diakinesis nukleolus menghilang dan terbentuk gelendong inti*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Tahap **Leptonema** mulai nampak benang kromosom tunggal ramping dan panjang. **Zygonema** bukan tahap terbentuknya kromatid, kromosom sudah mengganda di fase interfase. Tahap Zygonema, kromosom homolog berpasangan disebut sinapsis yakni adanya struktur kompleks protein sinaptonemal yang melekat kuat pada kromosom homolog bersama-sama sepanjang kromosom. Tahap **Pakhinema**, pasangan kromosom homolog dalam bentuk tetrad (empat kromatid) dan biasanya kromosom homolog saling menyilang membentuk chiasma. **Diakinesis**, kromosom homolog merenggang, ditempat kiasma terjadi pindah silang.. (Gardner, dkk.,1991).

j. Miskonsep Istilah Kromosom pada Meiosis I Metafase I

Miskonsep pada kode buku no 11 adalah sebagai berikut. *Meiosis II tahap metaphase II yakni Kromosom mengumpul di daerah ekuator di daerah pelat metaphase. Setengah kromosom mengarah ke kutub berlawanan.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Seharusnya kata setengah kromosom diganti dengan masing-masing kromatid, agar dapat dibedakan dengan

yang memisah pada anaphase I yakni memisahkannya kromosom homolog. Kalimat yang benar adalah sebagai berikut. Meiosis II tahap metaphase II yakni Kromosom berkumpul di daerah ekuator di daerah pelat metaphase. Masing-masing kromatid dari kromosom memisah menuju kutub yang berlawanan. Sekarang kromatid menjadi kromosom sendiri, bergerak menuju ke kutub masing-masing (Campbell dkk.,2002).

k. Miskonsep yang Berpisah Saat Meiosis adalah Kromatid

Miskonsep pada kode buku no 2 dan 10 bahwa *pada meiosis, kromosom dalam nukleus, di fase metaphase yang bersegregasi adalah kromosom homolognya, kromosom homolog berpasangan, kromosom berpindah, terbentuk 2 kromatid, pemisahan kromatid, terbentuk 4 gamet*. Kekacauan konsep di meiosis 1 dan 2. Perlu penjelasan masing-masing. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Saat metaphase I kromosom homolog yang masing-masing telah mengganda berpasangan menuju ke bidang ekuator. Pada anaphase I kromosom homolog berpisah. Meiosis II metaphase II kromosom yang terdiri dari 2 kromatid berada di bidang ekuator dan kedua kromatid berpisah saat anaphase II (Gardner, dkk.,1991).

1. Miskonsep tentang Kata “Gen yang Terangkai”

Miskonsep pada kode buku no 7 bahwa *Gen-gen dalam proses pemisahan pada pembelahan meiosis ada yang terangkai sehingga dapat mengurangi jumlah gamet yang terbentuk dan kombinasi fenotip serta genotipnya*. Kalimat ini dapat disalahartikan bahwa gen-gen ada yang tersebar dan ada yang terangkai.

Konsep yang benar adalah semua gen terangkai dalam kromosom. Pada meiosis I yang mengalami pemisahan adalah kromosomnya. Bila gen berada dalam satu kromosom maka gen-gennya terangkai dan tidak terpisah satu sama lain saat meiosis. Gen-gen dalam kromosom yang berbeda yang dapat mengalami pemisahan dan kombinasi bebas saat pembelahan meiosis (Corebima, 1998).

m. Miskonsep tentang Pindah Silang Saat Meiosis

Miskonsep pada kode buku no 6 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*. Kalimat ini masih konvensional, sudah saatnya dijelaskan konsep pindah silang, gen dalam satu kromosom (pautan) dan gen-gen bukan pada satu kromosom. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Pada saat pembelahan meiosis, pasangan-pasangan kromosom saling mempertukarkan materi genetiknya melalui proses pindah silang. Ada sebagian kromosom yang sebelumnya bersama-sama menjadi terpisah, pemisahan ini terjadi antar kromosom homolog saat anaphase I. Ada juga kromosom yang tetap bersama-sama sehingga diturunkan bersama-sama yakni kromosom yang berada pada satu bidang equator saat metaphase sehingga menuju pada satu bidang equator yang sama saat anaphase I. Gen pada kromosom yang sama juga tidak mengalami pemisahan sehingga diturunkan bersama-sama (terpaut kromosom). Pada saat inilah segala sifat karakter dan ciri dari orang tua diwariskan kepada anaknya (Corebima, 1998).

n. Miskonsep Hasil Pembelahan Meiosis

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 9 berikut. *Pada hewan, meiosis menghasilkan sel anak yang secara langsung terspesialisasi membentuk gamet, sedangkan meiosis pada tumbuhan menghasilkan sel anak haploid berbentuk spora. Spora kemudian membelah secara mitosis dan tumbuh menjadi tumbuhan multiseluler yang akan menghasilkan gamet.* Perbaiki konsep: Meiosis tidak hanya terjadi pada tumbuhan yang menghasilkan spora misalnya tumbuhan lumut. Meiosis pada tumbuhan juga terjadi pada tumbuhan berbiji terbuka dan tertutup (Corebima, 1998).

5. Prinsip Hereditas dan Mekanisme Pewarisan Sifat. Hukum Mendel I dan Mendel II

a. Miskonsep bahwa Hukum Mendel I Terjadi pada Genotip Heterosigot dan Tidak Terjadi pada Genotip Homosigot

Miskonsep pada kode buku no 11 adalah sebagai berikut. *Individu dengan genotype BB atau bb disebut homozigot karena memiliki dua gamet yang sama. Jika dikawinkan sesamanya, individu homosigot 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 sebagai berikut. Bila individu genotipe BB atau bb dikawinkan sesamanya, maka gen homosigot tersebut tetap mengalami pemisahan atau mengalami Hukum Mendel I. Hasil pemisahan adalah dihasilkan gamet yang kandungan genetiknya sama yakni B dan B atau b dan b. Demikian juga individu heterosigot akan mengalami pemisahan gen dan dihasilkan gamet

yang kandungan genetikanya B dan b. Jadi semua individu dengan genotip homozigot maupun heterozigot tetap akan mengalami pemisahan sesuai hukum Mendel I.

b. Miskonsep bahwa Hukum Mendel II yaitu Pemisahan dan Pengelompokan Bebas

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 8 contoh kalimat berikut. *SePERTI dinyatakan Mendel 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”.*

Ada kekacauan konsep Mendel I dan Mendel II. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. 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. Mendel II adalah hukum pengelompokan bebas (Corebima, 1998: 88).

Kalimat yang benar adalah sebagai berikut. Seperti dinyatakan Mendel 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 (pada keadaan kedua gen berada pada kromosom berbeda). Kesimpulan ini “melahirkan hukum Mendel I yaitu pemisahan bebas gen dalam kromosom”.

c. Miskonsep bahwa Mendel I Terjadi pada Pembelahan Meiosis, Mendel II Terjadi pada Proses Fertilisasi

Miskonsep pada kode buku no 2, 6 ditemukan pada kalimat berikut. *Pada pembelahan meiosis, sesuai dengan prinsip segregasi (pemisahan) maka faktor-faktor keturunan akan memisah dalam bentuk gamet. Peristiwa pembentukan sel gamet dua gen yang berpasangan akan diturunkan secara bebas pada keturunannya melalui gamet. Selanjutnya, pada proses pembuahan gamet-gamet jantan dan betina yang memisah tersebut akan berpasangan secara acak.*

Miskonsep pada kode buku no 3 pada kalimat berikut. *Jika diperhatikan dan diamati, gen yang telah terpisah tersebut akan bergabung dengan gen dari induk lain pada saat perkawinan. Penggabungan tersebut terjadi secara acak dan bebas. Pada perkawinan ini tampak jelas bahwa gen-gen dapat berpasangan membentuk kombinasi yang beragam. Maka hal tersebut dikenal dengan Hukum II Mendel atau Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas (The Law Independent Assortment of Genes).*

Miskonsep pada kode buku no 4, 7, 8 kalimat sebagai berikut. *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 (hukum pengelompokan gen secara bebas) berbunyi “Pada peristiwa fertilisasi gen yang dibawa oleh gamet jantan atau gamet betina akan berpasangan secara bebas dan membentuk zigot”.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mendel I dan Mendel II terjadi saat pembelahan meiosis. Hukum Mendel I terjadi pada meiosis 1 tahap metaphase 1 dan Mendel II terjadi pada meiosis 1 tahap anaphase 1. Jadi peristiwa

Mendel II atau kombinasi gen secara bebas saat metaphase terjadi terlebih dahulu. Selanjutnya hukum Mendel I yakni pemisahan gen yang telah berkombinasi terjadi saat anaphase I. Namun berdasarkan waktu penemuannya Mendel I ditemukan terlebih dahulu dari penemuan hukum Mendel II (Corebima, 1998).

d. Miskonsep bahwa Hukum Mendel I adalah Pemisahan Gen yang Sealel dan Hukum Mendel II adalah Perpaduan Gen dari Lokus Lainnya Membentuk Alel

Miskonsep pada kode buku no 11 adalah pada kalimat berikut. *Hukum Mendel I. Selama meiosis terjadi pemisahan pasangan gen secara bebas sehingga setiap gamet memperoleh satu gen dari alelnya. Hukum Mendel II. Setiap gen dapat berpasangan secara bebas dengan gen lain membentuk alel.* Konsep yang benar adalah Hukum Mendel I terjadi pemisahan gen yang sealel. Hukum Mendel II terjadi kombinasi secara bebas dari gen-gen yang bukan alelnya. Gen-gen tidak sealel tidak dapat berkombinasi untuk membentuk alel (Corebima, 1998).

e. Miskonsep bahwa Mendel II adalah Hukum Perpaduan dari Gen Sealel yang telah Berpisah Saat Mendel I

Miskonsep pada kode buku no 4 adalah *Mendel menyimpulkan bahwa pada saat pembentukan gamet, terjadi pemisahan bebas pasangan gen-gen yang dikandung induk, sehingga setiap gamet memperoleh satu gen dari alelnya. Hal ini dikenal dengan Hukum Mendel I. Kemudian terjadi perkawinan antara jantan dan betina. Menyebabkan gamet B dan b bergabung secara acak.* Konsep yang benar yang berkombinasi bebas adalah gen yang tidak sealel.

Perpaduan gen B dan b adalah peristiwa fertilisasi bukan Mendel II (Corebima, 1998).

f. Miskonsep bahwa Saat Pembentukan Gamet pada Pembelahan Meiosis Hukum Mendel I Terjadi Terlebih Dahulu dari Hukum Mendel II

Miskonsep pada kode buku no 5 sebagai berikut. *Hukum Mendel II atau hukum kebebasan untuk memilih menyatakan bahwa pada waktu pembentukan gamet, alel-alel berbeda yang telah bersegregasi bebas akan bergabung secara bebas membentuk genotip dengan kombinasi-kombinasi alel yang berbeda.*

Miskonsep pada kode buku no 10 adalah sebagai berikut. *Pada waktu pembentukan gamet, alel-alel berbeda yang telah bersegregasi bebas (misal alel B memisah dari b serta alel K memisah dari k) akan bergabung secara bebas membentuk genotip dengan kombinasi-kombinasi alel yang berbeda.*

Makna kalimat di atas adalah saat pembentukan gamet maka hukum Mendel I terjadi terlebih dahulu kemudian dilanjutkan Mendel II. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mendel II terjadi lebih dulu sebelum Mendel I. Mendel II terjadi pada pembelahan meiosis I fase metafase, Mendel I terjadi di meiosis I fase anafase (Gardner dkk., 1991).

g. Miskonsep Hukum Mendel II Berlaku untuk Gen yang Letaknya Berjauhan

Miskonsep pada kode buku no 11 ditemukan pada kalimat berikut. *Hukum Mendel II hanya berlaku untuk gen yang letaknya berjauhan. Jika kedua gen itu letaknya berdekatan, hukum ini tidak berlaku.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Hukum Mendel II hanya berlangsung pada 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 bila gen-gen dalam satu kromosom tersebut mengalami pindah silang).

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 7 dan 11 dengan contoh kalimat berikut. *Pemisahan gen berlangsung apabila gen Aa dan Bb letaknya (lokus-nya) 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.*

Konsep dan contoh yang disajikan pada kalimat diatas salah. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Konsep pautan gen adalah gen-gen yang berada pada satu kromosom yang sama. Sehingga kedua gen tersebut tidak dapat berpisah saat meiosis. Kecuali apabila dua gen pada kromosom sama tetapi letaknya berjauhan maka dapat terjadi pindah silang lengan kromosom saat meiosis I. Hasilnya adalah kedua gen berada pada kromosom yang berbeda sehingga dapat mengalami pemisahan gen saat meiosis fase metaphase I.

Contoh yang benar adalah sebagai berikut. Individu genotip Aa disilangkan dengan individu genotip Bb. Kombinasi gen dapat berlangsung apabila gen A dan B berada pada kromosom berbeda. Jika kedua macam gen itu berada pada kromosom yang sama maka tidak dapat berkombinasi secara bebas. Jadi gamet yang dihasilkannya hanya AB dan ab. Jika gen A dan B tidak berpautan maka gamet yang dihasilkan bisa 4 macam yakni Ab, aB, AB dan ab.

h. Miskonsep bahwa Pautan Menyebabkan Persilangan tidak Sesuai dengan Hukum Mendel

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 11 dengan contoh kalimat berikut.

Adanya pautan merupakan salah satu sebab tidak sesuainya hasil persilangan dengan Hukum Mendel. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Pautan adalah kejadian yang wajar, karena hukum Mendel terjadi pada kromosom yang berbeda sehingga turunan yang dihasilkan sesuai persilangan Mendel. Pautan menyebabkan gen tidak mengalami mekanisme yang sama dengan gen yang berada pada kromosom yang berbeda. Terkait dengan pautan Corebima (1998:45) menyatakan bahwa dewasa ini sudah diketahui bahwa semua gen berapapun jumlahnya yang terdapat dalam satu kromosom yang sama akan terpaut satu sama lain selama pembelahan reduksi pada meiosis, dan gen-gen itu membentuk satu pautan. Jadi pautan merupakan peristiwa yang normal, karena gen dalam satu kromosom terangkai satu sama lain, sehingga jumlah pautan pada makhluk hidup diploid adalah sebanyak jumlah pasangan kromosomnya.

i. Miskonsep Hukum Mendel II Berlaku pada Persilangan Dihibrida dan Tidak Berlaku pada Persilangan Monohibrida

Miskonsep kode buku no 10 pada kalimat berikut. *Hukum Mendel II atau Hukum penggabungan bebas mengenai ketentuan penggabungan bebas yang harus menyertai terbentuknya gamet pada perkawinan dihibrid.* Miskonsep pada kode buku no 11 pada kalimat *Hukum Mendel II tidak berlaku untuk persilangan monohibrida.* Miskonsep pada kode buku no 12 pada kalimat *pada persilangan dihibrid, Mendel menganggap bahwa gen-gen pembawa sifat itu berpisah secara bebas terhadap sesamanya sewaktu terjadi pembentukan*

gamet. Hukum Mendel II ini disebut juga hukum pengelompokan gen secara bebas. Kalimat ini menunjukkan pada persilangan dihibrid hanya terjadi Mendel II. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Hukum Mendel I dan II berlaku untuk persilangan monohibrida, dihibrida dan seterusnya. Fenotip yang muncul dari percobaan mendel adalah efek yang dapat terlihat dari peristiwa pengelompokan gen/alel secara bebas. Bagan persilangan merupakan sarana pembuktian. Namun pada persilangan monohibrid hukum Mendel II tidak dapat terdeteksi. Demikian pula pada persilangan monohibrid hukum Mendel II tidak dapat terdeteksi terkait jumlah penanda. Mendel I dan II berlaku untuk semua makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual baik monohibrid, dihibrid dan trihibrid (Corebima,1998:21).

j. Miskonsep Hukum Mendel I Menghasilkan F1 dan Hukum Mendel II Menghasilkan F2

Miskonsep kode buku no 1 pada kalimat berikut. *Hukum Mendel I (hukum segregasi) berbunyi pada 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 adalah sebagai berikut. Hukum Mendel I dapat dibuktikan dari F1 dari persilangan 1 sifat beda atau monohibrid. Hukum Mendel II

dapat dibuktikan melalui F2 dari persilangan 2 sifat beda atau dihibrid (Corebima, 1998).

k. Miskonsep Akibat Kegagalan Segregasi

Miskonsep pada kode buku no 4 dengan contoh kalimat berikut. *Aneuploidi terbentuk karena adanya ketidakseimbangan segregasi kromosom dalam proses meiosis. Kegagalan segregasi yang terjadi pada meiosis I apabila dua kromosom homolog bergerak ke kutub yang sama sehingga menghasilkan dua sel dengan dua kromosom dan dua sel tanpa kromosom. Sedangkan pada meiosis II dua kromosom bersaudara pada satu kromatid tidak berpisah menuju kutub yang berbeda sehingga menghasilkan dua sel normal, satu sel dengan dua kromosom, dan satu sel tanpa kromosom.*

Kalimat ini mengandung miskonsep terkait dengan jumlah sel yang dihasilkan dari pembelahan meiosis I dan II yang mengalami kegagalan berpisah. Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Kegagalan segregasi yang terjadi pada meiosis I apabila dua kromosom homolog bergerak ke kutub yang sama sehingga menghasilkan satu sel kandungan dua kromosom sehomolog dan satu sel kehilangan kromosom tertentu atau menghasilkan dua spermatid/ootid bukan 4 sel. Selanjutnya mengalami meiosis II. Pada Meiosis II, bila dua kromosom sesaudara (kromatid) tidak berpisah menuju kutub yang berbeda sehingga menghasilkan satu sel sperma/ovum yang mengandung dua kromosom tertentu, dan satu sel kehilangan kromosom tertentu.

6. Penentuan Jenis Kelamin

a. Miskonsep Penyusun Sel Tubuh dan Sel Kelamin

Miskonsep pada kode buku no 1 dengan contoh kalimat berikut *Setiap makhluk hidup dibangun oleh sel tubuh (somatik) dan sel kelamin (gamet). Sel tubuh disusun oleh kromosom tubuh (autosom) sedangkan sel kelamin disusun oleh kromosom kelamin (gonosom).*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Setiap makhluk hidup seluler eukariotik, sel tubuh mengandung kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom kelamin. Sel kelamin mengandung kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom kelamin (*gonosom*). Perbedaannya pada jumlah set kromosomnya. Sel tubuh mengandung 2N atau Diploid yang terdiri dari kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom kelamin (*gonosom*). Demikian pula pada sel kelamin mengandung seperangkat atau 1 set atau haploid yang terdiri dari kromosom tubuh (*autosom*) dan kromosom kelamin (*gonosom*). Misalnya sel tubuh manusia berisi 44 kromosom autosom dan 2 kromosom gonosom. Sel gamet mengandung 22 kromosom autosom dan 1 kromosom gonosom (Corebima, 2004).

Penggunaan kata 'kromosom tubuh' dan 'kromosom kelamin' perlu direvisi karena termasuk jenis miskonsepsi akibat kesalahan penggunaan istilah. Kata 'kromosom tubuh' disarankan diganti dengan 'kromosom autosom' dan Kata 'kromosom kelamin' disarankan diganti dengan 'kromosom gonosom'.

b. Kromosom Kelamin Menentukan Jenis Kelamin, Kromosom Tubuh Tidak Menentukan Jenis Kelamin

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 1, 2, 7, 10 bahwa *Gonosom merupakan tipe kromosom yang menentukan jenis kelamin individu*. Miskonsep ditemukan pada kode buku no 3, 7 dan 12 dengan contoh kalimat berikut. *Pada sel eukariota terdapat dua macam kromosom yaitu autosom dan gonosom. Autosom tidak menentukan jenis kelamin individu sedangkan kromosom gonosom menentukan jenis kelamin individu.*

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 3, 12 dengan kalimat berikut. *Kromosom autosom berfungsi mengatur dan mengendalikan sifat-sifat tubuh makhluk hidup. Kromosom ini tidak ada hubungannya dengan penentuan jenis kelamin.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Kajian penentuan jenis kelamin selama ini hanya membahas penentuan jenis kelamin pada kelompok eukariotik yang berbiak secara seksual. Kajian perlu dikembangkan pada kelompok lain meliputi prokariotik, eukariotik (pada tumbuhan eukariotik, hewan avertebrata dan hewan vertebrata). Gen penentu ekspresi kelamin adalah gen yang bisa berada di kromosom kelamin, kromosom tubuh ataupun keduanya. Sehingga yang bertanggungjawab atas fenotip kelamin adalah gen. Ekspresi kelamin bersifat unik pada tiap kelompok atau tidak bisa diberlakukan untuk semua kelompok makhluk hidup (Corebima, 2004).

c. Miskonsep Penentuan Jenis Kelamin Manusia adalah sepasang kromosom Seks

Miskonsep pada kode buku no 2 dan 7 dengan contoh kalimat berikut. *Jenis kelamin manusia dikendalikan oleh sepasang kromosom seks. Pada*

pembelahan meiosis seorang perempuan hanya menghasilkan satu macam sel gamet, yaitu X sedang pada laki-laki menghasilkan dua macam sel gamet yaitu X dan Y. Oleh karena itu dalam pembuahan ayah akan memberikan kromosom X kepada anak perempuan dan kromosom Y pada anak laki-laki.

