

Pengetahuan Prosedural dan Korelasinya dengan Pengetahuan Konseptual Mahasiswa pada Topik Genetika Populasi Berbasis Molekuler

The Procedural Knowledge and Its Correlation with Students' Conceptual Knowledge on Molecular-Based Population Genetics Topic

Dewi Murni^{1*}, Evi Amelia², Iing Dwi Lestari³, Septionita Suryaningsih⁴, Riza Indriyani⁵, Intan Az Zahra⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Ciwaru Raya, Kota Serang, Provinsi Banten 42117, Indonesia

Abstrak

Pengetahuan prosedural merupakan salah satu dimensi pengetahuan yang memiliki peran penting, yaitu membantu mahasiswa memperoleh pengetahuan konseptual. Pengetahuan prosedural membantu mahasiswa dalam memahami konsep pada Mata Kuliah Genetika, diantaranya pada topik "Genetika Populasi Berbasis Molekuler". Topik ini tidak hanya membahas tentang struktur molekuler dan fungsi DNA penanda dalam penelitian genetika populasi, tetapi juga tentang prosedur yang dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan penelitian genetika populasi berbasis molekuler. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa pada topik Genetika Populasi berbasis molekuler serta menganalisis korelasi diantara kedua variabel ini. Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif kuantitatif dengan desain korelasional *Pearson Product Moment*. Populasi penelitian yaitu mahasiswa semester IV Jurusan Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang mengontrak Mata Kuliah Genetika. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik populasi total, yaitu seluruh populasi dijadikan sebagai sampel penelitian yang berjumlah 101 mahasiswa. Pengumpulan data pengetahuan prosedural mahasiswa dilakukan dengan menggunakan teknik tes. Soal tes terdiri atas 5 (lima) butir soal isian singkat dan 10 (sepuluh) butir soal esai yang dikembangkan berdasarkan parameter pengetahuan prosedural mahasiswa. Pengetahuan konseptual mahasiswa diukur dengan menggunakan 6 (enam) butir soal isian singkat, 5 (lima) butir soal benar salah dan 3 (tiga) butir soal esai. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif korelasional *Pearson Product Moment*, menggunakan program SPSS. Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa secara umum berada pada kategori kurang dengan nilai rata-rata 31,41 dan 35,87. Pengetahuan prosedural dan konseptual mahasiswa memiliki korelasi positif yang cukup kuat. Pengetahuan prosedural mahasiswa berkontribusi terhadap pengetahuan konseptual mahasiswa dengan nilai determinasi 21,3%. Berdasarkan temuan ini, dosen perlu melakukan upaya untuk memberdayakan pengetahuan prosedural mahasiswa.

Kata kunci: DNA penanda; genetika populasi; molekuler; pengetahuan konseptual; pengetahuan prosedural

Abstract

Procedural knowledge is one of the dimensions of knowledge that has an important role in helping students acquire conceptual knowledge. Procedural knowledge helps students understand the concepts in Genetics, including the topic "Molecular-based Population Genetics". This topic not only discusses the molecular structure and function of DNA markers in population genetics research but also discusses the procedures carried out by scientists in conducting molecular-based population genetics research. This study aims to describe students' procedural and conceptual knowledge of molecular-based Population Genetics and analyze the correlation between these variables. This study used a descriptive quantitative research method with a Pearson Product Moment correlation design. The study population was fourth-semester students of the Biology Education Department, FKIP, Sultan Ageng Tirtayasa University, who contracted the Genetics Course. Sampling was carried out using the total population technique; the entire population was used as a research sample totalling 101 students. Data collection of students' procedural knowledge was carried out using test techniques. The test questions consisted of 5 short fill-in items and 10 essays developed based on student procedural knowledge parameters. Students' conceptual knowledge was measured using 5 short fill-in items, 10 true-false items and 5 essay items. Data analysis was carried out using descriptive correlation analysis using the SPSS program. Students' procedural and conceptual knowledge were generally in the insufficient category, averaging 31.41 and 35.87. Students' procedural and conceptual knowledge had a fairly strong positive correlation. Students' procedural knowledge contributes to students' conceptual knowledge with a determination value of 21.3%. These findings suggest that lecturers try to empower students' procedural knowledge.

