

## Evaluasi Perkuliahan Genetika untuk Calon Guru Biologi di Universitas Nusantara PGRI Kediri

**Poppy Rahmatika Primandiri\*, Agus Muji Santoso**

Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Nusantara PGRI Kediri,  
JL. K.H Achmad Dahlan 76, Kediri, Indonesia

\*E-mail: primandiripoppy@gmail.com

**Abstract:** Biology teachers are expected to have competence of 21<sup>st</sup> century skills, including mastering aspects of genetic material that continues to be advented. Therefore, studies that aim to empower genetic study needs to be done. This study aimed to describe some of the obstacles encountered during the course of genetics for prospective teachers UNP Biology in Kediri to be immediately followed up. This research was a case study, conducted by participant observation for three academic years (2013 - 2015) in the lecture class genetics. This study shown that the unavailability of relevant teaching materials, genetics practices were not supported of the concept, yet supported tools - genomic analysis, and lecturing genetics have not utilized the development of genomic data base that continues to grow. This condition causes the students still have misconceptions about the structure of the genetic structure, the regulation of gene expression, mutation, and recombination of genes.

**Keywords:** genetics, biology teachers, program evaluation

### 1. PENDAHULUAN

Guru Biologi masa depan diharapkan memiliki kompetensi keterampilan abad 21, termasuk aspek penguasaan materi genetika yang terus berkembang. Perkembangan genetika molekuler mengubah orientasi materi genetika dari klasik ke molekuler. Selain itu, menurut Fatchiyah (2014) hasil penelitian bidang genetika juga terus berkembang sejalan dengan eksplorasi pemetaan genom disimpan dalam pusat *data base bank gen (gene bank)*.

Adanya program – program eksplorasi pemetaan genom tersebut menyebabkan koleksi genom spesies – spesies yang ada di sekitar manusia bahkan manusia itu sendiri terus bertambah. Informasi ilmiah dapat berperan sebagai salah satu bahan berharga untuk meningkatkan mutu pembelajaran. Khususnya pembelajaran genetika. Urgensi peningkatan mutu pembelajaran yang memanfaatkan data – data genom koleksi bank gen dilatarbelakangi kondisi empiris yang terjadi di lapangan.

Berdasarkan hasil observasi diperoleh beberapa temuan penting. Pembelajaran genetika di Universitas Nusantara PGRI Kediri masih mengajarkan materi genetika yang berorientasi pada genetika klasik, sebagian besar tentang mendel dan penyimpangannya. Padahal materi genetika yang sering terjadi kesalahan seperti struktur materi genetik, ekspresi materi genetik dan regulasinya,

mutasi, dan rekombinasi gen belum diperhatikan. Kondisi demikian menyebabkan kesalahan konsep genetika. Kesalahan–kesalahan itu dapat terbawa saat calon guru tersebut mengajarkan materi genetika ke siswanya dan menurut Nusantari (2011) kondisi tersebut dapat menyebabkan destruksi pengetahuan.

Temuan lainnya adalah siswa masih memiliki persepsi bahwa mempelajari genetika sulit karena bersifat abstrak. Hal tersebut disebabkan siswa belum mampu mengkonstruksi materi secara utuh dan belum mampu menghubungkan antar konsep genetika. Hal ini terjadi karena dosen menjelaskan materi genetika belum secara utuh, belum memberikan hubungan antar konsep genetika serta seringkali disampaikan dengan ceramah.

Hal tersebut merupakan tantangan bagi LPTK mandiri untuk selalu mengikuti perkembangan materi khususnya materi genetika agar dapat menghasilkan calon guru yang menguasai materi genetika yang kian berkembang. Dengan menguasai materi diharapkan guru dapat mengatasi kesalahan konsep. Tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan beberapa kendala yang selalu dihadapi selama pelaksanaan perkuliahan genetika bagi calon guru Biologi di Universitas Nusantara PGRI Kediri agar dapat segera ditindaklanjuti.



## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berjenis studi kasus dengan observasi partisipan, dilaksanakan selama tiga tahun akademik (2013 - 2015) pada kelas perkuliahan genetika lanjut. Informasi berupa kendala pembelajaran Genetika ditelusur dengan observasi, wawancara kepada mahasiswa dan dosen pengampu mata kuliah, serta pengecekan dokumen terkiat (hasil ujian, tugas terstruktur, dan pustaka yang digunakan).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil observasi selama 3 tahun, menunjukkan bahwa problematika perkuliahan genetika antara lain: belum tersedianya bahan ajar yang relevan dan baik, materi praktikum belum mendukung konsep yang diberikan, belum didukung sarana analisis genomik, dan perkuliahan genetika belum memanfaatkan perkembangan data base genomik yang terus bertambah. Akibatnya mahasiswa masih memiliki konsep yang salah tentang struktur materi genetik, ekspresi gen serta regulasinya, mutasi, dan rekombinasi gen.