Perbaikan konsep: Ada mekanisme lain yang terjadi terkait dengan hormon testosterone. Ayala & Kiger (1984) menyatakan bahwa perkembangan dalam jalur jantan dipengaruhi juga oleh gen Tfm+ yang terpatut pada kromosom kelamin X (individu jantan) yakni mengendalikan pembentukan suatu protein pengikat testosterone yang ada pada sitoplasma dari semua sel, baik jantan maupun betina. Kompleks testosterone-protein ini kemudian masuk ke dalam inti dan mengaktivasi gen-gen yang dibutuhkan untuk diferensiasi jantan. Jadi jenis kelamin jantan juga ditentukan oleh gen yang ada di kromosom kelamin X.

d. Miskonsep bahwa Jenis Kelamin Hanya Dua yakni Jantan dan Betina

Miskonsep pada kode buku no 4, 6, dan 7 pada kalimat berikut. *Hampir semua makhluk hidup mempunyai pemisahan jenis seks jantan atau betina yang berarti satu organism hanya membawa satu jenis organ seks.* Konsep yang benar adalah konsep pemisahan jenis kelamin hanya dalam lingkup kelompok hewan dan tumbuhan tingkat tinggi. Penentuan jenis kelamin pada golongan makhluk hidup lainnya cukup bervariasi. Corebima (2004) menyatakan jenis kelamin pada prokariotik seperti E. coli jantan dan betina dikenal dari adanya factor F atau HFr. Pada Avertebrata jenis kelamin *Chlamydomonas* dikenal valensi kejantanan dan kebetinaan. Jenis kelamin pada cacing tanah, helix dikenal hermaprodit. Jenis kelamin pada lalat *Drosophila melanogaster* dikenal jantan,

betina, jantan super, intersex dan betina super karena perimbangan kromosom. Jenis kelamin hewan vertebrata misalnya pisces cukup bervariasi ada yang hermaphrodit, tipe perkelaminan “*gonochoristic*”, tipe ekspresi kelamin kromosomal. Jenis kelamin pada manusia dikenal laki-laki, perempuan, betina super sampai jantan super karena adanya perubahan pada kromosomnya akibat gagal berpisah.

e. Miskonsep Penentu Jenis Kelamin Manusia adalah Sperma atau Kromosom Y

Contoh lain pada kode buku no 7 pada kalimat berikut. *Pada Makhluk Hidup tingkat tinggi, jenis kelamin ada dua yakni jantan dan betina. Ciri pembeda tadi tidak terlepas dari ekspresi faktor genetika. Kromosom Y ini yang membedakan laki-laki dengan perempuan.* Konsep yang benar adalah Ayala & Kiger (1984) menyatakan perkembangan kelamin pada mammalia terbagi menjadi dua tahap proses yakni diferensiasi kelamin pada sel germinal dan diferensiasi kelamin somatik atau sekunder. Jenis kelamin pada mamalia ditentukan oleh kromosom Y dan bukan perimbangan X/A seperti pada lalat *Drosophila*. Sedangkan pada manusia tidak demikian.

Miskonsep pada kode buku no 5 adalah kalimat berikut. *Lalat buah dan manusia, yang menentukan jenis kelamin anak adalah sperma dan bukan sel telur. Sebab sel telur akan memberikan jenis kromosom seks yang sama, baik kepada anak laki-laki maupun anak perempuan, sedangkan sperma memberikan kromosom seks yang berbeda yaitu kromosom X kepada anak perempuan dan kromosom Y kepada anak laki-laki.*

Konsep yang benar tentang peran kromosom Y adalah sebagai berikut. Gardner dkk., (1991) menyatakan pada kromosom Y manusia terdapat gen *TDF* yang bertanggungjawab terhadap perkembangan testis. Gen ini sebagai *master regulator* yang merangsang ekspresi sejumlah besar gen yang menghasilkan fenotip kelamin jantan. Satu kromosom Y cukup untuk menghasilkan testis walaupun terdapat 3 atau lebih kromosom X sekalipun.

Namun perkembangan dalam jalur jantan tidak hanya dipengaruhi oleh kromosom Y. Ayala & Kiger (1984) menyatakan bahwa perkembangan dalam jalur jantan dipengaruhi juga oleh gen *Tfm+* yang terpaut pada kromosom kelamin X (individu jantan) yakni mengendalikan pembentukan suatu protein pengikat testosterone yang ada pada sitoplasma dari semua sel, baik jantan maupun betina. Kompleks testosterone- protein ini kemudian masuk ke dalam inti dan mengaktifasi gen-gen yang dibutuhkan untuk diferensiasi jantan.

Jadi bukan sperma yang menentukan jenis kelamin. Karena genlah penentu jenis kelamin laki-laki pada manusia yakni gen yang terletak pada kromosom Y (gen *Sxr*, *TDF*, *H-Y*) dan satu-satunya gen pada kromosom X yakni *Tfm+* yang menentukan perkembangan dalam jalur jantan.

f. Miskonsep bahwa Jenis Kelamin Hanya Ditentukan oleh Faktor Genetik

Pada kode buku no 7 dan 10 bahwa *pada Makhluk Hidup tingkat tinggi jenis kelamin ada dua yakni jantan dan betina. Ciri pembeda tadi tidak terlepas dari ekspresi faktor genetika.* Buku yang benar menyatakan bahwa jenis kelamin ditentukan oleh faktor genetik (kromosom seks, tingkat ploidi) dan faktor lingkungan (hormon, kondisi fisiologis) adalah kode buku no 4, 6, 9, 11, dan 12.

g. Miskonsep Hubungan Pautan Kelamin dengan Kromosom Kelamin

Miskonsep bahwa kode buku no 1, 6 dan 12 menjelaskan pautan kelamin tetapi tidak dihubungkan dengan ekspresi sifat kelamin maupun sifat tubuh. Konsep gen terpaut kelamin dijelaskan dengan contoh ekspresi sifat terkait ciri morfologis misalnya buta warna, hemofili, polidactili. Konsep kromosom kelamin hanya berperan dalam ekspresi kelamin. Kedua konsep dijelaskan secara terpisah. Konsep yang benar adalah kromosom kelamin tidak hanya mengandung gen yang mengekspresikan jenis kelamin tapi juga mengandung gen yang mengekspresikan fenotip lainnya. Demikian pula ekspresi kelamin ada yang ditentukan oleh kromosom kelamin dan kromosom tubuh. Jadi pautan kelamin menjelaskan gen-gen yang terpaut kelamin, gen-gen tersebut bisa berupa gen yang mengekspresikan sifat/fenotif kelamin ataupun bukan fenotif kelamin (Corebima, 1998).

Buku yang menyatakan dengan benar adalah buku 8 yang menyatakan *Selain mengandung gen-gen penentu jenis kelamin, kromosom seks juga mengandung gen lain sehingga sehingga pewarisan sifat yang dibawa gen tersebut bertaut kromosom seks. Gen-gen dapat tertaut kromosom X atau kromosom Y.*

7. Mutasi dan Implikasinya dalam Salingtemas.

a. Miskonsep Definisi Mutasi Terjadi pada Materi Genetik, Selalu Menyebabkan Perubahan Ekspresi atau Fenotip dan Selalu diturunkan

Miskonsep pada kode buku no 4, 8, 9 pada contoh kalimat berikut. *Mutasi adalah perubahan yang terjadi pada materi genetik yang dapat menyebabkan perubahan karakteristik organisme tersebut, atau menyebabkan perubahan ekspresi.* Miskonsep pada kode buku no 6, 7 bahwa *Mutasi adalah perubahan*

gen pembawa sifat yang menyebabkan berubahnya sifat individu pembawanya dan diturunkan. Miskonsep pada kalimat berikut. Mutasi adalah perubahan struktur materi genetik yang dapat diturunkan kepada generasi berikutnya. Perubahan ini menyebabkan fenotip keturunan berbeda dari fenotip kedua induknya.

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mutasi adalah perubahan materi genetik karena sesuatu sebab dan hasil perubahannya dapat (tidak selalu) diwariskan serta dapat (tidak selalu) dideteksi (Corebima, 2000).

Konsep yang benar ditemukan pada buku 10 bahwa mutasi dapat berakibat gen yang mengkode protein berbeda atau masih sama (mutasi salah arti). Jadi mutasi berakibat pada perubahan tingkat genetik yang dapat merubah fenotip atau tidak mengakibatkan perubahan fenotip.

b. Miskonsep bahwa Akibat Mutasi adalah Perubahan Fenotip Keturunannya yang Berbeda dari Induk atau menjadi Spesies Baru yang Berbeda

Miskonsep pada kode buku no 5, 6 bahwa *Mutasi adalah perubahan struktur materi genetik yang dapat diturunkan kepada generasi berikutnya. Perubahan ini menyebabkan fenotipe keturunannya berbeda sama sekali dengan fenotipe kedua induknya.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Dampak mutasi bisa mengenai gen pengkode atau bukan gen pengkode. Bila mengenai gen pengkode maka sebelum mutasi berdampak pada individu, ada proses perbaikan DNA yang terkena mutasi. Mutasi yang tidak dapat diperbaiki barulah berdampak pada individu yang mengalami. Mutasi berdampak pada perubahan basa nukleotida, kemudian

berdampak pada fenotipnya. Sehingga Mutasi dapat walaupun tidak selalu diwariskan serta dapat (tidak selalu) dideteksi (Corebima, 2000).

Miskonsep pada kode buku no 7 bahwa *Penyimpangan struktur dan jumlah DNA menyebabkan kelainan pada janin dalam kandungan dan menyebabkan cacat lahir atau memunculkan individu dengan karakter berbeda sehingga memungkinkan terbentuknya spesies baru*. Konsep yang benar sebagai berikut. Spesiasi terjadi pada mutan yang mengalami mutasi terus menerus dan mutan itu adaptif pada lingkungannya. Suatu ketika (ribuan tahun) nanti mutasi dapat menghasilkan keturunan yang berbeda sama sekali sekali dari induknya. Perubahan yang berbeda sama sekali dari induknya membutuhkan waktu sangat lama.

c. Miskonsep bahwa Mutasi Autosom adalah Mutasi pada Kromosom Autosom. Mutasi Gonosom adalah Mutasi pada Kromosom Gonosom

Miskonsep pada kode buku no 2 dan 3 adalah sebagai berikut. *Mutasi yang terjadi di dalam tubuh dapat berupa perubahan somatis (mutasi autosom), dan perubahan generatif atau gametis (mutasi kromosom seks). Perubahan somatik (mutasi autosom) terjadi pada jaringan tubuh, misal epitel, otot, tulang, dan saraf. Perubahan generatif atau gametis (mutasi kromosom seks) terjadi pada gonad kelamin*. Miskonsep ini terjadi akibat salah pengertian bahwa di sel kelamin hanya mengandung kromosom kelamin. Sel tubuh hanya mengandung kromosom tubuh.

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mutasi yang terjadi di dalam tubuh dapat berupa perubahan sel somatis, dan perubahan pada sel gamet.

Perubahan somatik (mutasi somatik) terjadi pada jaringan tubuh, misal epitel, otot, tulang, dan saraf. Perubahan generative atau gametis terjadi pada gonad kelamin (Corebima, 2010).

Kalimat yang benar ditemukan pada kode buku 2 bahwa Mutasi ini dapat terjadi pada sel-sel gamet dan memiliki sifat dapat diwariskan. Mutasi germinal dapat dialami oleh gen-gen yang terdapat pada kromosom autosomal yang disebut dengan mutasi autosomal. Hasil mutasi autosomal dapat berupa mutasi dominan atau mutasi resesif. Mutasi germinal juga dapat terjadi pada kromosom kelamin yang disebut dengan mutasi tertaut kelamin.

d. Miskonsep bahwa Mutasi Germinal yang Diwariskan, Merugikan dan Letal. Mutasi Somatik tidak Membawa Perubahan dan Tidak Diwariskan

Miskonsep pada kode buku no 1, 3,5, 6, 7, 8, 11, 12 dengan contoh kalimat berikut. *Mutasi yang terjadi pada sel-sel gamet (sel kelamin) akan bersifat menurun, kebanyakan letal atau membawa kematian sebelum atau beberapa waktu setelah lahir. Jika mutasi tersebut terjadi pada sel-sel somatik (sel tubuh) maka perubahan itu hanya terjadi pada individu tersebut dan tidak membawa perubahan serta tidak bersifat menurun.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. pada tumbuhan dikotil mutasi soma bisa diwariskan melalui aseksual dan seksual. Pada aseksual contohnya reproduksi secara vegetative misalnya stek.

Mutasi somatik bisa diwariskan melalui reproduksi seksual maupun aseksual. Misalnya jika mutasi somatik terkena pada mata tunas tanaman jeruk, kemudian menghasilkan sel germ. Jika mata tunas menjadi cabang tanaman jeruk

dan berkembang menghasilkan bunga maka dapat diwariskan secara seksual. Jika sudah diwariskan melalui sel germ, maka sudah dapat diwariskan secara seksual (Corebima, 2000).

Kode buku no 10 telah menyajikan konsep dengan benar bahwa mutasi bisa menguntungkan bisa merugikan. Mutasi dapat berakibat gen mengkode protein berbeda atau masih sama (mutasi salah arti). Jadi mutasi berakibat perubahan tingkat genetik yang dapat merubah fenotip atau tidak mengakibatkan perubahan.

e. Miskonsep bahwa Secara Alami Mutasi Jarang Terjadi

Miskonsep pada kode buku no 12 bahwa *Mutasi terjadi secara spontan dan jarang terjadi secara alami dan biasanya merugikan.*

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mutasi pada dasarnya merupakan peristiwa yang lumrah terjadi, karena materi genetik itu tersusun dari senyawa kimia (polinukleotida). Perubahan materi genetik dapat berupa perubahan atau pengurangan unit penyusun, perubahan susunan, perubahan jumlah. Perubahan dapat berlangsung setiap kali setiap ada perubahan yang mungkin-kannya terjadi (Corebima, 2000).

f. Miskonsep bahwa Mutasi yang Menyebabkan Kematian Merupakan Usaha Alam untuk Menjaga Keseimbangan Genetika dalam Suatu Populasi

Miskonsep pada kode buku no 5 bahwa *Mutasi yang Menyebabkan Kematian Merupakan Usaha Alam untuk Menjaga Keseimbangan Genetika dalam Suatu Populasi.* miskonsep ini terjadi karena konsep bahwa mutasi selalu merugikan. Sehingga bila mutan mati merupakan upaya agar ada keseimbangan

genetika. Dalam suatu populasi. Kematian bukan sebagai jalan menjaga keseimbangan genetika. Mutan yang mati merupakan akibat individu tidak survive di alam.

Konsep yang benar adalah sebagai berikut. Mutasi bisa menghasilkan keragaman gen di tingkat populasi. *Balance Model* adalah keadaan gen di alam adalah heterosigot. Klasikal model yakni gen di alam dalam keadaan homosigot terbukti tidak berlaku. Mutasi menghasilkan keadaan gen menjadi heterosigot. Kematian bukan bertujuan menjaga keseimbangan genetika suatu populasi (Gardner, dkk., 1991).

g. Miskonsep bahwa Mutasi Alami Merugikan Sedangkan Mutasi Buatan Biasanya Menguntungkan

Miskonsep ditemukan pada kode buku no 6, 9, 11 sebagai berikut. *Mutasi alami umumnya merugikan atau letal. Mutasi buatan umumnya menguntungkan bagi individu yang memiliki. Mutan biasanya resesif.* Konsep yang benar adalah sebagai berikut. 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 (Corebima, 2000).

D. Kegiatan Triangulasi Data dengan Guru Biologi.

- 1) Kegiatan triangulasi data dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap 1 dilaksanakan di Bongomeme. Guru yang hadir adalah guru SMP dan SMA pada 3 sekolah

yakni yang ada di Kabupaten Gorontalo, yaitu SMA Negeri 1 Bongomeme, SMA Negeri 1 Biluhu dan SMA Muhammadiyah Batudaa. Kegiatan diawali dengan guru mengisi instrument penelitian terkait miskonsepsi genetika dan selanjutnya guru mengerjakan soal-soal genetika. Kegiatan dilanjutkan dengan diskusi dengan guru biologi dengan tujuan untuk mengetahui materi-materi yang sulit dipahami oleh guru dan materi sulit untuk dibelajarkan kepada siswa. Peneliti menyampaikan kesalahan konsep yang ditemukan pada buku teks biologi dan mengcrosscek dengan pemahaman guru selama ini.

- 2) Triangulasi tahap 2 dilaksanakan di jurusan Biologi. Guru yang hadir sebanyak 20 orang yang mewakili guru seluruh wilayah Provinsi Gorontalo. Kegiatan triangulasi dilaksanakan tanggal 5 Juli. Sehari sebelumnya dilaksanakan kegiatan seminar nasional di Jurusan Biologi yang mengundang narasumber pakar genetika dari Universitas Negeri Malang. Sehingga kegiatan triangulasi data turut dihadiri pakar genetika Prof. Dr. A.D Corebima, M.Pd.

Kegiatan triangulasi diawali dengan peneliti membagikan 15 butir soal genetika yang diambil dari soal ujian nasional pada 7 orang guru. Hasilnya menunjukkan bahwa pada materi genetika hanya 48,87 % soal yang bisa dijawab dengan benar 21,07 % soal yang dijawab salah dan 30,07 % soal yang tidak dijawab. Rendahnya hasil capaian tersebut disebabkan kurangnya pemahaman konsep termasuk akibat miskonsepsi pada materi tersebut. Hal ini menjadi dasar kegiatan triangulasi data. Peneliti menyampaikan hasil temuan kesalahan konsep yang ada pada buku dan melakukan diskusi untuk *crosscek* pemahaman konsep

guru . Selanjutnya peneliti melakukan pembedaan konsep genetika terhadap guru. Diakhir pertemuan peneliti membagikan kembali soal yang sama. Berdasarkan hasil *post test* diperoleh hasil 88, 73 % yang berhasil dijawab dengan benar dan hanya 11,27 % soal yang tidak berhasil dijawab dengan benar.

Contoh Soal yang Diujikan dan Didiskusikan adalah sebagai berikut.

Kesalahan mengerjakan soal pewarisan sifat akibat kesalahan konsep gen-DNA-kromosom, dan pembelahan meiosis dan hukum Mendel. Berikut disajikan soal pewarisan Mendel mengerjakan soal pewarisan Mendel.

(1) Pada penyilangan bunga *Linaria marocana* bunga merah (AA bb) dengan bunga putih (aaBB) menghasilkan bunga ungu (AaBb). Apabila F1 disilangkan dengan bunga merah (Aabb), berapakah ratio fenotip F2nya antara ungu : putih : merah?

- A. 3 : 2 : 3
- B. 6 : 2 : 8
- C. 9 : 3 : 4
- D. 9 : 4 : 3
- E. 12 : 3 : 1

Kesulitan :

Pada soal ini sulit menentukan gamet dan menentukan pola pewarisan. Guru tidak memahami proses gen berpisah dan berkombinasi bebas. Karena Mendel I adalah pemisahan gen sealel sedangkan Mendel II dianggap proses fertilisasi dua gamet. Konsep kombinasi bebas tidak terkait dengan Meiosis I tahap Metafase.

Jawaban yang seharusnya:

Langkah pertama, adalah memahami soal dan menentukan genotip yang sudah ditentukan pada soal. memahami bagaimana cara gen berkombinasi dan berpisah menjadi gamet-gamet. Memperhatikan kondisi gen pada kromosom berbeda yang mengalami hukum Mendel I dan II saat pembelahan meiosis. Memahami perbedaan hasil gamet karena proses kombinasi gen.

Jadi ratio fenotip F2nya adalah ungu 3: putih 2 : merah 3

F1 : ♀ AaBb × ♂ Aabb

G : AB, Ab, aB, ab Ab, ab

F2 :

♂ ♀	AB	Ab	aB	ab
Ab	AABb Ungu	Aabb Merah	AaBb Ungu	Aabb Merah
ab	AaBb Ungu	Aabb Merah	aaBb Putih	Aabb Putih

Ungu : 3 Putih : 2 Merah : 3

(2) Tanaman ercis memiliki sifat biji bulat (B), biji keriput (b), batang tinggi (R), dan batang pendek (r). jika tanaman ercis biji bulat batang tinggi heterozigot disilangkan dengan ercis biji bulat (heterozygot) batang pendek, keturunan yang bersifat biji bulat batang pendek adalah sebanyak

- A. 6,25%
 B. 12,5%
C. 37,5%
 D. 42,5% E. 50%

Kesulitan:

Sulit menentukan genotip persilangan bila pada soal tidak ditentukan langsung genotipnya. Kesulitan menentukan gamet juga disebabkan salah ketika menentukan genotip parental. Misalnya genotip dituliskan tidak ada pasangannya atau alelnya sehingga tidak terlihat kombinasi gen dan pemisahan gen dari alelnya.

Jadi penyebab salah menjawab: sulit membayangkan kesejajaran antara pembelahan meiosis dan hukum Mendel I dan II. Sulit membayangkan gen yang berkombinasi bebas dan berpisah karena salah membayangkan posisi kromosom.

Jawaban yang seharusnya:

Langkah pertama adalah menentukan genotip parental, gamet dan keturunannya (F1) dengan memperhatikan kondisi gen berada pada kromosom berbeda, dan terjadi mendel I dan II saat pembelahan meiosis. Jadi ada kombinasi bebas dan

pemisahan gen pada kromosom berbeda. Sifat tetap dominan resesif. Harus benar menghitung perbandingan fenotip. Benar dalam menentukan genotip tetua.

P : ♀ BbRr × ♂ Bbrr

G : BR, Br, bR, br Br, br

♂/♀	BR	Br	bR	br
Br	BBRr Bulat Tinggi	BBrr Bulat Pendek	BbRr Bulat Tinggi	Bbrr Bulat Pendek
br	BbRr Bulat Tinggi	Bbrr Bulat Pendek	bbRr Keriput Tinggi	bbrr Keriput Pendek

Jadi keturunan yang bersifat biji bulat batang pendek adalah $\frac{3}{8} \times 100\% = 37.5\%$

Jawaban : E

Kunci mengerjakan soal adalah dapat membedakan kata homozigot dan heterozigot. Pernyataan biji bulat batang tinggi heterozigot artinya biji bulat homozigot (BB) sedangkan batang tinggi bersifat heterozigot (**Rr**) jadi parental **BBRr**, sedangkan untuk biji bulat (heterozygot) adalah Bb dan batang pendek (rr) jadi genotip parental adalah **Bbrr**.

(3) Pada gandum gen H (hitam) epistasis terhadap gen K (kuning). Apabila kedua gen H dan K tidak muncul, gandum memperlihatkan fenotip putih. Bila gandum hitam (HHkk) disilangkan dengan gandum kuning (hhKK), kemudian F1-nya disilangkan sesamanya, akan dihasilkan gandum hitam, kuning, dan putih dengan rasio.....

- A. 12 : 1 : 3
- B. 12 : 3 : 1**
- C. 9 : 4 : 3
- D. 9 : 3 : 4
- E. 3 : 1 : 12

Kesulitan:

Tidak memahami bagaimana cara gen berekspresi dan berbeda ekspresinya dengan gen lainnya. Bagaimana membedakan ekspresi gen yang bersifat

dominan resesif atau ekspresi sifat epistasis hypostasis. Jawaban hanya berdasarkan contoh pada buku tanpa memahami konsep.

Jawaban yang seharusnya

Menentukan parental, gamet dan keturunan F1 sesuai hukum Mendel I dan II saat pembelahan meiosis dengan memperhatikan kondisi: gen pada kromosom berbeda, tetapi ekspresi gennya epistasis hypostasis.

P : ♀ HHkk << ♂ hhKK

G : Hk hK

F1: HhKk << HhKk

G1: HK, Hk, hK, hk HK, Hk, hK, hk

♂ ♀	HK	Hk	hK	hk
HK	HHKK Hitam	HHKk Hitam	HhKK Hitam	HhKk Hitam
Hk	HHKk Hitam	HHkk Hitam	HhKk Hitam	Hhkk Hitam
hK	HhKK Hitam	HhKk Hitam	HhKK Kuning	hhKk Kuning
hk	HhKk Hitam	Hhkk Hitam	hhKk Kuning	hhkk Putih

(4) Disilangkan gandum berbiji merah (M1M1M2M2) dengan gandum berbiji putih (m1m1m2m2) menghasilkan F1 semuanya berwarna merah muda (M1m1M2m2). Kemudian F1 disilangkan sesamanya. Berdasarkan data persilangan tersebut perbandingan fenotip pada F2 dan penyimpangan yang terjadi adalah...

- A. 9 : 3 : 3 : 1 dan atavisme
- B. 9 : 3 : 4 dan kriptomeri
- C. 9 : 3 : 7 dan gen komplementer
- D. 12 : 3 : 1 dan epistasis

E. 15:1 polimeri

Kesulitan: karena salah menentukan kombinasi gen sehingga membentuk gamet yang salah. Salah menentukan perbandingan fenotip F2. Salah dalam menentukan jenis penyimpangan Mendel. Guru tidak memahami proses terbentuknya sampai terbentuknya persilangan seperti itu.

Jawaban yang seharusnya:

Seharusnya menuliskan genotip parental, menentukan gamet yang dari induk jantan dan induk betina.

P2 : ♀ M1m1M2m2 × ♂ M1m1M2m2

G2 : M1M2 M1m2
 M1m2 M1m2
 m1M2 m1M2
 m1m2 m1m2

F2:

♂/♀	M1M2	M1m2	m1M2	m1m2
M1M2	M1M1M2M2	M1M1M2m2	M1m1M2M2	M1m1M2m2
M1m2	M1M1M2m2	M1M1m2m2	M1m1M2m2	M1m1m2m2
m1M2	M1m1M2M2	M1m1M2m2	m1m1M2M2	m1m1M2m2
m1m2	M1m1M2m2	M1m1m2m2	m1m1M2m2	m1m1m2m2

Jadi perbandingan fenotip merah muda : putih = 15 : 1

Contoh Soal Sintesis Protein dan Penyelesaiannya

1. Tahapan sintesis protein :

- 1) Penempelan RNA polimerase pada molekul DNA
 - 2) Pergerakan RNA polimerase sehingga di hasilkan rantai RNA
 - 3) Pemisahan rantai RNA dari template
 - 4) Penambahan senyawa kimia sehingga dihasilkan mRNA lengkap
- Tahapan selanjutnya dari sintesis protein tersebut (tahap ke-5) adalah
- a. Pembuatan rangkaian asam amino yang di bawa oleh tRNA
 - b. mRNA selesai di cetak meninggalkan nukleus menuju sitoplasma
 - c. Pengenalan kodon AUG oleh subunit ribosom kecil
 - d. Pemasangan subunit ribosom besar
 - e. Pengenalan kodon UAG oleh ribosom

Penyelesaian :

Tahapan sintesis protein :

- 1) Penempelan RNA polimerase pada molekul DNA
 - 2) Pergerakan RNA polimerase sehingga dihasilkan rantai RNA
 - 3) Pemisahan rantai RNA dari template
 - 4) Penambahan senyawa kimia sehingga di hasilkan mRNA lengkap.
 - 5) mRNA selesai dicetak meninggalkan nukleus menuju sitoplasma
2. Pernyataan di bawah ini yang tepat tentang struktur DNA adalah
- a. Tersusun atas rantai ganda berpilin dan berpasangan secara paralel
 - b. Tersusun atas dua rantai unit gula ribosa dan fosfat yang berselang-seling
 - c. Satu nukleotida terdiri atas satu gula dekarboksiribosa, satu fosfat, dan empat basa nitrogen
 - d. Basa nitrogennya terdiri atas adenin, guanin, sitosin, dan urasil
 - e. Jumlah ikatan hidrogen yang menghubungkan purin dan pirimidin adalah enam

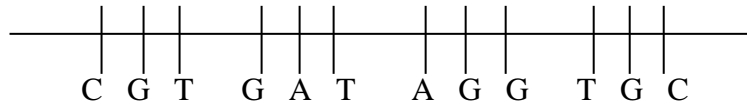
Penyelesaian :

Hal-hal tentang DNA, diantaranya seperti berikut :

- DNA berbentuk rantai ganda berpilin (*double helix*) dan berpasangan secara paralel → (A BENAR)
 - DNA terdiri atas tiga komponen dasar, yaitu :
 1. Sebuah gula pentosa berupa deoksiribosa
 2. Sebuah basa nitrogen : purin (adenin dan guanin) dan pirimidin (timin dan sitosin)
 3. Satu, dua, atau tigagugus fosfat
 - Satu nukleotida terdiri atas satu fosfat, satu gula deoksiribosa, dan satu basa nitrogen
 - Ikatan hidrogen yang menghubungkan purin dan pirimidin :
 - a) Adenin dan timin ada dua
 - b) Guanin dan sitosin ada tiga
3. Perhatikan tabel kodon dan asam amino berikut !

Kodon	Asam Amino
CCU	A
GCA	B
GAU	C
CUA	D
UCC	E
AGG	F
UGC	G
ACG	H

Sepotong fragmen rantai sense DNA mempunyai urutan basa nitrogen sebagai berikut.

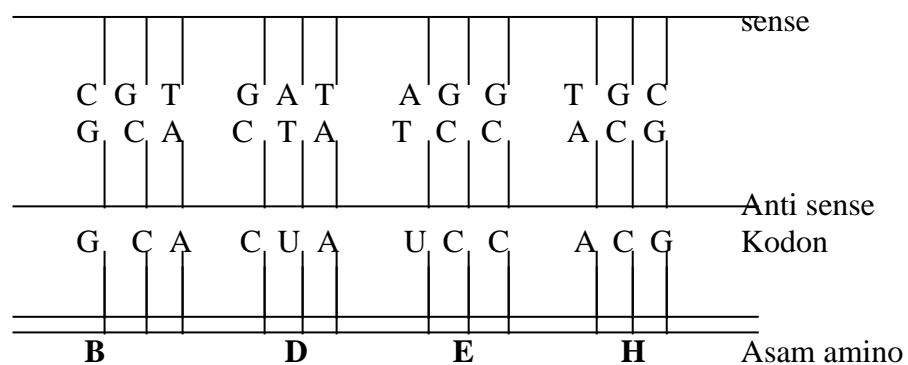


Rangkaian asam amino yang terbentuk adalah

- A-D-E-G
- B-D-E-H
- B-C-F-G
- A-C-E-F
- A-D-F-G

Penyelesaian :

Dari urutan basa nitrogen rantai sense DNA pada soal dapat di tentukan anti-sense, kodon dan asam aminonya sebagai berikut .



Pada akhir kegiatan triangulasi, peneliti menyampaikan beberapa gagasan penting untuk mengatasi kesalahan konsep pada buku ajar siswa dan guru yang berakibat ada kesalahan konsep baik siswa maupun guru. Gagasan penting adalah hendaknya guru melakukan upaya berpikir bersama guru lainnya dalam kegiatan berpikir analisis metapedadidaktik yang dilakukan sebelum kegiatan pembelajaran berlangsung. Kegiatan ini dilakukan sebagai awal dari kegiatan Lesson Studi.

Kegiatan ini dilakukan untuk berpikir terkait kebenaran konsep, berpikir bagaimana suatu konsep dapat diterapkan pada situasi yang berbeda atau bisa menerapkan konsep dalam contoh nyata. Guru berpikir bagaimana menyelesaikan konflik kognitif dalam dirinya sehingga dapat membantu konflik kognitif yang dialami oleh siswa. Selain itu perlu upaya control kualitas buku ajar yang digunakan di sekolah agar buku ajar yang beredar adalah buku yang menyajikan konsep yang benar atau tidak miskonsep. Kegiatan triangulasi ini disambut sangat baik oleh guru dan kepala sekolah dalam membantu mengatasi kesulitan konsep di sekolah-sekolah. Mereka berharap kegiatan ini dapat ditindaklanjuti pada skala yang lebih luas dan dikelola dengan baik dengan melibatkan para ahli bidang ilmu (dosen) di perguruan tinggi dan para penentu kebijakan di lingkungan diknas kota/kab/provinsi Gorontalo.

E.Desiminasi Hasil Penelitian melalui Seminar Nasional dan Seminar Internasional

Hasil penelitian dan gagasan untuk mengatasi kesalahan konsep genetika ini telah peneliti sampaikan pada kegiatan Seminar Nasional yang diselenggarakan oleh Prodi Pendidikan Biologi Pasca bekerjasama dengan Jurusan Biologi S1 Universitas Negeri Gorontalo dengan tema “Solusi Problematika Pembelajaran Biologi dan IPA” yang dilaksanakan pada tanggal 4 Juli 2013. Kegiatan Seminar Nasional dilaksanakan di Universitas Negeri Gorontalo dengan menghadirkan Pembicara Kunci adalah Guru Besar Bidang Genetika Universitas Negeri Malang Prof. Dr. A.D Corebima. Peserta adalah dosen dari UNG dan

UNIMA, mahasiswa pasca UNIMA dan UNG, mahasiswa S1 Biologi dan guru di kota/kabupaten Gorontalo. Peserta yang hadir 600 orang.

Peneliti menjadi pemateri utama ke 2 setelah penyampaian materi oleh *keynote speaker* pakar genetika Universitas Negeri Malang Prof Dr. A.D Corebima, M.Pd. Peneliti menyampaikan hasil penelitian miskonsepsi genetika di buku ajar SMA dan dampaknya terhadap kemampuan penguasaan konsep genetika baik pada siswa maupun guru. Materi dengan judul "Miskonsepsi Genetika di Sekolah Menengah, Dampak dan Upaya Pemecahannya".

Hasil Kegiatan Seminar adalah Para guru, dosen dan mahasiswa peserta seminar mengharapkan agar peneliti dapat segera mengembangkan buku teks genetika untuk SMP dan SMA yang benar agar dapat mengatasi kesulitan memahami genetika dan membenahi kesalahan konsep yang ada selama ini.

Hasil penelitian dan gagasan tentang bagaimana mengatasi kesalahan konsep ini juga telah peneliti sampaikan pada Seminar Internasional dan Workshop tentang Quality Assurance dan ICT di Gorontalo. Kegiatan diikuti oleh 500 guru senior dan kepala sekolah serta unsur diknas kab/kota/provinsi Gorontalo. Kegiatan workshop dan seminar Internasional tentang Quality Assurance & ICT dilaksanakan selama 2 hari 3-4 September 2013.

Pemakalah Kunci pada Kegiatan Seminar Internasional adalah 3 Negara yakni China, Jepang dan Indonesia. Pemakalah dari Jepang dan China menyampaikan teknologi ICT menuju peningkatan kualitas pendidikan. Pemakalah Indonesia adalah Gubernur Provinsi Gorontalo, Badan Akreditasi Nasional dari Jakarta, Rektor Universitas Negeri Gorontalo, Badan Akreditasi

Daerah Provinsi Gorontalo. Pada sesi paralel, Ketua Tim Peneliti menyampaikan gagasan tentang “Pentingnya Kualitas Kontrol Buku Ajar di Sekolah Menengah untuk Mengatasi Kesalahan Konsep”.

Hasil Kegiatan: Harapan besar dari para peserta seminar agar Tim peneliti miskonsepsi buku dapat menyusun buku Biologi yang benar yang bebas miskonsepsi. Audience mengharapkan ada tindak lanjut hasil penelitian ini agar segera disosialisasikan ke seluruh wilayah dan peneliti dapat menjadi pendamping kegiatan pertemuan guru untuk pemahaman/pendalaman konsep Biologi yang sulit.

F. Miskonsep Genetika yang Ditemukan pada Buku Ajar SMA

Sesuai Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SMA Kelas XII ditentukan 5 Standart Kompetensi (SK) dan 16 Kompetensi Dasar (KD). Konsep genetika tercakup pada 1 standart kompetensi (SK) yakni memahami penerapan konsep dasar dan prinsip-prinsip hereditas serta implikasinya pada saling temas. Satu standart kompetensi tersebut dijabarkan dalam 5 kompetensi dasar (KD). Lima Kompetensi Dasar itu meliputi: (1) menjelaskan konsep gen, DNA dan kromosom; (2) menjelaskan hubungan gen (DNA)-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; (3) menjelaskan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; (4) menerapkan prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat; (5) menjelaskan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa miskonsep genetika ditemukan pada semua (5) kompetensi dasar.

Sehubungan dengan luasnya cakupan konsep genetika yang ada di buku SMA maka klasifikasi konsep pada Tabel 4.2 ditambahkan dari 5 konsep utama menjadi 7 konsep dengan menambahkan 2 konsep tentang arti, ruang lingkup genetika dan konsep penentuan jenis kelamin.

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa miskonsep terbanyak tercakup pada 2 Kompetensi Dasar yakni (1) Gen, DNA dan Kromosom dan (3) menerapkan prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat. Kedua kompetensi Dasar ini mencakup kajian yang luas dibandingkan Kompetensi Dasar yang lainnya. Jumlah miskonsep di urutan ke 2 adalah konsep yang tercakup pada 2 Kompetensi Dasar yakni: (2) menjelaskan hubungan gen (DNA)-RNA-Polipep-

tida dan proses sintesis protein dan (4) Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat. Miskonsep di urutan ke 3 adalah konsep yang tercakup pada 1 Kompetensi Dasar yakni (5) Mutasi. Miskonsep pada konsep arti dan ruang lingkup genetika ditemukan pada 11 buku ajar yang masih menyajikan arti dan ruang lingkup genetika dengan pendekatan sejarah. 1 buku ajar telah benar menyampaikan arti dan ruang lingkup genetika melalui pendekatan molekuler.

G. Penyebab Miskonsep Genetika pada Buku SMA Kelas XII

Penyebab miskonsep yang ditemukan pada buku ajar dapat dikelompokkan berdasarkan 6 penyebab miskonsep yakni: (1) penyajian konsep genetika masih genetika klasik atau genetika Mendel, (2) penyajian konsep genetika tidak berpendekatan molekuler, (3) penggunaan analogi yang kurang tepat, (4) penggunaan istilah yang bias, (5) penggunaan bahasa (kata dan kalimat) yang tidak tepat sebagai refleksi dari pemahaman penulis dan (6) hasil analisis penulis buku yang tidak didukung referensi.

1. Miskonsep Akibat Penyajian Konsep Masih Genetika Klasik atau Genetika Mendel.

Miskonsep akibat penyajian konsep genetika klasik dan genetika Mendel. Miskonsep ditemukan pada konsep-konsep berikut: Arti dan ruang lingkup genetika masih klasik (pengaruh Mendel), alela dan lokus sebagai tempat atau ruang gen, sifat dominan dan resesif sebagai sifat utama gen; pewarisan Mendel sebagai pola pewarisan utama pada makhluk hidup; gen dan kromosom.

Genetika klasik atau genetika Mendel dengan pendekatan sejarah tidak sepenuhnya salah. Namun genetika klasik perlu di reposisi tanpa bermaksud

melupakan jasa Mendel sebagai peletak dasar perkembangan genetika. Pola pewarisan Mendel sebenarnya hanya merupakan bagian kecil dari pola pewarisan yang ada pada makhluk hidup lainnya yang saat ini terbukti sangat kompleks.

Corebima (2010) menyatakan bahwa genetika adalah ilmu yang mempelajari tentang materi genetik bukan hanya ilmu yang mempelajari pola pewarisan sifat sebagaimana disebutkan pada banyak buku ajar. Selanjutnya Corebima menyatakan bahwa:

“Perlunya perubahan struktur konsep genetika dari genetika klasik ke genetika berpendekatan konsep yang memperhatikan hubungan diantara konsep. Perubahan dasar struktur genetika membuat pemahaman genetika menjadi utuh seputar materi genetik dan tidak lagi terfragmentasi yang miskin pola”.

Perubahan sistematika buku ajar yang menyajikan genetika klasik ke pendekatan konsep perlu disusun agar dapat memperkecil miskonsepsi yang terjadi. Buku ajar berpendekatan konsep sangat memperhatikan konsep dan hubungan konsep. Sehingga materi atau konsep yang tidak sesuai akan dihilangkan atau menjadi bagian sejarah untuk menambah pengetahuan siswa.

2. Miskonsep Akibat Penyajian Konsep Tidak Berpendekatan Molekuler.

Miskonsepsi akibat penyajian konsep tidak berpendekatan molekuler ditemukan pada konsep berikut. Gen sebagai satu seri triplet basa nitrogen yang terdapat pada pita DNA; letak gen sebagai tempat gen; alela; kromosom; kromatin; bagian kromosom; replikasi; sintesis protein; mutasi alami merugikan dan letal; mutasi buatan menguntungkan; mutasi germinal diwariskan dan mutasi somatik tidak diwariskan.