### 3.1 Bahan Ajar Belum Relevan

Bahan ajar sangat penting untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Hendaknya dosen menggunakan buku teks yang relevan. Menurut Abimbola dan Baba (1996) dalam Nusantari (2011) kualitas buku ajar dapat dinilai berdasarkan validitas buku teks dengan kriteria tertentu, konten/isi spesifik biologi, kemampuan menyesuaikan dan miskonsepsi. Bahan ajar yang digunakan oleh dosen Universitas Nusantara PGRI Kediri adalah handout yang ditulis oleh dosen dan buku teks yang berpendekatan genetika klasik. Dosen belum menggunakan buku teks berpendekatan genetika molekuler, akibatnya mahasiswa banyak mengalami kesalahan konsep. Contoh-contoh kesalahan konsep genetika diuraikan sebagai berikut.

Kesalahan yang ditemukan saat membahas kromosom. Bagian-bagian kromosom adalah sentromer (bagian kepala kromosom) dan lengan yang dibagi menjadi 3 yaitu selaput, matriks, dan kromonema. Bagian selaput merupakan lapisan tipis yang menyelaputi badan kromosom, bagian matriks merupakan isi seluruh lengan berupa cairan bening, dan bagian kromonema merupakan benang halus berpilin yang terendam dalam matriks, mengandung manik-manik yang disebut kromomer. Sebutir kromomer terdiri dari belahan histon (protein) didalamnya terikat DNA yang sepasang dan berjajar berpilin-pilin.

Konsep yang benar adalah bagian-bagian kromosom ada 2 yaitu lengan dan sentromer. Kromosom tidak memiliki selaput dan matriks. Kromosom eukariot merupakan molekul DNA yang tergabung dengan protein histon. Asosiasi DNA dan histon terlihat seperti manik-manik yang disebut nukleosom (Gardner, 1991).

Kesalahan letak gen pada kromosom. dinyatakan di handout bahwa gen terletak di dalam kromomer dari kromosom, berjejer lurus sepanjang poros kromatin. Letak gen di dalam kromosom disebut lokus. Lokus itu tetap. Konsep yang benar adalah posisi relatif dari gen yang memberikan arti letak gen pada kromosom. Posisi tersebut disebut lokus (Gardner, 1991). Jadi lokus merupakan penentuan posisi gen pada kromosom bukan sebagai tempat/ kamar/ ruangan gen dalam kromosom.

Kesalahan memahami sel kelamin dan sel tubuh dihubungkan dengan jenis kromosomnya (autosom dan gonosom). Banyak mahasiswa beranggapan bahwa autosom hanya ditemukan di sel tubuh saja dan gonosom di sel kelamin saja. Konsep yang benar adalah sel tubuh tidak hanya disusun oleh autosom tetapi juga oleh gonosom. Sama halnya dengan sel kelamin juga disusun oleh autosom dan gonosom. Yang membedakan adalah jumlahnya, sel kelamin haploid dan sel tubuh diploid.

Kesalahan memahami replikasi dan ekspresi materi genetik. Mereka sering menganggap kedua hal tersebut sama. Konsep yang benar adalah kedua kejadian tersebut melibatkan enzim yang berbeda dan menghasilkan hal yang berbeda pula. Replikasi merupakan reproduksi materi genetik dan ekspresi materi genetik melibatkan dua kejadian yaitu transkripsi dan translasi. Selama ini mahasiswa juga hanya mengetahui bahwa transkripsi hanya menghasilkan mRNA, padahal tRNA dan rRNA juga dihasilkan dengan proses transkripsi. Mahasiswa belum mengetahui bahwa ekspresi materi genetik pada makhluk hidup prokariot dan eukariot berbeda. Karena ekspresi materi genetik antara makhluk hidup prokariot dan eukariot berbeda, regulasinya juga berbeda.