Pendekatan molekuler di saat mendatang diperlukan untuk menunjang perkembangan genetika yang demikian pesat. Oleh sebab itu tidak dapat dihindari konsep genetika yang representatif dari aspek biokimiawi atau molekuler. Sebagaimana dinyatakan Treagust dan Chittleborough dalam Venville (2002) menyatakan perbedaan tingkat representatif di dalam ilmu pengetahuan adalah pembahasan di tingkat kimiawi agar dapat terbuka penjelasan dari fenomena seperti ekspresi fenotip gen, mikroskopis nukleus dan kromosom, submikroskopis DNA dan basa A, G, C dan T sebagai dasar kode genetik. Perubahan tingkatan representatif secara otomatis berlaku untuk semua tingkatan guru baik jenjang SMP, SMA maupun perguruan tinggi.

Semua tingkat level pendidikan memerlukan konsep genetika secara molekuler. Materi genetika saat ini sudah diajarkan di sekolah menengah pertama dan atas. Guru dituntut menguasai konsep genetika secara molekulernya. Hal ini disebabkan pertanyaan siswa pada tingkatan pendidikan yang berbeda bisa saja menanyakan hal yang sama. Guru dapat menjelaskan dengan cukup komprehensif jika menguasai konsep genetika secara representatif.

Apakah semua konsep genetika di SMP dan SMA perlu dijelaskan di tingkat molekuler? Semua perubahan memerlukan proses. Ada beberapa pertimbangan diantaranya mempertimbangkan tingkat berpikir siswa pada setiap jenjang pendidikan. Pada tingkat sekolah menengah pertama belum semua konsep genetika bisa diberikan penjelasan tingkat molekulernya. Pada tingkat SMA sudah mulai bisa diberikan konsep genetika molekuler karena jenjang kemampuan berpikir siswa sudah lebih tinggi dibandingkan ketika di SMP.

Corebima (2010) menyatakan bahwa penggolongan genetika menjadi genetika klasik dan molekuler sudah tidak relevan lagi dan bersifat konvensional klasik. Corebima telah menyusun bahan ajar genetika berpendekatan konsep di perguruan tinggi dengan menggabungkan kajian non molekuler dan molekulernya.

3. Miskonsep Akibat Penggunaan Analogi yang Kurang Tepat

Miskonsep akibat penggunaan analogi yang kurang tepat ditemukan pada Hubungan Kromosom, DNA, dan gen sebagai kota, rumah dan kamar; Proses replikasi dianalogikan dengan proses membuka resleting; Gen dianalogikan sebagai manik-manik yang teratur di sepanjang serabut tipis; Lokus dianalogikan sebagai garis-garis pendek berjajar horizontal di sepanjang kromosom yang digambarkan sebagai garis vertikal. Alela ganda dijelaskan sebagai tiga atau lebih alel yang terdapat dalam satu lokus. Sementara itu konsep lokus sendiri adalah tempat atau letak gen. sehingga dibayangkan bahwa tiga alel atau lebih berada dalam satu tempat.

Sesuai data miskonsep pada buku ajar akibat penggunaan analogi dalam penelitian ini maka sesuai dengan pernyataan Webb (1985:647) bahwa analogi itu memiliki keterbatasan-keterbatasan, yakni pada kondisi-kondisi tertentu kadangkala analogi tidak mampu lagi memvisualisasikan dan menjembatani ide-ide abstrak yang ada. Keterbatasan analogi ini harus dijelaskan kepada siswa pada proses belajar mengajar agar tidak menimbulkan miskonsepsi siswa terhadap suatu konsep.

Penggunaan analogi dalam menjelaskan suatu konsep diharapkan dapat mempermudah siswa dalam memahami konsep tersebut. Namun penggunaan analogi yang salah akan berakibat siswa juga salah memahami konsep. Oleh sebab itu perlu berhati-hati dalam membuat analogi. Sebagaimana dinyatakan oleh Degeng (1989) bahwa selama ini penggunaan analogi dalam pembelajaran konsep-konsep abstrak telah sering dilakukan guru. Bila penggunaan analogi dalam pembelajaran tersebut dilakukan secara tepat maka hal itu akan sangat membantu siswa dalam memahami konsep, namun jika digunakan secara sembarangan tanpa suatu perencanaan maka akan terjadi sebaliknya menimbulkan miskonsepsi pada siswa. Makin dekat persamaan antara pengetahuan barn dan pengetahuan analogi maka makin efektif analogi tersebut.

4. Miskonsep Akibat Penggunaan Istilah yang Memberikan Pengertian Bias.

Miskonsep akibat penggunaan istilah yang memberikan pengertian bias. Hal ini terjadi akibat istilah yang digunakan tersebut sudah terlanjur berlaku. Contoh kesalahan penggunaan istilah sebagai berikut. Kromosom tubuh berada di dalam sel tubuh; Kromosom kelamin berada di sel kelamin (sel gamet); Sel tubuh hanya mengandung kromosom tubuh; Sel gamet hanya mengandung kromosom kelamin; jumlah kromosom sel kelamin adalah sepasang kromosom XX (perempuan) atau mengandung kromosom XY (laki-laki); Fungsi kromosom tubuh mengendalikan ekspresi fenotip tubuh dan tidak berkaitan dengan ekspresi kelamin, fungsi kromosom kelamin mengendalikan ekspresi kelamin dan tidak berkaitan dengan kromosom kelamin.

Berdasarkan contoh miskonsep di atas dapat disimpulkan bahwa penggunaan istilah dan bahasa atau kata yang salah dapat berakibat kesalahan memahami konsep. Sebaiknya istilah yang mengandung miskonsep ini diganti dengan istilah yang lebih tepat. Misalnya kromosom tubuh diganti menjadi kromosom autosom. Kromosom seks atau kelamin diganti menjadi kromosom gonosom.

5. Miskonsep Akibat Penggunaan Kata dan Kalimat yang Tidak Tepat sebagai Refleksi Pemahaman Penulis.

Miskonsep akibat penggunaan bahasa (kata dan kalimat) yang tidak tepat sebagai refleksi pemahaman penulis buku ditemukan konsep transkripsi, translasi, berikut. Contoh penggunaan kalimat yang tidak tepat dapat dilihat pada kata yang di berikan tanda petik pada kanan dan kiri kata berikut.

- (1) Transkripsi. Pengertian transkripsi dipahami sebagai proses “replikasi” DNA untuk membentuk RNA-d; DNA digunakan sebagai “model sintesis protein”; DNA melaksanakan fungsinya dengan cara DNA “dikopi” terlebih dahulu menjadi RNA dan hasil kopiannya itulah yang melakukan sintesis polipeptida agar “gen asli” tetap terlindungi, sementara hasil kopiannya ditugaskan untuk melaksanakan pesan-pesan yang dikandungnya;
- (2) Pencetak memiliki urutan G-G-C-T-T-A maka komplemennya adalah C-C-G-A-A-T. RNA hasil cetakannya adalah C-C-G-A-A-U yang merupakan “kopi” dari C-C-G-A-A-T (gen).
- (3) “RNAd merupakan molekul penghubung” antara DNA dengan protein dan membawa pesan berupa informasi genetik dari DNA untuk membentuk protein.

- (4) Translasi. Kode genetika merupakan suatu pengkodean “urutan triplet basa nitrogen DNA” dan RNA pada proses sintesis protein.
- (5) Setiap kode triplet basa nitrogen akan menghasilkan “suatu jenis asam amino”.
- (6) “Satu gen hanya menyandikan satu jenis protein”.
- (7) Pembelahan Mitosis fase metafase. Kromosom yang akan bersegregasi adalah “kromosom homolog”.

Penggunaan kata atau kalimat yang salah disebabkan pemahaman penulis buku yang tidak tepat sehingga berakibat kesalahan pada pemilihan kata dan kalimat. Oleh sebab itu penulis buku harus seorang yang ahli dibidangnya. Penulis buku sebaiknya bukan penulis tunggal, tetapi tim yang terdiri dari penulis dari berbagai bidang ilmu.

6. Miskonsep Akibat Hasil Pemikiran Penulis Buku yang Tidak Didukung Referensi.

Miskonsep ditemukan sebagai hasil pemikiran penulis sendiri (tanpa dukungan referensi) ditemukan pada konsep berikut.

- (1) Asal RNAr dari DNA yang banyak di dalam ribosom; RNAt dibentuk oleh DNA di sitoplasma; Tempat Sintesis Protein berlangsung di dalam “inti sel dan mitokondria”. Hasil RNAd yang sudah jadi akan meninggalkan inti untuk melekat pada “ribosom yang merupakan *organela*” pelaksana sintesis protein.

- (2) Waktu replikasi pada pembelahan meiosis terjadi di awal profase atau awal metaphase. (Konsep ini dipengaruhi oleh konsep yang menyatakan bahwa pada fase interfase adalah fase istirahat, sehingga di fase ini tidak terjadi proses-proses yang penting. Terbukti justru pada profase ini terjadi proses penting replikasi.
- (3) Kesalahan penerjemahan berakibat langsung pada mutasi pada individu itu.
- (4) Mutasi berakibat salah menerjemahkan kode-kode genetik, maka asam-asam amino yang tersusun akan berbeda dan tidak sesuai dengan yang diharapkan DNA maka terjadi mutasi yang berdampak pada individunya.
- (5) Jika RNA rusak, akan segera diganti dengan hasil kopian yang baru.
- (6) Mutasi menyebabkan kematian sebagai usaha alam untuk menjaga keseimbangan genetika dalam populasi.
- (7) Mutasi menghasilkan perubahan fenotip keturunannya dan menjadikan spesies baru yang berbeda dari induknya.
- (8) RNA tidak memiliki basa Timin dan sebagai gantinya adalah "Urasil yang memiliki struktur kimia hampir sama dengan T".(Padahal struktur molekul Urasil bukan mirip Timin).

Miskonsep ini terjadi akibat tidak adanya dukungan referensi sehingga penjelasan proses yang terjadi diuraikan berdasarkan logika berpikir penulis buku. Oleh sebab itu dinyatakan oleh Venville (2002) bahwa para penulis buku harus memiliki konsep genetika yang lebih luas dari kompetensi yang harus dikuasai oleh siswa. Penulis buku genetika harus banyak belajar, sehingga dapat menjelaskan konsep genetika secara tepat dan benar. Suatu keharusan bagi penulis buku

memiliki referensi yang mendasari penulisan buku siswa, karena permasalahan bisa muncul dari buku siswa. Berdasarkan referensi yang lengkap, maka penulis buku akan mampu menjadi narasumber yang valid bagi pembaca dalam hal ini adalah siswanya.

H. Dampak Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks

Dampak miskonsep pada buku berakibat pada kesalahan konsep guru. Hal ini terjaring melalui kegiatan triangulasi data berdasarkan hasil wawancara dan jawaban dari angket. Berikut dipaparkan dampak kesalahan konsep pada guru.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan konsep gen, DNA dan kromosom. Guru sulit membedakan gen, DNA dan kromosom secara struktural. Hal ini disebabkan pemahaman konsep yang tidak molekuler sehingga konsep gen, DNA dan kromosom masih tumpang tindih. Sebagian besar guru menyatakan bahwa sel tubuh manusia berjumlah 44 kromosom tubuh saja, sedangkan sel kelamin manusia berisi 2 kromosom kelamin saja. Dampaknya sulit membayangkan kesejajaran proses meiosis dengan Hukum Mendel I dan II. Karena anggapan bahwa semua sel kelamin hanya berisi 2 kromosom kelamin. Di sisi lain guru juga mengetahui bahwa hasil pembelahan meiosis adalah reduksi kromosom dari 2 set menjadi 1 set kromosom. Guru menyatakan bahwa kromosom ada dua yakni kromosom kelamin dan kromosom tubuh. Kromosom kelamin menentukan jenis kelamin, kromosom tubuh menentukan sifat tubuh. Hal ini perlu pemberian informasi temuan terbaru

ekspresi gen yakni terdapat gen baik pada kromosom kelamin maupun kromosom tubuh yang berperan dalam menentukan jenis kelamin pada makhluk hidup.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi pembentukan sifat makhluk hidup; Guru sulit memahami peran DNA sebagai template, peran RNAr saat transkripsi translasi, tidak memahami peran RNAt sebagai pembawa asam amino. Guru sulit membayangkan proses transkripsi dan translasi hingga terbentuk protein. Hal ini disebabkan penjelasan konsep pada buku ajar tidak molekuler. Sebagian guru menyangka kode genetik adalah bahan penyusun asam amino. Hal ini akibat penyajian konsep pada buku yang menyatakan pembentukan protein diawali dari transkripsi, translasi selanjutnya kode genetik. Hal ini berdampak pada salah pengertian bahwa kode genetik adalah bahan pembentuk atau penyusun asam amino. Padahal kode genetik sebenarnya merupakan kodon (tiap 3 basa dari ARNd) yang mengkode asam amino tertentu. Asam amino tersebut berada di sitoplasma yang akan dibawa oleh ARNt menuju ke ribosom tempat sintesis protein. Tahap translasi adalah tahaap perakitan asam amino sesuai urutan kode genetik atau kodon yang dirangkai membentuk polipeptida. Jadi urutan penyajian konsep seharusnya berurut dari transkripsi, kode genetik dan translasi.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat;

Guru sulit memahami proses terbentuknya kombinasi gen yang diturunkan kepada anaknya dari gen yang ada pada kedua orang tua. Hal ini terlihat pada data

coretan buram, kesulitan menentukan genotip parental, bagaimana terbentuknya konstitusi gamet, genotip turunan. Hal ini akibat sulit memahami kombinasi yang terjadi pada gamet akibat proses pembelahan Meiosis terkait dengan Hukum Mendel I dan II. Guru sulit membayangkan pembelahan mitosis terkait dengan pewarisan sifat. Hal ini perlu penjelasan terkait makhluk hidup yang mengalaminya. Meiosis terkait hukum Mendel I dan II terjadi pada makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual. Sedangkan eukariotik yang berkembangbiak secara aseksual misalnya perkembangbiakan melalui tunas dilakukan melalui pembelahan mitosis.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar memahami prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat,

Hukum Mendel dianggap sebagai mekanisme pewarisan sifat yang utama. Sedangkan pewarisan sifat lainnya dianggap sebagai penyimpangan atau modifikasi dari pola pewarisan Mendel. Dampaknya adalah anggapan bahwa sifat di dunia ini hanya dominan dan resesif saja sehingga mutasi hanya akan selalu merubah gen yang dominan menjadi resesif dan akibatnya merugikan bagi makhluk hidup yang terkena mutasi. Perkembangan penelitian selanjutnya terbukti bahwa pola pewarisan sifat sangat beragam mulai dari dominan resesif, kodominan, semidominan, pleiotropi, epistasis hipostasis maupun pola pewarisan terpaut kromosom kelamin X.

Guru sulit memahami mengapa saat fertilisasi, suatu gen resesif atau dominan terpaut kromosom kelamin X maka sifat gen tersebut langsung diturunkan atau terekspresi pada anak laki-laki, sedangkan pada anak perempuan

hanya carier. Hal ini karena guru tidak mengetahui bahwa kromosom seks Y bersifat holandrik yakni tidak memiliki alel sehingga saat berpasangan dengan kromosom X gen yang terpaut kromosom X akan terekspresi. Sulit memahami bagaimana terjadinya perbedaan genetik pada bayi kembar tidak identik dan bayi kembar identik. Bayi kembar identik dan tidak identik dianggap berisi gen yang sama. Yakni berisi 2 kromosom kelamin yakni XY saja.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas. Kesalahan konsep mutasi hanya berlangsung dari gen dominan menjadi resesif berdampak pada kesalahan memahami proses evolusi. Proses evolusi dianggap tidak terjadi sama sekali. Mutan bukan bahan mentah evolusi karena mutasi hasilnya selalu merugikan.. Jadi kandungan genetik dalam populasi itu konstan atau tidak ada variasi gen dalam populasi. Sehingga sulit dibayangkan evolusi dapat terjadi. Penting dijelaskan bukti-bukti mutasi secara molekuler yang akan berdampak pada urutan DNA yang mengalami mutasi serta efeknya pada fenotip.

I. Penyebab Kesalahan Konsep Genetika adalah Penyajian Konsep Genetika Tidak Memperhatikan Hubungan diantara Konsep Genetika.

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan adanya kesulitan yang terjadi adalah akibat penyajian konsep yang berorientasi sejarah yang tidak menghubungkan antara konsep. Hal ini berakibat juga pada pemahaman guru dan siswa. Sebagaimana dinyatakan Cavallo dan Sheperson dalam Venville (2002) bahwa siswa hanya mampu mengingat fakta secara terpisah dan tidak bisa membuat hubungan di antara konsep dan informasi ke dalam koherensi/paduan

dan belajar bermakna/ *meaningfull learning*. Oleh sebab dalam hubungan ini adalah pentingnya membuat hubungan antar konsep genetika sebagaimana dinyatakan oleh Venville (2002) bahwa 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 genetika.

Corebima (2010) menyatakan penyajian materi genetika selama ini masih berorientasi sejarah yakni genetika disajikan sesuai urutan waktu penemuannya hal ini menyebabkan organisasi konsep terputus-putus atau terpisah-pisah. Hal ini menyebabkan makna ilmu genetika terpenggal-penggal, dan ilmu itu menjadi kajian yang sulit. Oleh sebab itu penting untuk melakukan pembelajaran dengan pendekatan konsep genetika yang baru, dan yang selayaknya mengganti pendekatan sejarah adalah pendekatan konsep. Terkait dengan hal ini konsep-konsep dipaparkan berdasarkan bagian-bagian yang logis terkait materi genetik sehingga organisasi konsep bersifat utuh, dan makna ilmu genetika menjadi utuh.

J. Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks SMA melalui Reorganisasi Penyajian Isi Materi Genetika

Berdasarkan kurikulum 2013 kelas XII khusus pada konsep genetika tercakup pada 5 kompetensi dasar yakni mendeskripsikan konsep gen, DNA dan kromosom; mendeskripsikan hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi pembentukan sifat makhluk hidup; mendeskripsikan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat;

memahami prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat, mendeskripsikan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.

Pada masing-masing kelima kompetensi dasar tersebut ditemukan kesalahan konsep akibat penyampaian konsep genetika hanya berdasarkan urutan penemuannya dengan kata lain tidak disajikan dalam bentuk hubungan antar konsep. Selain itu konsep-konsep yang sudah tidak relevan hendaknya tidak ditampilkan lagi. Oleh sebab itu penulis menyampaikan gagasan hendaknya penyajian konsep genetika pada buku teks SMA mengikuti urutan konsep yang dipaparkan sebagai berikut.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep gen, DNA dan kromosom. Penyajian konsep yang benar secara molekuler terkait gen adalah segmen DNA sehingga gen adalah bagian terkecil dari DNA. Hal ini dalam perspektif DNA sebagai polinukleotida panjang yang terdiri dari fosfat, gula deoksiribosa dan nukleotida dengan jarak tertentu atau segmen tertentu mengekspresikan sifat tertentu. Pengertian kromosom dapat diperluas secara singkat pada kelompok eukariotik dan prokariotik yang berbeda pada jenis protein histon dan protein non histon. Bentuk materi genetik lain murni DNA terdapat pada aseluler, organela eukariotik, dan plasmid. Serta adanya kromosom di luar inti sel.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi pembentukan sifat makhluk hidup. Urutan penyajian konsep dimulai dari fungsi gen dalam mentransmisikan sifat atau mengekspresikan sifat melalui proses sintesis protein. Proses sintesis protein diawali dari transkripsi yakni penyusunan kode genetika dari DNA

sebagai template dan modifikasi pasca transkripsi, kode genetika meliputi penentuan kode genetika dan aturan wobble atau wobble rule, selanjutnya translasi yakni proses penerjemahan ARNduta menjadi polipeptida.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat. Sebelum membahas pewarisan materi genetik, diawali tentang bagaimana materi genetik tersebut melakukan reproduksi materi genetik melalui replikasi. Replikasi dapat dibedakan pada golongan makhluk hidup prokariotik dan eukariotik, dengan aseluler pada virus yakni replikasi *rolling circle*. Pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual, pewarisan sifat dilakukan melalui pembelahan meiosis. Pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara aseksual, pewarisan sifat dapat dilakukan melalui pembelahan mitosis. Pada makhluk hidup prokariotik seperti bakteri pewarisan sifat terjadi melalui pembelahan biner. Pada virus pewarisan sifat terjadi melalui infeksi pada inangnya.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat. Konsep ini diawali dengan prinsip hereditas menurut Mendel. Hereditas Mendel hanya terjadi pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual. Prinsip hereditas Mendel ini tidak terjadi pada makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara aseksual, prokariotik, dan aseluler (virus dan retrovirus).

Urutan penyajian konsep diawali dengan hukum Mendel I dan II. Selanjutnya kesetaraan hukum Mendel I dengan pembelahan Meiosis tahap

Anafase I. Kesetaraan hukum Mendel II dengan pembelahan Meiosis tahap Metafase I. Selanjutnya dibahas penyimpangan semua hukum Mendel dan dijelaskan arti penyimpangan semua serta bagaimana konsep yang seharusnya. Kemudian dijelaskan bagaimana ekspresi atau kerja gen dalam menentukan sifat diantaranya pseudodominan, polimeri, kriptomeri, epistasis hypostasis dsb. Selanjutnya disajikan contoh-contoh kesalahan mengerjakan persilangan akibat kesalahan konsep genetika dan cara mengerjakan dengan benar.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep mutasi. Konsep mutasi diawali dengan membenahi kesalahan konsep bahwa mutasi selalu berakibat merugikan. Penyebab mutasi dari penyebab internal dan eksternal. Perbaikan mutasi baik selama replikasi maupun tidak selama replikasi, perbaikan mutasi selama pembuatan protein. Jenis mutasi yakni mutasi gen dan mutasi kromosom. Akibat mutasi bagi makhluk hidup. Peran mutasi terhadap evolusi.

K. Temuan Penting Penelitian

Penelitian ini dilakukan sebagai satu bentuk kepedulian terhadap permasalahan miskonsepsi genetika pada jenjang SMA. Penelitian menguraikan permasalahan yang terjadi dari penyebab miskonsep pada buku ajar SMA, Selanjutnya dampaknya pada miskonsepsi genetika selama pembelajaran genetika. Temuan penting penelitian tahun 1 adalah penelitian ini telah memberikan informasi bahwa miskonsep genetika pada semua kompetensi dasar pada konsep genetika bahan ajar SMA. Miskonsep pada buku ajar berdampak pada kesalahan atau miskonsepsi pada guru di sekolah. Oleh sebab itu perlu

dilakukan upaya penanganan miskonsep pada buku ajar melalui penyusunan buku ajar pada konsep genetika yang bebas miskonsep di sekolah.

BAB VI

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

A. Penyusunan Buku Genetika yang Bebas Miskonsepsi

Berdasarkan temuan kesalahan konsep pada buku ajar di SMA maka langkah selanjutnya adalah memecahkan masalah miskonsep pada buku ajar melalui penyusunan buku suplemen genetika yang bebas miskonsep. Buku suplemen materi genetika ini diharapkan dapat digunakan oleh guru dan siswa kelas XII SMA yang belajar materi genetika. Hal ini didasarkan bahwa peningkatan kualitas pemahaman genetika di SMA dilakukan agar dapat memberikan pondasi keilmuan genetika yang benar baik bagi guru maupun siswa. Apabila guru memahami genetika dengan benar, maka akan berkontribusi pada perbaikan konsep genetika para siswa di SMA dan dapat menerapkan ilmu genetika dengan benar di masyarakat. Demikian pula siswa dapat mengikuti pembelajaran genetika dengan benar dan hal ini dapat berkontribusi saat siswa belajar di jenjang selanjutnya.

Rencana tahapan tahun ke II adalah menyusun buku tentang konsep genetika SMA dengan mengubah struktur didaktik buku ajar genetika dari pendekatan sejarah ke pendekatan konsep. Buku suplemen disusun sesuai Kurikulum 2013 SMA Kelas XII ada 5 Kompetensi Dasar.

Buku suplemen materi genetika dibuat dengan menggunakan pendekatan konsep. Pendekatan konsep ini dipilih berdasarkan pemikiran agar materi genetika dapat dipahami oleh siswa, hendaknya dibuat dengan konsep genetika yang utuh dengan memperhatikan hubungan antar konsep dan menyajikan materi genetika

bukan dalam versi sejarah seperti yang ada selama ini. Penyajian materi genetika versi sejarah selama ini menyebabkan siswa memahami materi secara terpisah-pisah sehingga siswa sulit menentukan mana konsep yang saat ini diakui kebenarannya. Sehingga dengan memahami genetika secara utuh, akan memudahkan siswa mengkonstruksi pengetahuan genetika secara benar.

Buku suplemen berpendekatan konsep adalah konsep-konsep genetika yang menjadi materi ajar muncul setelah seluruh informasi di bidang genetika yang terkumpul sejak periode Mendel hingga ke periode masa kini dikelompokkan. Hasil pengelompokan seluruh informasi dari awal mula tumbuhnya ilmu ini hingga periode terakhir saat ini, itulah yang menjadi konsep-konsep materi ajar genetika tanpa memperhitungkan waktu kemunculannya atau tanpa memperhatikan sejarah kemunculannya. Konsep genetika berorientasi sejarah tidak digunakan lagi. Informasi genetika yang ada disajikan secara utuh, tidak terfragmentasi seperti yang disajikan pada bahan ajar ataupun buku teks di Indonesia yang selama ini telah beredar.

Buku suplemen yang akan dihasilkan pada penelitian ini berbeda dengan buku genetika yang ada selama ini. Buku yang akan disusun berpendekatan konsep ini belum tersedia di pasaran, sehingga bila buku ini dapat disusun dan diterbitkan maka akan bermanfaat pada pembelajaran genetika di SMA. Sistem penyajian yang sangat komprehensif dan tidak terpisah-pisah akan memudahkan siswa dalam mengkonstruksi pengetahuannya. Selain itu dengan penyajian genetika berpendekatan konsep maka materi genetika dapat dihimpun dan disajikan dengan memperhatikan kepentingan dan perkembangan terkini. Materi genetika

yang sudah tidak berlaku akan dihilangkan. Selain itu pendekatan konsep difokuskan pada hubungan-hubungan di antara konsep, sehingga genetika dapat dimengerti secara komprehensif. Dengan demikian diharapkan dapat mengatasi miskonsepsi (kesalahan konsep) genetika di tingkat sekolah menengah.

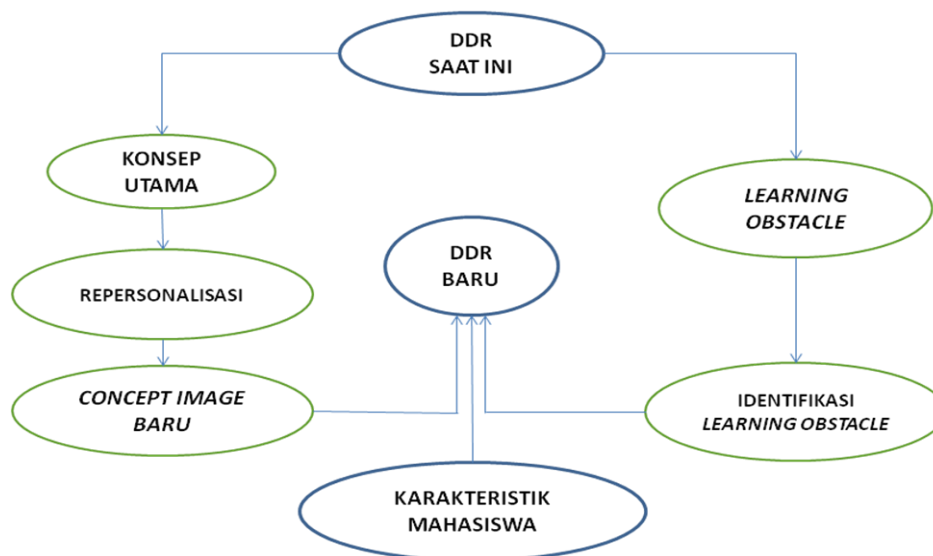
B. Model Pengembangan Buku Suplemen Genetika

Model pengembangan yang digunakan dalam konteks penelitian ini adalah Penelitian Disain Didaktis atau *Didactical Design Research* (DDR). Model ini dipilih karena DDR adalah model pengembangan disain didaktik yang dikembangkan berdasarkan pembelajaran berpendekatan konsep dengan langkah pengembangan yang terstruktur dan jelas. Disain ini dikembangkan oleh Suryadi (2010). Langkah-langkah penelitian terbagi dalam dua langkah utama yakni penelitian untuk menggali kesulitan belajar siswa atau *learning obstacle*. Penelitian tahun ke I adalah tahap penggalian kesulitan belajar genetika siswa akibat kesalahan struktur didaktik buku ajar. Hasil penelitian tahun ke I digunakan sebagai dasar penelitian tahun ke II yakni mendesain produk baru disain didaktis yang berdasarkan pendekatan konsep sehingga terbentuk *concept image baru*. Hasil pengembangan berupa buku suplemen genetika dengan disain baru yang berpendekatan konsep ini akan diuji coba secara kualitatif, dievaluasi dan diperbaiki sampai memenuhi kriteria dari kualitas atau standart-standart tertentu.

1. Prosedur Pengembangan Buku Suplemen Materi Genetika dengan *Didactical Disain Research*.

Pengembangan buku suplemen genetika mengikuti prosedur pengembangan DDR oleh Suryadi (2010) dengan langkah berikut.

Langkah pertama adalah analisis metapedadidaktik dengan menganalisis *learning obstacle* atau kesulitan belajar siswa dari aspek penyebab yakni *ontogenical obstacle* atau *directical obstacle* dari penelitian tahun ke I sebagai dasar menyusun buku suplemen genetika yang secara *directical* tidak ditemukan lagi adanya kesalahan konsep materi genetika yang menyebabkan miskonsepsi.



**Gambar 5.1. Bagan Prosedur Penelitian Tahun ke II
(Sumber Suryadi, 2010)**

Langkah kedua adalah menentukan konsep utama yakni menentukan materi-materi yang terkait, kemudian dilanjutkan dengan tahap *re-personalisasi* yakni membuat keterkaitan antar konsep genetika, manakah konsep-konsep yang bisa didekatkan sehingga bisa mengefektifkan materi pada buku yang dibuat, sehingga dihasilkan *concept image* baru. Selanjutnya adalah tahap *re-personalisasi* adalah tahap mengaitkan antar konsep yang telah ditetapkan. Peneliti membuat hubungan-hubungan diantara konsep.

Langkah ketiga adalah analisis retrospektif yakni analisis yang mengaitkan hasil analisis situasi didaktis hipotetik (pada langkah a) dengan analisis metapedadidaktik dari penelitian tahun I.

2. Uji coba produk secara kualitatif

Rancangan uji produk bahan ajar dilakukan secara kualitatif dengan berfokus pada kualitas buku suplemen genetika berpendekatan konsep. Uji coba dapat dilakukan dalam dua tahapan, yakni (a) uji ahli/pakar. Uji pakar dimaksudkan untuk memperoleh masukan dari pakar yang memiliki kompetensi pada bidang kajian yang relevan. Untuk itu akan dibuat rubrik penilaian bahan ajar,

(b) uji lapangan secara terbatas dilakukan secara kualitatif dengan mengamati respon siswa ketika menggunakan buku suplemen tersebut, selain itu dapat memperoleh masukan dari guru dan siswa dari segi penggunaan bahasa, kemudahan memahami konsep dan hal-hal teknis lainnya. (c) Revisi Produk. Setelah uji coba produk buku dilaksanakan, siswa dan guru memberikan tanggapan dan penilaian. Tanggapan bisa berupa komentar, kritik dan saran. Penilaian berupa skor terkait dengan kelayakan produk buku. Penilaian berupa skor terkait kelayakan produk. Komentar, kritik, saran dan penilaian dari dosen genetika, guru dan siswa dijadikan dasar perbaikan/revisi produk buku suplemen genetika.

C. Luaran dan Indikator yang Terukur

Luaran

Luaran yang dihasilkan adalah produk ipteks berupa model buku genetika yang baru yang disajikan dengan berpendekatan konsep yang menyajikan konsep genetika yang benar dan bebas miskonsepsi.

Indikator yang Terukur

Indikator capaian yang terukur adalah terselesainya penelitian tahun ke I dan tahun ke II dengan rincian sebagai berikut.

No	Indikator Terukur	Pertengahan Tahun	Akhir Tahun	Catatan
1.	Penelitian Tahun II Tersusunnya Produk Buku Suplemen Genetika berpendekatan konsep - Telah di validasi pakar - Telah diuji kelompok kecil	50%	90%	100% bila bahan ajar sudah dicetak di percetakan nasional dan ber-ISBN

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Analisis miskonsep genetika bahan ajar SMA pada materi genetika. Berdasarkan pada 1 Standart Kompetensi genetika yang dijabarkan dalam 5 Kompetensi Dasar tentang konsep genetika, maka dilakukan pengelompokan konsep genetika meliputi 7 kelompok konsep yakni arti dan ruang lingkup genetika; materi genetik: gen, DNA, dan kromosom; hubungan gen, DNA-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Penentuan jenis kelamin; Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; dan Mutasi. Penelitian menunjukkan bahwa miskonsep genetika ditemukan pada 5 kompetensi dasar atau 7 kelompok konsep genetika tersebut.

Berdasarkan kesalahan konsep dapat dilihat bahwa miskonsep terbanyak tercakup pada 2 Kompetensi Dasar yakni (1) Gen, DNA dan Kromosom (2) hubungan gen (DNA)-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein dan (3) Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat dan penentuan jenis kelamin. Kedua kompetensi Dasar ini mencakup kajian yang luas dibandingkan Kompetensi Dasar yang lainnya. Jumlah miskonsep di urutan ke 2 adalah konsep yang tercakup pada 2 Kompetensi Dasar yakni: (1) Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat dan Mutasi. Miskonsep pada konsep arti dan ruang lingkup genetika ditemukan pada 14 buku ajar yang masih menyajikan arti dan ruang lingkup

genetika yang berpendekatan sejarah. 1 buku ajar telah benar menyampaikan arti dan ruang lingkup genetika melalui pendekatan molekuler.

Penyebab miskonsep pada buku ajar di lain adalah penyajian materi genetika masih klasik atau genetika Mendel, pendekatan konsep yang tidak representative (tingkat biokimiawi dan molekuler), penggunaan analogi yang kurang tepat, penggunaan istilah yang ambigu atau bias, pemilihan kata atau kalimat yang salah, dan hasil pemikiran atau hasil analisis penulis sendiri

B. Saran

Langkah perbaikan miskonsep terkait dengan 6 penyebab miskonsep pada buku ajar konsep genetika di SMA, adalah perlunya melakukan perubahan penyajian konsep genetika dari genetika berpendekatan sejarah ke genetika berpendekatan molekuler, menggunakan analogi yang tepat, mengganti istilah yang bias atau ambigu dengan istilah lebih tepat, menggunakan kata atau kalimat yang benar sebagai refleksi dari pemahaman yang benar, dan menghindari hasil berpikir yang tidak didasari oleh rujukan.

Upaya mengatasi miskonsep pada buku ajar SMA yang diharapkan adalah dapat dilakukan penelitian pengembangan buku ajar di SMA. Pemerintah hendaknya segera melakukan tindakan nyata terkait upaya mengatasi miskonsep yang terjadi di sekolah-sekolah melalui penyusunan buku ajar SMA yang benar. Hal ini dapat dilakukan melalui seleksi dan penilaian terhadap buku ajar yang dibuat oleh para penulis buku. Selanjutnya dapat direkomendasikan buku ajar mana saja yang dapat digunakan di sekolah.

Pemerintah hendaknya memberikan peluang yang lebih besar kepada para ilmuan di Indonesia untuk menyusun buku ajar di sekolah dasar dan menengah yang memenuhi kevalidan isi konsep. Hal ini dapat dilakukan melalui perluasan kesempatan pada hibah penulisan buku ajar bagi guru maupun dosen.

Pemerintah hendaknya memahami bahwa kebenaran suatu konsep dapat diwujudkan apabila penulis bukunya terdiri dari orang-orang yang berkompeten di bidangnya. Penulisan buku ajar di sekolah terkait dalam penelitian ini adalah buku ajar untuk pelajaran Biologi terdiri dari konsep-konsep Biologi secara komprehensif dari berbagai kajian ilmu Biologi. Maka penulisan buku hendaknya tidak dilakukan secara individual tetapi memerlukan kerjasama tim Biologi yang ahli dibidangnya. Tim penulis buku Biologi seharusnya terdiri dari ahli bidang genetika, ahli bidang morfologi tumbuhan, ahli bidang struktur hewan dan tumbuhan, ahli bidang fisiologi tumbuhan dan hewan sehingga dapat menampilkan buku dengan konsep Biologi yang benar-benar dapat dipertanggungjawabkan keilmiahannya.

Penulis buku harus senantiasa meng *up date* ilmunya dengan menggunakan sumber-sumber terpercaya berupa buku atau teksbook yang telah direkomendasi tingkat kepercayaannya oleh perguruan tinggi yang diberikan amanat untuk menilai kelayakan suatu buku. Penulis buku juga dapat meng *up date* ilmunya melalui melalui pelatihan di bidangnya agar dapat menyajikan konsep-konsep ilmu dengan benar. Hal ini dapat dilakukan melalui pelatihan/ workshop yang diselenggarakan oleh pemerintah pusat dan daerah bekerjasama dengan perguruan tinggi.

Upaya mengatasi penyebab miskonsep buku ajar di SMA karena cara penyajian konsep genetika masih genetika berpendekatan sejarah yang tidak memperhatikan hubungan di antara konsep, maka seorang guru/dosen penting memperhatikan rencana pembelajaran (Sylabus, RPP dan bahan ajar) dan memperhatikan ketepatan strategi pembelajaran pada proses pembelajaran agar siswa dapat memahami konsep secara utuh dan dapat memahami konsep genetika dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimbola, Olakanmi, I. & Baba, S. 1996. *Misconceptions & Alternative Conceptions in Science Textbooks: The Role of Teachers as Filters*. Journal The American Biology Teacher, 58(1)14-19
- Adisendjaja, Y.H. dan Romlah O. 2007. *Identifikasi Kesalahan dan Miskonsepsi Buku Teks Biologi SMU*. Disampaikan pada Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi, Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. 25 –26 Mei 2007
- Ayala, F.J & Kiger, J.A. 1984. *Modern Genetics*. Menlo Park California: The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc.
- Azizoglu, N. & Geban, O. 2004. Student Preconceptions and Misconception about Gases. *A part of Ph.D. Thesis*. Middle East Technical University, Faculty of Education, Department of SSME, 06531 Ankara.
- Berg, E. (Ed.). 1991. *Miskonsepsi Fisika dan Remediasi*. Sebuah pengantar berdasarkan lokakarya di Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga, 7-10 Agustus 1991.
- Cho, H. H. (1985). An investigations of High School Biology Textbooks as Sources of Misconceptions and Difficulties in Genetics and some Suggestions for Teaching Genetics. *Science Education*. 69 (5): 707-719
- Corebima, D. 1997. *Penentuan Jenis Kelamin pada Makhluk Hidup*. Surabaya: Airlangga University Press
- Corebima, D. 1997. *Genetika Mendel*. Surabaya: Airlangga University Press
- Corebima, D. 2009. *Pengalaman Berupaya menjadi Guru Profesional*. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Genetika pada Fakultas MIPA Universitas Negeri Malang, 30 Juli 2009.
- Corebima, D. 2010. *Pendekatan Baru Genetika dari Pendekatan Sejarah ke Pendekatan Konsep*. Disajikan pada Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Malang 13 Oktober 2010.
- Dahar, R. W. 1988. *Teori-teori belajar*. Jakarta: P2LPTK.
- Degeng, I. Ny. S. (1989). *Ilmu Pengajaran Taksonomi Variabel*. Jakarta: P2LPTK Depdikbud.