Kesalahan memahami konsep mutasi. Jika ada pertanyaan tentang mutasi, mahasiswa banyak yang menganggap mutasi pasti merugikan dan secara fenotip pasti berbeda dengan induk. Konsep yang benar yaitu banyak faktor yang menyebabkan mutasi yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal antara lain kesalahan pada replikasi, penggelembungan unting saat replikasi, elemen transposabel, dan perubahan kimia tertentu secara spontan. Faktor eksternal antara lain faktor fisik (suhu, tekanan, radiasi), faktor kimia (agen analog basa, agen pengubah basa, dan agen interkalasi), dan faktor biologi. Oleh karena itu, mutasi belum tentu secara fenotip berbeda dengan induk.

Konsep rekombinasi belum diajarkan secara utuh, masih terpisah-pisah sehingga dapat terjadi kesalahan pemahaman oleh mahasiswa. Rekombinasi sering terjadi diawali dengan adanya peristiwa pindah silang. Pindah silang sering diajarkan sendiri tanpa dikaitkan dengan rekombinasi.

Penyajian konsep genetika seperti di atas masih didominasi dengan konsep genetika klasik sehingga banyak kesalahan konsep. Untuk meminimalkan kesalahan konsep, perlu disajikan informasi secara molekuler. Pendekatan molekuler diperlukan untuk menunjang perkembangan genetika yang demikian pesat karena kita tidak bisa menghindari penjelasan yang representatif secara biokimiawi (Nusantari, 2011). Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Treagust dan Chittleborough dalam Vanville (2002) menyatakan perbedaan tingkat representatif didalam ilmu pengetahuan adalah pembahasan ditingkat kimiawi. Diharapkan guru dapat selalu mengikuti perkembangan genetika agar dapat memberikan pengetahuan untuk perkembangan kognitif siswa.

Guru harus selektif dalam memilih buku teks yang digunakan untuk pembelajaran. Sebaiknya guru tidak hanya memindahkan atau mentransfer konsep yang ada di dalam buku teks secara langsung kepada siswa. Guru harus berperan dalam menyaring miskonsepsi dengan cara mentransformasikan dan menterjemahkan materi pembelajaran ke dalam situasi belajar (Dreyfus, 1992 dalam Adisendjaja, 2007).

Sebagai patokan di dalam memilih buku teks yang digunakan, tidaklah salah seandainya guru mempertimbangkan patokan yang diajukan oleh *National Research Council, 1990* (Lumpe & Beck, 1996 dalam Adisendjaja, 2007), yaitu:

1. Isinya tepat, memadai tetapi tidak bersifat ensiklopedik.
2. Memiliki ketepatan faktual
3. Berkaitan dengan pemahaman konseptual dan materi subyek yang terbaru
4. Memiliki koherensi logis
5. Eksplanasinya (uraiannya) jelas dan ilustrasinya efektif
6. Kesesuaian dengan jenjang dan minat siswa
7. Mewakili biologi sebagai pelajaran yang bersifat eksperimen.

### 3.2 Praktikum Belum Mendukung Konsep

Praktikum diperlukan untuk mendukung konsep agar lebih dipahami mahasiswa. Berdasarkan hasil pengamatan, materi genetika yang dipraktikkan antara lain isolasi genom secara sederhana, persilangan Mandel, dan pengamatan kromosom raksasa lalat buah.

Bahan yang digunakan mudah ditemukan oleh peserta didik. Hasil dari praktikum ini adalah benang-benang yang dianggap sebagai DNA. Kekurangan praktikum ini adalah belum dapat menggambarkan struktur DNA dan kromosom seperti pada buku teks. Hasil pengamatan di kelas, instruktur maupun dosen belum memberikan penjelasan yang baik bahwa praktikum tersebut merupakan teknik isolasi DNA secara sederhana untuk membuktikan adanya genom pada sampel saja. Namun, beberapa mahasiswa ada yang masih memiliki asumsi bahwa yang mereka telah melihat DNA hasil isolasi mereka.

Konsep persilangan dipraktikkan dengan simulasi persilangan menggunakan kancing genetika. Kancing genetika ini terdiri dari beberapa kancing berpasangan dengan berbagai variasi warna yang menunjukkan fenotifnya. Praktikum ini dilakukan dengan mengambil kancing dan memasangkan kancing yang diambil tersebut secara acak (misalnya dengan mata tertutup). Kemudian menghitung rasio fenotifnya. Persilangan ini hanya dapat membuktikan persilangan Mendel saja. Sedangkan penyimpangan hukum Mendel tidak bisa dilakukan dengan metode praktikum ini. Selain itu, kelemahan dari metode ini adalah sifat mana yang bersifat dominan dan resesif tidak dapat ditentukan karena karakteristik media yang digunakan.