- Duit, R. 1996. *Preconception and Misconception*. Dalam Corte, E.D., & Weinnert, F. (eds): *International Encyclopedia of Developmental and Instructional psychology*. New York: Pergamon.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., Snustad, D.P. 1991. *Principles of Genetics*. Eight edition. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.Alen.
- Ibnu, S. 1989. Kesalahan Atas Konsep-Konsep IPA karena Ketidaktepatan Pendekatan yang Digunakan. *Kumpulan Makalah*. Malang: IKIP Malang.
- Nusantari, E. 2010. *Pembelajaran Genetika di Era Informasi Genetika*. Disajikan pada Seminar Nasional UNESA 16 Januari 2010.
- Odom, A.L. 1995. Secondary & College Biology Students *Misconceptions about Diffusion & Osmosis*. *Journal The American Biology Teacher* ,57(7) 409-415.
- Palmer, A., Groot, & Trospe. 1981. The Construct Validation of Test of Communicative Competence. *Including Proceedings of a colloquium at TESOL 79*, Boston. Teachers of English to Speakers of Other Languages Washington DC USA.
- Pedoman Penulisan Karya Ilmiah. Skripsi, Tesis, Disertasi, Artikel, Makalah, Laporan Penelitian. 2010. Departemen Pendidikan Nasional. Universitas Negeri Malang.
- Pikoli, M., Effendy & Ibnu, S. 2002. Identifikasi Tingkat Pemahaman dan Kesalahan konsep dalam Ikatan Kimia pada Siswa Tahun I, II, III dan IV Jurusan Pendidikan Kimia IKIP Negeri Gorontalo. *Jurnal Matematika, IPA dan Pengajarannya Malang* 33(2):179-201.
- Prescott, A. & Mitchelmore. 2009. The Impact of Teacher Misconceptions about Projectile Motion on Student Learning. *Cosmed Proceedings International Conference on Science and Mathematics Education*.10-12 November 2009. (hlm. 46-53). Host by SEAMEO Regional Centre for Education in Science and mathematics Penang, Malaysia.
- Shaw, K. R. M., Horne, K.V., Zhang, H. & Joann Boughman, J. 2008. Essay Contest Reveals Misconceptions of High School Students in Genetics Content. *Genetics*. 2008 March; 178 (3): 1157–1168.
- Sugiyono. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan. Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

- Sumampouw, H. 1993. *Studi tentang Pemahaman dan Kesalahan konsep Biologi Sel Siswa dan Guru SMA Negeri se-Kabupaten Minahasa*. Tesis tidak diterbitkan. Program Pasca Sarjana IKIP Negeri Malang.
- Suparno, P. 1997. *Filsafat Konstruktivisme dalam Pendidikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Suryo. 2001. *Genetika Manusia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Suryadi, Didi. 2010. *Didactical Design Research (DDR) dalam Pengembangan Pembelajaran Matematika*. Disajikan pada Seminar Nasional Pembelajaran MIPA di UM Malang, 13 November 2010.
- Sutopo. H.B. 2002. *Metodologi Penelitian Kualitatif. Dasar Teori dan Terapannya dalam Penelitian*. Surakarta:Sebelas Maret University Press.
- Treagust, D. 2005. *Conceptual Change: A Discussion of Theoretical, Methodological and Practical Challenges for Science Education I*. Science and Mathematics Education Centre, Curtin University, Perth, Australia
- Venville & Treagust, 2002. *Teaching about the Gene in the Genetic Information Age*. Australian Science Teachers Journal. Juni 2002.
- Venville, G., Gribble, S., & Donovan, J. (2004). *An Exploration of Young Children's Understandings of Genetics Concepts from Ontological and Epistemological Perspectives*. Wiley InterSci, 614-633.
- Webb, M. J. (1985). Analogies and Their Limitations. *Journal of School Science and Mathematics*. 85(8), 645-650.
- Tundungi, W. 2009. *Miskonsepsi Siswa SMA pada Mata Pelajaran Biologi dan Faktor-faktor Penyebabnya. Disertasi (Pasca Sarjana)*. Universitas Negeri Malang. Program Studi Psikologi Pendidikan.

LAMPIRAN 1**PERSONALIA PENELITI****Ketua Tim Peneliti****A. Identitas Diri**

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Elya Nusantari, M.Pd	P
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19720917 199903 2 001	
5	NIDN	0017097206	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Malang, 17 September 1972	
7	Alamat Rumah	Jl. Apel II No. 2 Kelurahan Huangobotu Kec.Dungingi Kota Gorontalo 96136	
8	Nomor Telepon/Faks/ HP	Hp : 085233341975	
9	Alamat Kantor	Jl. Jend. Sudirman No. 6 Gorontalo 96128	
10	Nomor Telepon/Faks	Telp. 0435-821125, Faks: 0435-821752	
11	Alamat e-mail	elyanusantari09@yahoo.co.id	
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	22	
13	Mata Kuliah yang Diampu	Genetika I	
		Genetika II	
		Evolusi	
		Bioteknologi	
		Evaluasi Proses dan Hasil Belajar Biologi	
		Statistika	
		Metodelogi Penelitian	
		Strategi Belajar Mengajar	
		Seminar	
		Penelitian Tindakan Kelas	

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Negeri Malang	IKIP Negeri Malang	Universitas Negeri Malang
Bidang Ilmu	Pendidikan Biologi	Pendidikan Biologi	Pendidikan Biologi

Tahun Masuk-Lulus	1990-1995	1995-1997	2009-2012
Judul Skripsi/Thesis/Disertasi	Interaksi Gen pada Persilangan <i>Drosophila melanogaster</i> Meigen Strain <i>sepia</i> dengan Strain <i>cubitus interruptus</i>	Kajian Perkawinan Kembali Individu Betina <i>Drosophila melanogaster</i> dan Peranannya pada Pengajaran Genetika dalam Pendekatan CBSA	Kajian Miskonsepsi Genetika dan Perbaikannya melalui Perubahan Struktur Didaktik Bahan Ajar Genetika Berpendekatan Konsep di Perguruan Tinggi
Nama Pembimbing/Promotor	Prof. Drs. H. Widodo	Dr A.D Corebima, M.Pd	Prof Dr A.D Corebima, M.Pd

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
1	2007	Penerapan Model Kontekstual sebagai Strategi Pengembangan Kompetensi dan Life Skill Siswa SMP Negeri 8 Kota Gorontalo Tahun 2007/2008 (Anggota)	Hibah Bersaing-Dikti Jakarta	50.000.000
2	2007	Meningkatkan Keterampilan Belajar Biologi pada Siswa SMP Negeri 2 Kota Gorontalo melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe "Pair Checks" Tahun 2007/2008 (Ketua)	Dikti Jakarta	15.000.000
3	2006	Analisis Pendidikan Berwawasan Gender di Provinsi Gorontalo Tahun ke II (Ketua)	Dikmas Dirjen PLS Jakarta	30.000.000
4	2005	Analisis Pendidikan berwawasan Gender di Provinsi Gorontalo Tahun ke I (Ketua)	Dikmas Dirjen PLS Dinas Sosial dan Pemberdayaan Perempuan Provinsi Gorontalo	30.000.000
5	2004	Study Faktor Lingkungan Penyebab Sindroma Down dan Upaya Penanganannya (Ketua)	Proyek SP4 Jurusan Biologi UNG	3.500.000
6	2004	Penelitian Hibah PEKERTI: Evaluasi Penerapan PEKERTI/AA di lingkungan PT se Provinsi Gorontalo (Anggota)	Proyek P3AI-Dikti Jakarta	80.000.000
7	2004	Studi Karakter Sindroma Down di SLB Kota Gorontalo (Ketua)	Proyek SP4 Jurusan Biologi UNG	3.500.000

8	2003	Penyusunan Master Plan Pendidikan Provinsi Gorontalo (Anggota)	Pemerintah Provinsi Gorontalo	300.000.000
9	2003	Pengembangan Wirausaha dengan Pupuk Organik Bokashi Berbasis Kotoran Kuda (Ketua)	Balitbangpedalda Provinsi Gorontalo	20.000.000
10	2001	Meningkatkan Keaktifan dan Kemampuan Bernalar Siswa melalui Pendekatan Pembelajaran Kooperatif dengan Pola Pertanyaan Kritis. (Penelitian dilaksanakan di SMU Negeri 2 Gorontalo) (Ketua)	PGSM ASD Dikti Jakarta	10.500.000
11	2001	Upaya meningkatkan hasil belajar siswa SLTPN 6 Gorontalo tahun pelajaran 2000/20001 melalui pendekatan pembelajaran Kooperatif. SK No1452/LO3.1/PL/2000 (Ketua)	PGSM ASD Dikti Jakarta	7.500.000
12	2000	Upaya meningkatkan prestasi mahasiswa Program Studi Biologi IKIP Negeri Gorontalo pada mata kuliah Genetika melalui pendekatan Kooperatif) (Ketua)	RII Batch 4 Jakarta	7.500.000

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
1	2007-2008	Instruktur pada pembuatan aneka souvenir dari cangkang kerang bagi kelompok perempuan di wilayah pesisir Pantai Utara Gorontalo	Dirjen Dikmas Dirjen PLS Dinas Sosial	40.000.000
2	2007	Tim monitoring pada Program Gerhan (Gerakan Penghijauan di Kab/Kota Provinsi Gorontalo	Program Gerhan Provinsi Gorontalo	
3	2006	Pembimbing Kegiatan Teaching Grent Guru-guru Golongan IVa di Kota Gorontalo (Pembimbing)	Diknas Provinsi Gorontalo	25.000.000
4	2006	Pembimbing Karya Ilmiah Guru-guru Golongan IVa di Kab/Kota Provinsi Gorontalo (Pembimbing)	Depdiknas	
5	2006	Instruktur pelatihan pembuatan bokashi pada masyarakat di wilayah Kec. Kota Utara dan	LPM Universitas Negeri	2.000.000

		Kota Timur dalam rangka memperingati 40 tahun berdirinya di Gorontalo.	Gorontalo	
6	2005-2007	Mengelola dana bantuan Koperasi dan PKM Program Gender untuk masyarakat	Dinas Koperasi Pusat	7.5000.000
7	2005	Instruktur pada diklat pengolahan kelapa menjadi beberapa alternatif usaha produktif program BBE SMU Negeri I Sumalata.	Program BBE Diknas Provinsi Gorontalo	25.000.000

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel	Volume/ Nomor/Tahun	Nama Jurnal
1	Kerusakan Danau Limboto dan Upaya Konservasi melalui Pemberdayaan Masyarakat dan Peran Perguruan Tinggi	Volume 1, Nomor 2 Februari 2010	Jurnal Pendidikan Biologi
2	Peningkatan Keterampilan Belajar Biologi melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe "Pair Checks" pada Siswa SMP Negeri 2 Kota Gorontalo	Volume 15 Nomor 1, April 2008	Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Universitas Negeri Malang
3	Perkembangan Bioteknologi Modern Kloning (Analisis Hasil Temuan, Resiko dan Bioetika dalam Penelitian)	Volume 2 No 2, Juli 2007	SAINTEK Universitas. Negeri Gorontalo
4	Analisis Kebijakan Pendidikan Berwawasan Gender di Provinsi Gorontalo	Volume No 2 Juli 2007	Jurnal Penelitian Pendidikan Universitas Negeri Gorontalo
5	Pemanfaatan Kotoran Ternak Dan Sampah Organik Menjadi Pupuk Organik Bokashi Sebagai Alternatif Peluang Usaha Bagi Masyarakat Di Pedesaan.	Pebruari 2007	SIBERMAS Lembaga Pengabdian pada Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo
6	Teori Evolusi Asal Usul Makhluk Hidup dan Asal Usul Manusia Berdasarkan Perkembangan Bidang Genetika Molekuler (Beberapa Pemikiran Pembelajaran Teori Evolusi di Sekolah)	Januari 2007	SAINTEK Universitas. Negeri Gorontalo
7	Studi tentang Karakter Anak <i>Sindroma Down</i> dan Sistem Pendidikan yang Tepat untuk Meningkatkan Kemandiriannya di SLB Provinsi Gorontalo	Vol 2 Nomor 1 Maret 2005	Jurnal Penelitian Pendidikan Universitas Negeri Gorontalo

8	Pendidikan Kewirausahaan dengan Memanfaatkan Limbah Organik dalam Mewujudkan Lingkungan Lestari	Edisi Oktober 2004	Jurnal Insan Cita UNG
9	Meningkatkan Keaktifan dan Kemampuan Bernalar Siswa melalui Pendekatan Pembelajaran Kooperatif dengan Pola Pertanyaan Kritis.	Tahun IV edisi 8, Maret 2003	Jurnal Penelitian Pendidikan Universitas Negeri Gorontalo

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral Pada Pertemuan / Seminar Ilmiah Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional Pasca Sarjana	Pembelajaran Genetika di Era Informasi Genetika	Pasca Sarjana UNESA 16 Januari 2010
2	Seminar Nasional FMIPA	Kerusakn Danau Limboto dan Upaya Konservasi melalui Pemberdayaan Masyarakat dan Peran Perguruan Tinggi	Jurusan Biologi FMIPA ITS Surabaya 7 November 2009
3	<i>Round Table Discussion</i> para Penentu Kebijakan di bidang Pendidikan se Provinsi Gorontalo	Analisis Kesenjangan gender bidang pendidikan di Provinsi Gorontalo	Diknas Provinsi Gorontalo
4	Musyawarah Guru Mata Pelajaran Kota Gorontalo	Penelitian Tindakan Kelas dan Penulisan Karya Ilmiah bagi Guru Sekolah Dasar di Kota Gorontalo Tahun 2008.	SDN 30 Kota Gorontalo
5	Musyawarah Guru Mata Pelajaran Kabupaten Gorontalo	Inovasi Pembelajaran dan Penelitian Tindakan Kelas di SMP 1 Limboto Kabupaten Gorontalo Tahun 2008 pada pertemuan Forum Guru	SMP I Limboto Kabupaten Gorontalo
6	Ruang Sidang Universitas negeri Gorontalo	Peranan Pendidikan Perempuan bagi Kemajuan Provinsi Gorontalo pada Lokakarya Menuju Gorontalo Maju	Pemerintah Provinsi Gorontalo
7	Seminar Internasional Perempuan di Provinsi Gorontalo bekerja sama dengan Pusat Studi Wanita Universitas	Poster Studi Kebijakan Pendidikan Berwawasan Gender di Sekolah Menengah di Provinsi Gorontalo Tahun 2005	Gedung Pertemuan Wanita Provinsi Gorontalo
8	Seminar Lingkungan Hidup di SMU Negeri I Limboto Kab Gorontalo	“Penanganan Sampah dalam Mewujudkan Lingkungan yang Lestari”	SMU Negeri I Limboto Pebruari 2004
9	Seminar Nasional Hasil Penelitian	Penelitian Tindakan Kelas “Upaya meningkatkan kemampuan bernalar dan	Proyek PGSM Jakarta

		keaktifan melalui pendekatan kooperatif dengan pola pertanyaan kritis mata pelajaran Biologi pada siswa kelas II SMU Negeri 2 Kota Gorontalo Tahun Pelajaran 2000/2001”	di Surabaya
10	Pertemuan Tingkat Nasional Guru-Dosen ASD	Keberhasilan Pelaksanaan Kegiatan Program <i>Accademic Staff Deployment</i> (ASD) pada Proses Belajar di SLTP Negeri VI Gorontalo Tahun Pelajaran 2000/2001	Proyek PGSM Jakarta di Surabaya

Anggota Tim Peneliti.

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dra Aryati Abdul. M.Kes.
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
3	Jabatan Struktural	-
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	19590415198602 2 001
5	NIDN	0015045912
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gorontalo, 15 April 1959
7	Alamat Rumah	Jl K.H Adam Zakaria no 61 Kec Kota Utara kota Gorontalo
8	Nomor Telepon/Faks/ HP	085240252977
9	Alamat Kantor	Jl. Jend. Sudirman No. 6 Gorontalo 96128
10	Nomor Telepon/Faks	Telp. 0435-821125, Faks: 0435-821752
11	Alamat e-mail	Aryati.abdul@yahoo.co.id
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	90
13	Mata Kuliah yang Diampu	
		Genetika I
		Genetika II
		Evolusi
		Biokimia
		Biologi Umum
		Pengantar Pendidikan Biologi

B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	FKIP UNSRAT Manado	Universitas Airlangga Surabaya	-
Bidang Ilmu	Pendidikan Biologi	Biokimia	
Tahun Masuk-Lulus	1980-1986	1999-2002	
Judul	Pengaruh pelaksanaan	Pengaruh pemberian	

Skripsi/Thesis/Disertasi	praktikum terhadap hasil belajar siswa di SMP Negeri 6 kota Gorontalo	kombinasi ferro sulfat bersama asam askorbat dan asam sitrat terhadap status zat besi dalam darah pada tikus dengan keadaan defisiensi zat besi	
Nama Pembimbing/ Promotor	Dra.Maimuna Bila	Dr. Retno. Handajani,MS.,Ph.D	

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
	2011	Kualitas spermatozoa tikus putih (<i>Rattus norvegicus</i>) hyperlipidemia yang diberi ekstrak tanaman sarang semut. (Ketua)	TPSDP	30.000.000
	2010	Penerapan Model Pembelajaran Inovatif untuk meningkatkan kemampuan berfikir dan ketuntasan belajar peserta didik pada mata pelajaran Biologi (I-MHERE) (Anggota)	I-MHERE	30. 000.000
	2008	Aplikasi model Group Investigation melalui Direct Instruction, Peta Konsep dan Karyawisata Pada Pembelajaran Pengantar Pendidikan MIPA (Anggota)	HIBAH BERSAING	35.000.000
	2007	Peningkatan kualitas Pembelajaran Dasar-Dasar Pend. MIPA dengan Aplikasi Metode melalui Model Group Investigation (Anggota)	TPSDP	15.000.000
	2004	Perbandingan Frekuensi Gen Pada Karakter Kemampuan Membengkok kan ibu Jari Tangan dan Merasakan Pahit (Studi kasus pada suku Bajo, suku Gorontalo dan Suku Jawa)	SP4	3.5000

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah(juta R)
1	2009	Instruktur mata pelajaran Ujian Nasional SMP Thn 2009	DIKNAS Provinsi	2.000.000
2	2008	Usaha meningkatkan Pendapatan Petani Ikan Nila (<i>Oreochromis</i>	PNBP	2.000.000

		<i>niloticus</i>) di Jaring Apung Danau Limboto melalui Penerapan Teknik Meramu Pakan Alternatif		
3	2005	Instruktur pada diklat pengolahan kelapa menjadi beberapa alternatif usaha produktif program BBE SMU Negeri I Sumalata.	Program BBE Diknas Provinsi Gorontalo	25.000.000

E. Pengalaman Penulisan Artikel Ilmiah Dalam Jurnal Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel	Volume/ Nomor/Tahun	Nama Jurnal
1	Pengaruh Pemberian Kombinasi Ferro Sulfat Bersama Asam Askorbat Dan Asam Sitrat terhadap Status Zat besi Dalam Darah Pada Tikus (<i>Rattus norvegicus</i>) Dengan Keadaan Defisiensi Zat Besi	Volume 4, Nomor 2, 30 Mei 2002 ISSN : 1412-1433	Biosains Pascasarjana UNAIR.

Lampiran 2

Instrumen Diagnosis Miskonsepsi

257

Bapak dan Ibu Guru di SMP dan SMA,
 Dengan segala hormat kami mohon kesediaan Bapak Ibu guru untuk memberikan informasi terkait kesulitan pembelajaran genetika selama ini khususnya tentang pewarisan sifat. Terima kasih kami sampaikan atas kesediaan Bapak/Ibu guru mengisi angket ini.

Nama :

Jenjang Mengajar : SMP/SMA.....*

- Buku apa saja yang Bapak/Ibu gunakan untuk membelajarkan biologi di sekolah?
 -
 -
 -
 -
 -
- Materi genetika apa yang sulit dibelajarkan selama ini?
 Pilih (bisa lebih dari satu)
 - Materi genetik: gen-DNA-kromosom
 - Pembelahan sel mitosis-meiosis
 - Replikasi
 - Pewarisan sifat Mendel
 - Sintesis protein
 - Mutasi gen dan kromosom
 - Genetika populasi
- Jelaskan perbedaan gen, DNA dan kromosom.(bisa melalui gambar)

4. Bagaimana hubungan gen dan lokus? Gambarkan gen dengan lokus?

5. Gambarkan bagaimana posisi gen yang sealel pada kromosom.

Lampiran 3. Soal-soal Genetika yang Diujikan pada Guru

NAMA

TEMPAT TUGAS

SOAL PEWARISAN SIFAT

1. Seorang laki-laki albino menikah dengan seorang wanita normal yang ayahnya menderita albino. Berapa % pasangan suami istri tersebut memiliki anak albino?
 - A. 12,5%
 - B. 25%
 - C. 33,5%
 - D. 50%
 - E. 75%
2. Seorang perempuan karier buta warna yang ayahnya buta warna menikah dengan laki-laki buta warna. Kemungkinan anak-anak adalah
 - A. seluruhnya buta warna
 - B. 50% buta warna, 50%
 - C. 50% buta warna, 50% karier
 - D. 50% normal, 50% karier
 - E. seluruhnya karier
3. Seorang pria berpolimer yang ayahnya berpolimer dan ibunya normal. Kemungkinan anak
 - A. 0%
 - B. 25%
 - C. 50%
 - D. 75%
 - E. 100%
4. Perhatikan diagram persilangan tanaman bunga berikut!

III

Dari diagram persilangan III diketahui bunga berwarna ungu berjumlah 56%, warna merah 19% dan berwarna putih 25%. Ratio dari fenotip tersebut menunjukkan adanya penyimpangan semu hukum Mendel yang disebut

- A. interaksi
- B. kriptomeri
- C. epistasis, hipostasis
- D. komplementer
- E. polimeri

- 8 Disilangkan semangka bulat kuning (BBmm) dengan semangka lonjong merah (bbMM), sifat bulat dan merah dominan, menghasilkan F_1 semua bulat merah. Jika F_1 disilangkan dengan sesamanya, perbandingan fenotip F_2 antara bulat merah : bulat kuning : lonjong merah : lonjong kuning adalah
- 1 : 3 : 3 : 9
 - 1 : 3 : 1 : 3
 - 3 : 1 : 3 : 1
 - 9 : 3 : 3 : 1
 - 9 : 3 : 4 : 0
- 9 Berikut ini diagram hasil persilangan dihibrid antara tanaman berbatang pendek dan bulat (ttBB) dengan tanaman berbatang tinggi dan berbuah kisut (TTbb).
- P ttBB \times TTbb
- F_1 TtBb
- Jika sesama F_1 disilangkan, perbandingan fenotip pada F_2 adalah
- 9 tinggi bulat, 3 tinggi kisut, 3 pendek bulat, 1 pendek kisut
 - 9 tinggi kisut, 3 tinggi bulat, 3 pendek bulat, 1 pendek kisut
 - 9 pendek kisut, 3 tinggi kisut, 3 pendek bulat, 1 pendek bulat
 - 3 tinggi bulat, 3 tinggi kisut, 3 pendek bulat, 1 pendek kisut
 - 3 tinggi bulat, 3 tinggi kisut, 1 pendek bulat, 1 pendek kisut
- 10 Pada ercis (*Pisum sativum*) gen B untuk biji bulat dominan terhadap b untuk biji kisut, sedangkan gen K endosperm warna kuning dominan terhadap gen k endosperm warna hijau. Ercis biji bulat kuning disilangkan dengan kisut warna hijau, dihasilkan F_1 semua bulat kuning. Bila F_1 disilangkan sesamanya akan diperoleh F_2 dengan 9 kombinasi genotip. Ratio genotip BbKk : BBKk : BbKK : BBKK pada F_2 adalah
- 9 : 3 : 3 : 1
 - 4 : 2 : 2 : 1
 - 3 : 1 : 3 : 1
 - 2 : 1 : 2
 - 1 : 1 : 1

Lampiran 4. Buku yang Dianalisis

BUKU AJAR SMA KELAS XII YANG DIANALISIS MISKONSEP





Lampiran 5. Foto Kegiatan Triangulasi**TRIANGULASI DATA MISKONSEP GENETIKA
PADA BUKU TEKS BIOLOGI****Penyampaian Hasil Analisis Miskonsepsi dan Perbaikan Konsep yang Benar**

Bapak dan Ibu Guru Sedang Melakukan Diskusi Tentang Miskonsep Genetika dan Dampaknya Terhadap Penguasaan Guru Memahami Konsep Pewarisan Sifat



Diskusi Diantara Tim Peneliti dengan Peserta Untuk Memecahkan Soal Pewarisan Sifat. Peserta Memahami Miskonsepsi dan Perbaiki Konsep serta Dapat Memecahkan Soal Pewarisan Sifat.



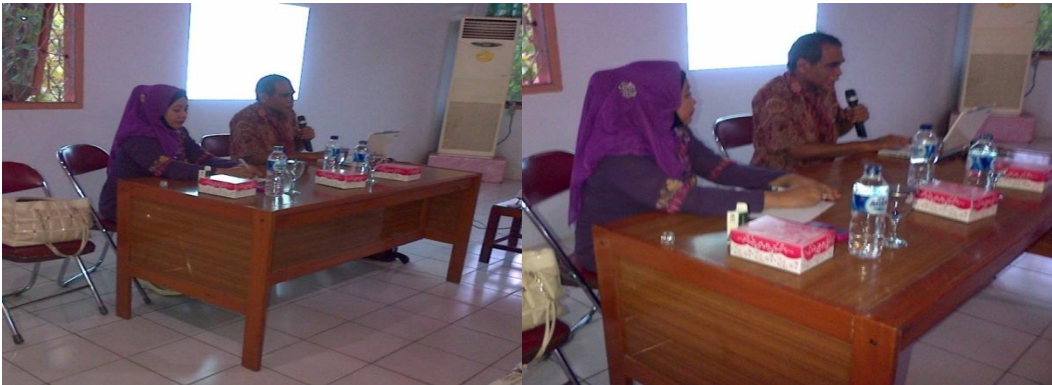
Diskusi Diantara Tim Peneliti dengan Peserta Untuk Memecahkan Soal-Soal Pewarisan Sifat. Peserta Memahami Miskonsepsi Dan Bagaimana Perbaiki Konsep. Sehingga Peserta dapat Memecahkan Soal Pewarisan Sifat.

PROSES TRIANGULASI DATA MISKONSEP GENETIKA



Pakar Genetika Menjelaskan Kesalahan Konsep pada Materi Genetika dan Evolusi





**Penyampaian Jawaban dari Pakar Genetika
Terhadap Pertanyaan yang Telah Diajukan**

Lampiran 6. Seminar Nasional dan Sertifikat**SEMINAR NASIONAL
“SOLUSI PROBLEMATIKA PEMBELAJARAN BIOLOGI DAN IPA”**

Peserta Dosen, Guru dan Mahasiswa Sebanyak 600 Orang



Penyajian Materi ke Dua oleh Dr Elya Nusantari M.Pd



Penyajian Materi dari Dosen UNG dan UNIMA



Peserta Menyampaikan Pertanyaan Kepada Penyaji



Lampiran 7. Seminar Internasional dan Sertifikat

SEMINAR INTERNASIONAL

Peserta seminar Internasional, yang di Hadiri oleh Tiga Negara: Cina, Jepang, dan Indonesia



Penyampaian Materi oleh Pemateri dari Cina



Penyampaian Materi oleh Pemateri dari Jepang



Dr. Elya Nusantari, M.Pd Menyampaikan Materi Pentingnya Kontrol Kualitas Buku Teks



Pemberian Penghargaan Kepada Dr. Elya Nusantari, M.Pd



**Lampiran 8. Artikel untuk Publikasi Ilmiah
pada Jurnal Nasional Terakreditasi
(Jurnal Ilmu Pendidikan UM)**

**Miskonsep Genetika Buku Ajar SMA,
Dampak dan Pentingnya Menyajikan Urutan Konsep Melalui Reorganisasi
Konsep Genetika**

Elya Nusantari
Prodi Pendidikan Biologi
Universitas Negeri Gorontalo
elya.nusantari09@yahoo.co.id

Abstrak: Penelitian bertujuan mengungkap miskonsepsi buku ajar SMA kelas XII khusus materi genetika. Buku ajar dianalisis sebanyak 15 buku tahun terbit 2007-2010. Langkah penelitian adalah mengidentifikasi miskonsepsi halaman demi halaman dan bab demi bab dan divalidasi oleh pakar genetika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa miskonsepsi ditemukan pada konsep ruang lingkup genetika, materi genetik kromosom, gen, DNA; replikasi; sintesis polipeptida; Mendel dan pewarisan sifat, pembelahan sel dan mutasi. Penyebab miskonsepsi adalah penyajian materi genetika masih klasik atau pola pikir Mendel masih mendominasi, penggunaan analogi yang kurang tepat, penggunaan istilah yang bias dan pemilihan bahasa (kata dan kalimat yang tidak tepat), dan hasil pemikiran penulis sendiri. Miskonsepsi berdampak pada kekacauan konsep genetika. Miskonsepsi dapat diatasi dengan guru melakukan seleksi buku, dan melakukan reorganisasi konsep genetika yang memperhatikan urutan penyajian konsep.

Kata-kata Kunci: miskonsepsi, penyebab miskonsepsi, genetika, buku ajar SMA.

Miskonsepsi materi genetika dapat terjadi oleh beberapa sebab bisa faktor guru, preconsepsi 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 tentang kualitas buku ajar yang digunakan di sekolah. Hal ini dapat berakibat pada tidak terdeteksinya kesalahan-kesalahan konsep yang ada pada buku ajar. Siswa dapat menggunakan bermacam-macam buku ajar baik yang diperoleh dari kakak tingkat sebelumnya, pinjam dari perpustakaan atau dengan membeli buku.

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 teksbook. 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 teksbook dengan kriteria tertentu, konten/isi spesifik biologi, readability atau kemampuan menyesuaikan dan miskonsepsi (Abimbola, 1996).

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.

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 diberikan. 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 yang berkaitan dengan buku teks masih sangat jarang dibanding dengan penelitian yang berkaitan dengan komponen pendidikan lainnya. Penelitian yang berkaitan dengan buku teks diantaranya berkaitan dengan analisis materi dari segi kedalaman, keluasan dan kesesuaiannya dengan kurikulum yang berlaku (Wahidah dan Widaningsih dalam Adisenjaya, 2007). Genetika adalah konsep yang sulit dipelajari siswa. Banyak guru yang sulit membelajarkan konsep genetika. Sehingga siswa selalu memperoleh nilai rendah pada materi ini. Salah satu penyebabnya adalah adanya miskonsep pada buku ajar sehingga berakibat miskonsepsi guru dan siswa.

Sebanyak 90 % guru Biologi di Amerika mengandalkan teksbook (buku hasil penelitian yang dirangkum dalam sebuah buku) dalam pembelajarannya. Yager (dalam Venville, 2002). Nigerian science teachers, mempercayakan pada teksbook 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 atau buku teks perguruan tinggi sebagai buku pegangan guru, siswa, dan buku kerja. Hal ini menunjukkan pentingnya menyusun buku dengan menggunakan sumber yang terpercaya sehingga miskonsep buku dapat dihindari.

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. Oleh sebab itu 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 bagaimana pemikiran penulis tentang 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.

Metodelogi

Analisis Kesalahan Konsep Genetika

Buku ajar yang dianalisis sebanyak 15 buku ajar tahun terbit 2007-2010. Hal ini mengacu ketentuan Permendiknas Nomor 1 Tahun 2011 Tanggal 4 Januari 2011 tentang buku teks yang digunakan di sekolah minimal 5 tahun

terakhir, buku yang disediakan atau direkomendasi oleh sekolah untuk digunakan siswa dalam pembelajaran sebanyak 12 buku.

Sesuai Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SMA untuk materi genetika adalah pada standart kompetensi memahami penerapan konsep dasar dan prinsip-prinsip hereditas serta implikasinya pada saling temas dengan 5 kompetensi dasar. Penelitian dilakukan untuk mengkaji 5 kompetensi dasar tersebut yakni arti dan ruang lingkup genetika; materi genetik DNA, gen, kromosom, replikasi; Hubungan gen, RNA, polipeptida dan proses sintesis protein; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; Mutasi.

Langkah-langkah Mengidentifikasi Miskonsepsi Genetika pada Buku Biologi.

Langkah mengidentifikasi miskonsepsi dilakukan dengan mengikuti prosedur penelitian miskonsepsi menurut Abimbola & Baba (1996). *Pertama* Menentukan konsep genetika yang akan diteliti yang dikelompokkan dalam 5 kelompok konsep sesuai kurikulum SMA yakni materi genetik DNA, gen, kromosom, replikasi; Hubungan gen, RNA, polipeptida dan proses sintesis protein; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; Mutasi.

Kedua, melakukan penelusuran buku untuk menentukan apakah buku ajar SMA memiliki masalah konseptual. Kegiatan ini dilakukan dengan membaca dan menemukan contoh-contoh miskonsepsi genetika yang mungkin ditemukan pada beberapa buku ajar SMA yang digunakan di sekolah. Kemudian menetapkan buku tersebut untuk diidentifikasi. Guna menjaga kode etik penelitian maka judul buku, penulis buku dan penerbitnya tidak dicantumkan. Penulis menggunakan menggunakan abjad A, B C dst. Data lengkap ada pada peneliti.

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.

Keempat, mentabulasikan konsepsi yang 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 teksbook genetika berbahasa asing yang ditulis oleh Gardner, E.J., Simmons, M.J & Peter, S. (1991) judul buku *Principles of Genetics*; Ayala & Kiger, F.J. (1984) Judul buku *Modern Genetics*; Campbell, Reece & Mitchell, L.G. (2002) judul buku *Biology* dan Corebima (1997) judul buku *Penentuan Jenis Kelamin pada Makhluk Hidup*; Corebima (1997) judul buku *Genetika Mendel*.

Kelima, Tim evaluator yakni pakar genetika di Universitas Negeri Malang memvalidasi dan mengidentifikasi miskonsepsi yang telah ditemukan. Validator mengevaluasi kebenaran atau keberterimaan tentang konsepsi-konsepsi yang teridentifikasi sebagai miskonsepsi. Validator tidak lagi menguji buku ajar yang sudah diidentifikasi peneliti. Dengan dasar hasil kerja validator peneliti dapat menghilangkan beberapa item dari daftar identifikasi miskonsepsi.

Melakukan triangulasi data untuk mengetahui dampak kesalahan konsep genetika dilakukan dengan menggunakan sumber data atau informan adalah para guru yang dilaksanakan dalam 3 tahap yakni guru di wilayah Kab Gorontalo sebanyak 12 orang, guru di wilayah Gorontalo Utara sebanyak 10 orang dan guru di wilayah Kota/kab Gorontalo sebanyak 20 orang. Para informan diminta mengerjakan soal genetika aplikatif terkait dampak kesalahan konsep genetika. Selanjutnya data diperdalam melalui diskusi dan wawancara langsung dengan para informan.

Hasil dan Pembahasan Kesalahan Konsep Genetika yang Ditemukan

Berdasarkan penyajian konsep pada kurikulum 2013 kelas XII, konsep genetika tercakup pada 5 kompetensi dasar. Berdasarkan banyaknya miskonsep yang ditemukan maka penyajian kesalahan konsep pada table 1 dikelompokkan berdasarkan 7 kelompok konsep yakni 1) Arti dan ruang lingkup genetika 2) Gen, DNA dan Kromosom termasuk; 3) Hubungan gen, RNA, polipeptida, dan proses

sintesis protein; 4) Keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; 5) Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat serta 6) Penentuan Jenis Kelamin; dan 7) Mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.. Miskonsep yang ditemukan pada buku ajar diakumulasi pada Tabel 1. Deskripsi miskonsep yang ditemukan pada buku diuraikan tetapi tidak dapat dijelaskan perbaikan konsepnya karena keterbatasan halaman.

Tabel 1 Jumlah Miskonsep pada 15 Buku Ajar yang Digunakan di SMA Kelas XII

No Kode Buku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Tahun Terbit	10	09	09	09	09	08	08	08	07	07	07	07	07	09	09	Jml
Konsep																
I	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	14
II	3	6	12	2	2	6	9	6	1	4	3	7	-	2	5	67
III	2	3	5	6	-	6	6	2	1	-	13	4	-	13	3	64
IV	1	3	2	3	1	2	6	3	-	3	6	3	2	3	3	41
V	3	1	2	1	1	1	5	-	-	1	-	2	1	5	3	26
VI	2	5	3	2	-	5	8	2	2	3	3	3	1		6	45
VII	2	1	2	2	3	3	3	2	3	-	4	2	-	5	-	32
Total	14	20	27	17	8	24	38	16	7	12	30	22	5	29	21	289

Catatan : Buku yang Dianalisis Sesuai Rekomendasi Permendiknas No 1 Tahun 2011 tentang Tahun Terbit Buku 5 Tahun Terakhir (Tahun 2006-2010). Buku 2,3,13,14,15 diterbitkan oleh Pusbuk Depdiknas. Sepuluh buku lainnya diterbitkan oleh penerbit swasta.

I. Arti dan ruang lingkup genetika

VIII. Gen, DNA dan Kromosom

IX. Hubungan gen, RNA, polipeptida dan proses sintesis protein

X. Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat dan

XI. Penentuan Jenis Kelamin

XII. Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat

XIII. Mutasi dan implikasinya dalam salingtemas

Kesalahan Konsep yang Ditemukan pada Kompetensi Dasar gen, DNA dan Kromosom.

Miskonsep yang ditemukan pada buku teks yakni tidak membedakan kromosom, gen dan DNA secara struktural. Gen, DNA, kromosom hanya dijelaskan secara fungsional sebagai faktor pembawa dan penentu sifat pada makhluk hidup. (Secara structural gen adalah segmen DNA yang mengekspresikan sifat tertentu, DNA adalah materi genetik yang tersusun dari fosfat, gula deoksiribosa dan basa nitrogen membentuk polinukleotida. DNA eukariot berasosiasi dengan protein histon membentuk kromosom, Gardner, 1991)

Miskonsep bahwa gen merupakan satu seri triplet basa nitrogen yang terdapat pada pita DNA yang akan mengkode satu rantai polipeptida yang kemudian akan menjadi bagian dari satu enzim atau protein lainnya. (Pengertian gen seperti ini dapat disalah artikan bahwa semua bagian gen ini semua fungsional. Pada eukariotik tidak semua bagian gen ini fungsional, gen terdiri dari daerah intron dan ekson. Daerah ekson adalah daerah pengkode polipeptida sedangkan daerah intron adalah daerah yang tidak fungsional atau bukan pengkode asam amino).

Miskonsep bahwa gen terletak pada lokus yang membentuk satu deretan linier pada kromosom. Lokus berupa benda berbentuk bulat seperti bola berderet deret. Gen diumpamakan terletak pada benang kromosom dalam suatu deretan berurutan dan teratur. (Sebenarnya lokus adalah posisi relatif letak gen dalam kromosom).

Miskonsep tentang alela bahwa alela adalah gen yang mempunyai bentuk alternative yakni dilambangkan dengan huruf latin besar dan kecil. Pada alela ganda dianggap seseorang memiliki alel lebih dari dua.

Miskonsep tentang bagian-bagian kromosom adalah sebagai berikut. Lengan merupakan bagian yang tersusun atas benang-benang kromosom. Benang-benang kromosom memendek dan menebal membentuk kromatin.

Miskonsep bahwa pada lengan tersusun tiga bagian yakni selaput, matrik dan kromonema. Bagian selaput adalah bagian tipis yang menyelaputi 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 berfungsi membawa sifat keturunan sehingga disebut sebagai lokus gen.

Miskonsep tentang hubungan kromosom, DNA dan gen dengan analogi 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 kebakaan. Kamarnya adalah gen, yaitu anak bagian molekul yang menduduki tempat-tempat khusus dalam molekul DNA. Batu batanya adalah nukleotida, yakni "bahan bangunan"

molekul. (Analogi ini lebih membingungkan siswa karena hirarki antar DNA, gen, dan kromosom menjadi tidak jelas)

Kesalahan Konsep yang Ditemukan pada Kompetensi Dasar Mendeskripsikan Hubungan Gen (DNA)-RNA-Polipectida dan Sintesis Protein dalam Fungsi Pembentukan Sifat Makhluk Hidup;

Miskonsep yang ditemukan sebagai berikut. Transkripsi adalah proses replikasi DNA untuk membentuk RNA-d. Transkripsi adalah proses transfer informasi genetik dari ruas DNA (gen) ke dalam molekul mRNA. Bahan baku utama sintesis polipeptida adalah gen. DNA memerlukan perantara yang dapat membawa pesannya ke ribosom. Proses sintesis protein meliputi tiga tahapan utama, antara lain: Replikasi DNA, Transkripsi dan Translasi, 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, RNA tidak memiliki basa Timin dan sebagai gantinya adalah Urasil yang memiliki struktur kimia hampir sama dengan Timin. RNAd merupakan molekul penghubung antara DNA dengan protein dan membawa pesan berupa informasi genetik dari DNA untuk membentuk protein, Satu molekul RNAd membuat untaian ribosom untuk mensintesis polipeptida. RNA banyak terdapat di sitoplasma dan nukleus terutama dalam ribosom. Asal RNAr dari DNA yang banyak berada di dalam ribosom; asal rRNA adalah di nukleus. RNAt dibentuk oleh DNA yang berada di sitoplasma. kode genetika merupakan suatu pengkodean urutan triplet basa nitrogen DNA dan RNA. Informasi berupa urutan kode-kode sandi pada RNA akan dirangkai menjadi asam-asam amino, peptida, polipeptida, sampai terbentuk protein.

Kesalahan Konsep yang Ditemukan pada Kompetensi Dasar Mendeskripsikan Keterkaitan antara Proses Pembelahan Mitosis dan Meiosis dengan Pewarisan Sifat;

Miskonsep yang ditemukan sebagai berikut. 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. Tahap Interfase, sel tidak mengadakan aktivitas baik secara fisik maupun reaksi kimia. Pada fase profase lengan kromosom berduplikasi membentuk dua kromatid yang terikat pada sentromer. Pada pembelahan mitosis fase metaphase yang bersegregasi adalah kromosom homolognya. Pada pembelahan meiosis fase profase tahap pakiten, bivalen atau kromosom homolog yang berpasangan berduplikasi menjadi dua kromatid sehingga setiap bivalen mempunyai empat kromatid disebut tetrad.

Kesalahan Konsep yang Ditemukan pada Kompetensi Dasar Memahami Prinsip Hereditas dalam Mekanisme Pewarisan Sifat.

Miskonsep pada kalimat berikut. Jika dikawinkan sesamanya, individu homosigot tidak mengalami pemisahan. Sedangkan individu dengan genotipe Bb jika dikawinkan sesamanya akan mengalami pemisahan. Misal Bb disilangkan dengan Bb akan menghasilkan keturunan BB, Bb dan bb.

Miskonsep bahwa Mendel menyatakan 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”.

Miskonsep bahwa pada pembelahan meiosis, sesuai dengan prinsip segregasi (pemisahan) maka faktor-faktor keturunan akan memisah dalam bentuk gamet. Peristiwa pembentukan sel gamet dua gen yang berpasangan akan diturunkan secara bebas pada keturunannya melalui gamet. Selanjutnya, pada proses pembuahan gamet-gamet jantan dan betina yang memisah tersebut akan berpasangan secara acak.