Selain itu, pengamatan mikroskopis kromosom raksasa lalat buah juga masih belum optimal. Hal tersebut dapat dilihat dari prosedur praktikum yang diberikan. Pengamatan kromosom raksasa dilakukan dengan memencet langsung larva pada umur instar tertentu di atas kaca benda, kemudian dia amati langsung dengan mikroskop. Konsep yang benar adalah pengamatan kromosom raksasa kelenjar ludah lalat buah. Dengan demikian, prosedur yang diberikan juga berbeda dengan deskripsi tersebut.

### 3.3 Belum Didukung Sarana Analisis Genomik

Universitas Nusantara PGRI Kediri belum memiliki laboratorium untuk analisis genomik. Pada umumnya, analisis genomik meliputi beberapa alat dengan spesifikasi yang tinggi. Contoh sarana analisis genomik yang utama antara lain mesin *Polimerase Chain Reaction (PCR)*, aparatus *electrophoresis* baik horizontal maupun vertikal, pemusing dingin yang mampu mencapai kecepatan lebih dari 10.000 rpm, pipetor dengan spesifikasi sampai 0,5 mikroliter, *nanodrop*, dan neraca analitik dengan spesifikasi empat angka di belakang koma dalam gram. Diperoleh informasi bahwa hanya terdapat beberapa sarana utama namun sarana tersebut belum memiliki spesifikasi standar. Contohnya, pemusing dengan kecepatan maksimal 5000 rpm dengan pengatur



waktu yang manual dan tanpa pengatur suhu. Selain itu, neraca analitik hanya memiliki spesifikasi tiga angka di belakang koma (dalam gram), dan pipetor dengan spesifikasi pengambilan sampel 100 – 1000 mikroliter. Bertolak dari uraian tersebut, masih banyak sarana analisis genomik yang belum dimiliki. Oleh karena itu, analisis genomik belum dapat dilakukan.

Sampai saat ini, dilakukan program kunjungan ke unit atau universitas di sekitar Universitas Nusantara PGRI Kediri yang memiliki layanan teknik analisis genomik. Walaupun sebenarnya kegiatan yang terdapat pada program ini termasuk ranah kajian teknik analisis biologi molekuler yang berbeda dengan struktur materi kajian genetika dasar maupun lanjut. Program tersebut dilaksanakan kolektif dan dalam kelas besar. Pada program tersebut, instruktur mendemostrasikan teknik – teknik isolasi DNA, pembuatan gel, dan bagaimana merakit aparatus *electrophoresis* horizontal, dan visualisasi hasilnya. Melalui program tersebut mahasiswa diharapkan memiliki wawasan yang lebih luas tentang teknik analisis genomik.

Namun, program ini memiliki kelemahan. Mahasiswa tidak dapat belajar praktik secara langsung (*learning by doing*). Padahal menurut Reese (2011) praktik secara langsung akan mendorong siswa untuk menemukan bukti konkrit, belajar membuat argumen, dan menuntun siswa untuk belajar membandingkan antara teori yang diberikan dengan hasil praktiknya. Selain itu, Hackathorn *et al.* (2011) juga mengemukakan bahwa belajar dengan mempraktikkan secara langsung akan membantu peserta didik mengingat konsep lebih lama dalam ingatannya.

### 3.4 Belum Memanfaatkan Perkembangan *data base* Genomik

Pada studi kasus ini, juga diperoleh temuan penting. Pada proses pembelajaran belum memanfaatkan *data base* genomik yang telah berkembang pesat. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya beberapa kriteria antara lain penggunaan *data base* genomik pada bahan ajar, media ajar, selama proses pembelajaran, dan evaluasi. Pada bahan ajar dan media ajar yang digunakan belum ditemukan adanya sitasi *data base*. Contohnya penggunaan sekuen gen hasil transkripsi masih disusun secara sembarang (acak, tanpa dasar). Sekuen gen yang disajikan cenderung tanpa dasar prediksi struktur protein yang akan terbentuk dari sekuen asam amino yang dihasilkan dari sekuen gen tersebut. Kondisi demikian cenderung mendorong munculnya pemahaman yang kurang benar pada mahasiswa tentang konsep sekuen gen fungsional.

Kasus tersebut juga ditemukan dalam proses diskusi dan evaluasi pembelajaran.