Miskonsep bahwa Gen yang telah terpisah tersebut akan bergabung dengan gen dari induk lain pada saat perkawinan. Penggabungan tersebut terjadi secara acak dan bebas. Pada perkawinan ini tampak jelas bahwa gen-gen dapat berpasangan membentuk kombinasi yang beragam. Maka hal tersebut dikenal dengan Hukum II Mendel atau Hukum Pengelompokan Gen Secara Bebas

Miskonsep bahwa setiap makhluk hidup dibangun oleh sel tubuh (somatik) dan sel kelamin (gamet). Sel tubuh disusun oleh kromosom tubuh (autosom) sedangkan sel kelamin disusun oleh kromosom kelamin (gonosom).

Miskonsep bahwa pada sel eukariota terdapat dua macam kromosom yaitu autosom dan gonosom. Autosom tidak menentukan jenis kelamin individu sedangkan kromosom gonosom menentukan jenis kelamin individu.

Kesalahan Konsep yang Ditemukan pada Kompetensi Dasar Mendeskripsikan Peristiwa Mutasi dan Implikasinya dalam Salingtemas.

Miskonsep bahwa Mutasi adalah perubahan gen pembawa sifat yang menyebabkan berubahnya sifat individu pembawanya dan diturunkan. Perubahan ini menyebabkan fenotipe keturunannya berbeda sama sekali dengan fenotipe kedua induknya. Penyimpangan struktur dan jumlah DNA menyebabkan kelainan pada janin dalam kandungan dan menyebabkan cacat lahir atau memunculkan individu dengan karakter berbeda se-hingga memungkinkan terbentuknya spesies baru.

Miskonsep bahwa mutasi yang terjadi di dalam tubuh dapat berupa perubahan somatis (mutasi autosom), dan perubahan generatif atau gametis (mutasi kromosom seks). Perubahan somatik (mutasi autosom) terjadi pada jaringan tubuh, misal epitel, otot, tulang, dan saraf. Perubahan generatif atau gametis (mutasi kromosom seks) terjadi pada gonad kelamin. Mutasi terjadi secara spontan dan jarang terjadi secara alami dan biasanya merugikan. Mutasi yang menyebabkan kematian merupakan usaha alam untuk menjaga keseimbangan genetika dalam suatu populasi

Penyebab Miskonsep Genetika pada Buku Ajar

Berdasarkan contoh kesalahan konsep yang ditemukan pada buku ajar SMA dapat dikelompokkan kesalahan konsep genetika terjadi akibat enam sebab yakni penyajian materi genetika klasik atau genetika mendel, penyajian konsep tidak representative (minim informasi molekuler), penggunaan analogi yang

kurang tepat, penggunaan istilah tidak tepat, pemilihan bahasa atau kata yang salah, serta hasil pemikiran atau analisis penulis sendiri.

Penyajian konsep genetika saat ini masih didominasi dengan konsep Mendel. Konsep Mendel dianggap pewarisan yang utama. Venville (2002) menyatakan saat ini sudah waktunya penyajian konsep genetika meninggalkan bayang-bayang Mendel agar pemahaman genetika semakin luas tidak terpaku pada pewarisan Mendel saja.

Penyajian konsep genetika belum molekuler. Banyak kesalahan konsep genetika akibat tidak ada penjelasan ditingkat molekuler. Seperti pernyataan gen dijelaskan sebagai penentu sifat makhluk hidup. DNA sebagai pembawa sifat makhluk hidup dan kromosom adalah bahan genetik makhluk hidup. Hal ini membingungkan. Venville (2002) menyatakan penyajian konsep genetika perlu disajikan secara representative dengan menyajikan informasi secara molekuler. Hal ini menjembatani perkembangan genetika yang pesat agar dapat menjadi pondasi yang benar bagi perkembangan kognitif siswa.

Pendekatan molekuler di saat mendatang diperlukan untuk menunjang perkembangan genetika yang demikian pesat. Sementara itu bila buku ajar masih menyajikan genetika klasik maka pemahaman siswa kita juga akan lambat. Oleh sebab itu kita tidak dapat dapat menghindari penjelasan yang representative secara biokimiawi atau molekuler. Sebagaimana dinyatakan Treagust dan Chittleborough dalam Venville (2002) menyatakan perbedaan tingkat representatif didalam ilmu pengetahuan adalah pembahasan ditingkat kimiawi. Kita mengharapkan terbukanya fenomena seperti ekspresi fenotip gen, mikroskopis nukleus dan kromosom, submikroskopis DNA dan basa A, G, C dan T sebagai dasar kode genetik. Perubahan tingkatan representatif secara otomatis berlaku untuk semua tingkatan guru baik jenjang SMP, SMA maupun perguruan tinggi.

Penggunaan analogi dalam menjelaskan suatu konsep seharusnya dapat mempermudah siswa dalam memahami konsep tersebut. Namun penggunaan analogi yang salah akan berakibat siswa salah memahami konsep (Gusril, 2008). Oleh sebab itu perlu berhati hati dalam membuat analogi.

Penggunaan istilah dan bahasa atau kata yang salah dapat berakibat kesalahan memahami konsep. Seperti penggunaan istilah kromosom tubuh dan

kromosom kelamin. Sebaiknya istilah ini diganti dengan kromosom autosom dan kromosom gonosom. Demikian pula penggunaan kalimat atau kata yang tidak tepat. Penggunaan kata atau kalimat yang salah bisa disebabkan pemahaman penulis buku yang juga tidak tepat sehingga berakibat kesalahan pada pemilihan kata dan kalimat. Hasil pemikiran sebagai refleksi pemahaman penulis turut mempengaruhi miskonsepsi.

Dampak Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks terhadap Pemahaman Guru

Melalui kegiatan triangulasi data kesalahan konsep pada buku melalui wawancara maupun jawaban dari angket, maka penulis mendapatkan data dampak kesalahan konsep yang dialami oleh guru. Saat wawancara peneliti menanyakan pertanyaan-pertanyaan terkait dampak miskonsepsi terhadap penguasaan konsep genetika.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan konsep gen, DNA dan kromosom. Guru sulit membedakan gen, DNA dan kromosom secara struktural. Hal ini disebabkan pemahaman konsep yang tidak molekuler sehingga konsep gen, DNA dan kromosom masih tumpang tindih. Sebagian besar guru menyatakan bahwa sel tubuh manusia berjumlah 44 kromosom tubuh saja, sedangkan sel kelamin manusia berisi 2 kromosom kelamin saja. Dampaknya sulit membayangkan kesejajaran proses meiosis dengan Hukum Mendel I dan II. Karena anggapan bahwa semua sel kelamin hanya berisi 2 kromosom kelamin. Di sisi lain guru juga mengetahui bahwa hasil pembelahan meiosis adalah reduksi kromosom dari 2 set menjadi 1 set kromosom. Guru menyatakan bahwa kromosom ada dua yakni kromosom kelamin dan kromosom tubuh. Kromosom kelamin menentukan jenis kelamin, kromosom tubuh menentukan sifat tubuh. Hal ini perlu pemberian informasi temuan terbaru ekspresi gen yakni terdapat gen baik pada kromosom kelamin maupun kromosom tubuh yang berperan dalam menentukan jenis kelamin pada makhluk hidup.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi

pembentukan sifat makhluk hidup; Guru sulit memahami peran DNA sebagai template, peran RNAr saat transkripsi translasi, tidak memahami peran RNAt sebagai pembawa asam amino. Guru sulit membayangkan proses transkripsi dan translasi hingga terbentuk protein. Hal ini disebabkan penjelasan konsep pada buku ajar tidak molekuler. Sebagian guru menyangka kode genetik adalah bahan penyusun asam amino. Hal ini akibat penyajian konsep pada buku yang menyatakan pembentukan protein diawali dari transkripsi, translasi selanjutnya kode genetik. Hal ini berdampak pada salah pengertian bahwa kode genetik adalah bahan pembentuk atau penyusun asam amino. Padahal kode genetik sebenarnya merupakan kodon (tiap 3 basa dari ARNd) yang mengkode asam amino tertentu. Asam amino tersebut berada di sitoplasma yang akan dibawa oleh ARNt menuju ke ribosom tempat sintesis protein. Tahap translasi adalah tahaap perakitan asam amino sesuai urutan kode genetik atau kodon yang dirangkai membentuk polipeptida. Jadi urutan penyajian konsep seharusnya berurut dari transkripsi, kode genetik dan translasi.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat;

Guru sulit memahami proses terbentuknya kombinasi gen yang diturunkan kepada anaknya dari gen yang ada pada kedua orang tua. Hal ini terlihat pada data coretan buram, kesulitan menentukan genotip parental, bagaimana terbentuknya konstitusi gamet, genotip turunan. Hal ini akibat sulit memahami kombinasi yang terjadi pada gamet akibat proses pembelahan Meiosis terkait dengan Hukum Mendel I dan II. Guru sulit membayangkan pembelahan mitosis terkait dengan pewarisan sifat. Hal ini perlu penjelasan terkait makhluk hidup yang mengalaminya. Meiosis terkait hukum Mendel I dan II terjadi pada makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual. Sedangkan eukariotik yang berkembangbiak secara aseksual misalnya perkembangbiakan melalui tunas dilakukan melalui pembelahan mitosis.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar memahami prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat,

Hukum Mendel dianggap sebagai mekanisme pewarisan sifat yang utama. Sedangkan pewarisan sifat lainnya dianggap sebagai penyimpangan atau modifikasi dari pola pewarisan Mendel. Dampaknya adalah anggapan bahwa sifat di dunia ini hanya dominan dan resesif saja sehingga mutasi hanya akan selalu merubah gen yang dominan menjadi resesif dan akibatnya merugikan bagi khuluk hidup yang terkena mutasi. Perkembangan penelitian selanjutnya terbukti bahwa pola pewarisan sifat sangat beragam mulai dari dominan resesif, kodominan, semidominan, pleiotropi, epistasis hipostasis maupun pola pewarisan terpaut kromosom kelamin X.

Guru sulit memahami mengapa saat fertilisasi, suatu gen resesif atau dominan terpaut kromosom kelamin X maka sifat gen tersebut langsung diturunkan atau terekspresi pada anak laki-laki, sedangkan pada anak perempuan hanya carier. Hal ini karena guru tidak mengetahui bahwa kromosom seks Y bersifat holandrik yakni tidak memiliki alel sehingga saat berpasangan dengan kromosom X gen yang terpaut kromosom X akan terekspresi. Sulit memahami bagaimana terjadinya perbedaan genetik pada bayi kembar tidak identik dan bayi kembar identik. Bayi kembar identik dan tidak identik dianggap berisi gen yang sama. Yakni berisi 2 kromosom kelamin yakni XY saja.

Dampak Kesalahan konsep pada kompetensi dasar mendeskripsikan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas. Kesalahan konsep mutasi hanya berlangsung dari gen dominan menjadi resesif berdampak pada kesalahan memahami proses evolusi. Proses evolusi dianggap tidak terjadi sama sekali. Mutan bukan bahan mentah evolusi karena mutasi hasilnya selalu merugikan.. Jadi kandungan genetik dalam populasi itu konstan atau tidak ada variasi gen dalam populasi. Sehingga sulit dibayangkan evolusi dapat terjadi. Penting dijelaskan bukti-bukti mutasi secara molekuler yang akan berdampak pada urutan DNA yang mengalami mutasi serta efeknya pada fenotip.

Bagaimana Upaya Guru Mengatasi Miskonsep pada Buku Ajar?

Peran Guru sebagai Penyeleksi Miskonsep pada Buku Ajar.

Guru berperan penting dalam mengatasi miskonsep buku ajar. Miskonsep 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?

Secara rinci dapat dilakukan *Pertama*, guru hendaknya melakukan analisis RPP dan isi materi pembelajaran untuk persiapan pembelajaran yang baik 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. Selanjutnya saat pelaksanaan pembelajaran, guru hendaknya terampil dalam kegiatan paedagogik, guru perlu mendiskusikan miskonsepsi dengan siswa-siswanya 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. Bersama-sama teman sejawat guru dapat mendiskusikan miskonsepsi yang ditemukan pada buku maupun yang ditemukan saat pembelajaran. Selanjutnya guru dapat menginformasikan dengan menulis artikel pada jurnal tentang miskonsepsi yang ditemukan. Guru IPA perlu terampil memfilter miskonsepsi agar siswa menjadi tahu konsep dengan benar. Hal ini dapat ditingkatkan melalui *up date* materi genetika dengan rutin mengikuti seminar dan pelatihan-pelatihan genetika.

Perbaikan Kesalahan Konsep Genetika pada Buku Teks SMA melalui Reorganisasi Penyajian Isi Materi Genetika

Berdasarkan kurikulum 2013 kelas XII khusus pada konsep genetika tercakup pada 5 kompetensi dasar yakni mendeskripsikan konsep gen, DNA dan kromosom; mendeskripsikan hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi pembentukan sifat makhluk hidup; mendeskripsikan keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; memahami prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat, mendeskripsikan peristiwa mutasi dan implikasinya dalam salingtemas.

Pada masing-masing kelima kompetensi dasar tersebut ditemukan kesalahan konsep akibat penyampaian konsep genetika hanya berdasarkan urutan penemuannya dengan kata lain tidak disajikan dalam bentuk hubungan antar konsep. Selain itu konsep-konsep yang sudah tidak relevan hendaknya tidak ditampilkan lagi. Sebagaimana Corebima (2010) menyatakan penyajian materi genetika selama ini masih berorientasi sejarah yakni genetika disajikan sesuai urutan waktu penemuannya hal ini menyebabkan organisasi konsep terputus-putus atau terpisah-pisah. Hal ini menyebabkan makna ilmu genetika terpenggal-penggal, dan ilmu itu menjadi kajian yang sulit. Oleh sebab itu penting untuk melakukan pembelajaran dengan pendekatan konsep genetika yang baru, dan yang selayaknya mengganti pendekatan sejarah adalah pendekatan konsep. Oleh sebab itu penting dilakukan adalah penyajian konsep genetika pada buku teks SMA yang mengikuti urutan konsep yang dipaparkan sebagai berikut.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep gen, DNA dan kromosom. Penyajian konsep yang benar secara molekuler terkait gen adalah segmen DNA sehingga gen adalah bagian terkecil dari DNA. Hal ini dalam perspektif DNA sebagai polinukleotida panjang yang terdiri dari fosfat, gula deoksiribosa dan nukleotida dengan jarak tertentu atau segmen tertentu mengekspresikan sifat tertentu. Pengertian kromosom dapat diperluas secara singkat pada kelompok eukariotik dan prokariotik yang berbeda pada jenis protein histon dan protein non histon. Bentuk materi genetik lain murni DNA terdapat pada aseluler, organela eukariotik, dan plasmid. Serta adanya kromosom di luar inti sel.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep hubungan gen (DNA)-RNA-polipeptida dan sintesis protein dalam fungsi pembentukan sifat makhluk hidup. Urutan penyajian konsep dimulai dari fungsi gen dalam mentransmisikan sifat atau mengekspresikan sifat melalui proses sintesis protein. Proses sintesis protein diawali dari transkripsi yakni penyusunan kode genetika dari DNA sebagai template dan modifikasi pasca transkripsi, kode genetika meliputi penentuan kode genetika dan aturan wobble atau wobble rule, selanjutnya translasi yakni proses penerjemahan ARNduta menjadi polipeptida.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep keterkaitan antara proses pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat. Sebelum membahas pewarisan materi genetik, diawali tentang bagaimana materi genetik tersebut melakukan reproduksi materi genetik melalui replikasi. Replikasi dapat dibedakan pada golongan makhluk hidup prokariotik dan eukariotik, dengan aseluler pada virus yakni replikasi *rolling circle*. Pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual, pewarisan sifat dilakukan melalui pembelahan meiosis. Pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara aseksual, pewarisan sifat dapat dilakukan melalui pembelahan mitosis. Pada makhluk hidup prokariotik seperti bakteri pewarisan sifat terjadi melalui pembelahan biner. Pada virus pewarisan sifat terjadi melalui infeksi pada inangnya.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep prinsip hereditas dalam mekanisme pewarisan sifat. Konsep ini diawali dengan prinsip hereditas menurut Mendel. Hereditas Mendel hanya terjadi pada kelompok makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara seksual. Prinsip hereditas Mendel ini tidak terjadi pada makhluk hidup eukariotik yang berbiak secara aseksual, prokariotik, dan aseluler (virus dan retrovirus). Urutan penyajian konsep diawali dengan hukum Mendel I dan II. Selanjutnya kesetaraan hukum Mendel I dengan pembelahan Meiosis tahap Anafase I. Kesetaraan hukum Mendel II dengan pembelahan Meiosis tahap Metafase I. Selanjutnya dibahas penyimpangan semu hukum Mendel dan dijelaskan arti penyimpangan semu serta bagaimana konsep yang seharusnya. Kemudian dijelaskan bagaimana ekspresi atau kerja gen dalam menentukan sifat

diantaranya pseudodominan, polimeri, kriptomeri, epistasis hypostasis dsb. Selanjutnya disajikan contoh-contoh kesalahan mengerjakan persilangan akibat kesalahan konsep genetika dan cara mengerjakan dengan benar.

Reorganisasi Isi Materi Genetika pada konsep mutasi. Konsep mutasi diawali dengan membenahi kesalahan konsep bahwa mutasi selalu berakibat merugikan. Penyebab mutasi dari penyebab internal dan eksternal. Perbaikan mutasi baik selama replikasi maupun tidak selama replikasi, perbaikan mutasi selama pembuatan protein. Jenis mutasi yakni mutasi gen dan mutasi kromosom. Akibat mutasi bagi makhluk hidup. Peran mutasi terhadap evolusi.

SIMPULAN

Miskonsep genetika yang ditemukan pada buku ajar pada penelitian ini adalah pada konsep arti dan ruang lingkup genetika; materi genetik: gen, DNA, dan kromosom; hubungan gen, DNA-RNA-Polipeptida dan proses sintesis protein; Prinsip hereditas dan mekanisme pewarisan sifat; Penentuan jenis kelamin; Hubungan pembelahan mitosis dan meiosis dengan pewarisan sifat; Mutasi.

Berdasarkan hasil penelitian ini miskonsepsi pada buku ajar di SMA kelas XII disebabkan oleh penyajian materi genetika masih klasik atau genetika Mendel, pendekatan konsep yang tidak representative (tingkat biokimiawi dan molekuler), penggunaan analogi yang kurang tepat, penggunaan istilah, pemilihan bahasa (pemilihan kata atau kalimat yang salah), hasil pemikiran atau hasil analisis penulis sendiri.

DAFTAR RUJUKAN

- Abimbola, I.O., & Baba, Salihu. 1996. Misconceptions & Alternative Conceptions in Science Textbooks: The Role of Teachers as Filters. *Journal The American Biology Teacher* ,58(1)14-19
- Adisendjaja, Y.H. & Romlah O. 2007. *Identifikasi Kesalahan dan Miskonsepsi Buku Teks Biologi SMU*. Disampaikan pada Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi, Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. 25 –26 Mei 2007
- Asmoro C.P & Asep S (2007)
- Ayala, F.J & Kiger, J.A. 1984. *Modern Genetics*. Menlo Park California: The Benjamin/cummings Publishing Company, Inc.
- Corebima, D. 1997. *Genetika Mendel*. Surabaya: Airlangga University Press

- Corebima, D. 1997. *Penentuan Jenis Kelamin pada Makhluk Hidup*. Surabaya: Airlangga University Press
- Corebima, D. 2010. *Pendekatan Baru Genetika dari Pendekatan Sejarah ke Pendekatan Konsep*. Disajikan pada Seminar Nasional MIPA Universitas Negeri Malang 13 Oktober 2010
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., dan D.P. Snustad. 1991. *Principles of Genetics*. Eight edition. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc. Alen.
- Campbell, Reece & Mitchell, L.G. 2002. *Biology, Fifth Edition*. California: Adison Wesley Logman Inc.
- Gusril. 2008. *Efektifitas Penggunaan Analogi dalam Pembelajaran Konsep Abstrak*. Jurnal Pendidikan FKIP Unsyiah Banda Aceh, (Online), Jilid 5, No 2, (<http://ww.Banda Aceh.ac.id>, diakses 10 Maret 2010).
- 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.
- Tundungi, W. 2009. *Miskonsepsi Siswa SMA pada Mata Pelajaran Biologi dan Faktor-faktor Penyebabnya*. Disertasi (Pasca Sarjana). Universitas Negeri Malang. Program Studi Psikologi Pendidikan
- Venville & Treagust. 2002. Teaching about the Gene in the Genetic Information Age. *Australian Science Teachers Journal*. Juni 2002.