Temuan yang diperoleh, pada naskah soal ujian mahasiswa diminta untuk memprediksi sekuen asam amino dari salah satu untai DNA. Contohnya AUG AAC TTG TGC TTA CGA GGA AAC ATC adalah sekuen dari salah satu rantai DNA. Kemudian mahasiswa diminta untuk menentukan prediksi sekuen asam aminonya dengan melihat tabel kode genetik. Secara instruksional, hal tersebut benar tetapi secara konsep keilmuan, sekuen yang disajikan oleh dosen baik pada bahan ajar, media, proses pembelajaran, dan soal evaluasi belum tepat. Sekuen tersebut disusun secara sembarang (acak, tanpa dasar) dan tidak mengacu hasil penelitian sekuen gen yang telah ada. Ketidaktepatan tersebut dapat dilihat dari beberapa hal. Pertama, sekuen gen tersebut belum bisa dianggap sekuen ekson sepenuhnya. Mana bagian intro mana bagian ekson tidak bisa diketahui. Kedua, sekuen gen tersebut terlalu pendek, apabila harus dinyatakan intro dan ekson, sekuen ekson tidak akan pernah bisa ditemukan karena panjang sekuennya sangat kecil. Ketiga, jika jawaban prediksi sekuen asam amino yang dijawab oleh mahasiswa benar, belum tentu sekuen tersebut akan mampu membentuk struktur protein yang fungsional.

Perkembangan *data base* genomik saat ini dapat dimanfaatkan oleh dosen sebagai contoh riil (berbasis riset) untuk memberikan konsep yang benar. Dosen dapat mengunduh sekuen ngen fungsional (tanpa intron) pada pusat *data base*. Dosen dapat memberikan contoh sekuen yang berhasil diteliti sebelumnya. Melalui contoh sekuen tersebut, dapat diperoleh prediksi sekuen asam amino yang benar sehingga kontruksi modeling struktur protein secara tiga dementionalnya pasti diketahui dengan benar.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa problematika perkuliahan genetika antara lain: belum tersedianya bahan ajar yang relevan dan baik, materi praktikum belum mendukung konsep yang diberikan, belum didukung sarana analisis genomik, dan perkuliahan genetika belum memanfaatkan perkembangan *data base* genomik yang terus bertambah. Akibatnya mahasiswa masih memiliki konsep yang salah tentang struktur materi genetik, ekspresi gen serta regulasinya, mutasi, dan rekombinasi gen.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

Adisendjaja, Y.H. & Romlah, O. (2007, Mei). *Identifikasi Kesalahan dan Miskonsepsi Buku Teks Biologi SMU*. Seminar Nasional Pendidikan

- Biologi dan Biologi, Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia
- Fatchiyah, Arumingtyas, E.L., Widyarti, S., & Rahayu, S. (2014). *Prinsip Analisis Biologi Molekuler*. Malang: UB Press.
- Gardner, E.J., Simmons, M.J., Snustad, D.P. (1991). *Principles of Genetics*. Eight edition. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.Alen.
- Nusantari, E. (2011). Analisis dan Penyebab Miskonsepsi pada Materi Genetika Buku SMA Kelas XII. *Bioedukasi*, Vol.4(2): 72-85.
- Venville, G. & Treagust. (2002). *Teaching about the Gene in the Genetic*. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.Alen.
- Hackathorn, J., Solomon, E.D., & Blankmeyer, K..L. (2011). Learning by Doing: An Empirical Study of Active Learning Technique. *The Journal of Effective Learning*. Vol.11 (2): 40 – 54.

**Penanya:**  
Yustina

**Pertanyaan :**  
Mengapa harus ada studi kasus ?  
Apa solusi dari kasus tersebut ?

**Jawaban :**  
Karena dengan adanya studi kasus tersebut dapat menelusuri dan mendedah problematika perkuliahan genetika.  
Solusi yang digunakan adalah melaksanakan proses *Lesson Study* agar beban rekomendasi hasil studi kasus bisa dilaksanakan dengan optimal secara kolaboratif. Karena dengan *Lesson Study* itulah tim dosen dapat saling belajar tentang banyak hal, seperti pengembangan bahan ajar, media model pembelajaran dan seterusnya.

**Saran :**  
Dr. Suciati, M.Pd

Sebaiknya kata Evaluasi pada judul diganti, karena kata evaluasi identik dengan kegiatan penilain sampel pengambilan keputusan.