Keywords: conceptual knowledge; DNA markers; molecular; population genetics; procedural knowledge

Article HistoryReceived: Juni 29th, 2024 ;Accepted: December 24th, 2024 ;Published: December 30th, 2024 *Corresponding**Author**: dewi.murni@untirta.ac.id

© 2024 Authors. This is an open-access article under the CC BY-SA 4.0 license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)**PENDAHULUAN**

Kemajuan teknologi dan informasi mendukung perkembangan ilmu genetika sehingga memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Diantaranya, pengembangan teknik rekayasa genetika untuk menghasilkan organisme yang dimodifikasi secara genetika (*genetically modified food and organisms*) dan teknik DNA *screening* menjadi topik penelitian para ilmuwan di berbagai negara (Kwadwo & Badu, 2023). Teknik rekayasa genetika ini telah dimanfaatkan untuk mengatasi permasalahan hidup manusia di berbagai bidang, diantaranya di bidang pertanian (van Esse *et al.*, 2020), peternakan (Eusebi *et al.*, 2020) dan kesehatan (Kwadwo & Badu, 2023). Kemajuan teknologi juga telah memfasilitasi aplikasi genetika dalam upaya pelestarian makhluk hidup melalui penggunaan DNA penanda pada penelitian Genetika populasi. Analisis keragaman genetik dalam populasi merupakan parameter penting pada semua penelitian yang terkait dengan kegiatan konservasi (Bonde *et al.*, 2012).

Genetika populasi merupakan cabang ilmu Genetika tentang keragaman genetik suatu populasi dan perubahan dalam komposisi genetik akibat pengaruh berbagai faktor (Putri *et al.*, 2021). Tujuan utama genetika populasi sebagai penyedia informasi untuk upaya konservasi dan pengelolaan satwa liar adalah untuk melakukan identifikasi populasi dan kekerabatan antar populasi. Karakterisasi struktur populasi, distribusi genetik, variasi adalah kunci untuk menyimpulkan fungsi relatif dari berbagai proses evolusi populasi (Hohenlohe *et al.*, 2020).

Pengetahuan terkait genetika populasi penting dimiliki oleh mahasiswa Pendidikan Biologi sebagai calon guru dan calon asisten peneliti di bidang Biologi. Topik genetika populasi tidak hanya mencakup pengetahuan konseptual terkait Hukum Hardy-Weinberg tentang kesetimbangan frekuensi alel dalam suatu populasi. Topik ini juga membahas tentang prosedur penelitian yang dilakukan para ilmuwan dalam melakukan penelitian populasi khususnya yang berbasis molekuler. Prosedur kerja penelitian di bidang genetika populasi berbasis molekuler menggunakan DNA penanda dan melibatkan berbagai teknik, diantaranya teknik isolasi DNA, PCR dan teknik elektroforesis. DNA penanda yang sering digunakan para ilmuwan diantaranya RAPD dan mikrosatelit. Teknik isolasi menyediakan DNA genom yang selanjutnya akan digunakan untuk mengamplifikasi DNA penanda melalui teknik PCR. Hasil dari PCR akan bisa dilihat melalui keragaman pita DNA yang dihasilkan melalui teknik elektroforesis.

Berbagai informasi terkait pemanfaatan DNA penanda dan prosedur kerja genetika populasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengayaan mata kuliah genetika yang dapat

meningkatkan pengetahuan konseptual dan prosedural mahasiswa. Kedua jenis pengetahuan ini penting bagi mahasiswa. Pengetahuan konseptual adalah kemampuan mahasiswa dalam menghubungkan ide-ide atau konsep sehingga menjadi bagian dari jaringan pemahaman (Hurrell, 2021). Pengetahuan prosedural merupakan pengetahuan tentang bagaimana melakukan sesuatu dan kriteria untuk menggunakan keterampilan, algoritma, teknik dan metode dalam memahami suatu materi pembelajaran (Krathwohl, 2002) untuk melakukan tindakan yang tepat (Sahdra & Thagard, 2003). Pengetahuan prosedural juga berhubungan dengan kemampuan mahasiswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan (Yilmaz & Yalçın, 2012). Pengetahuan prosedural menunjukkan tindakan yang dilakukan mahasiswa secara langkah demi langkah dan simultan dalam mempelajari suatu prosedur yang kompleks (Sáenz, 2009) dan melakukan teknik laboratorium dengan menggunakan aturan dan instruksi secara bertahap (Schunk, 2012).

Pengetahuan prosedural pada topik genetika populasi berbasis molekuler melibatkan pemahaman mendalam tentang bagaimana eksperimen dilakukan, bagaimana data dikumpulkan dan dianalisis, serta bagaimana informasi genetik digunakan untuk tujuan praktis. Pengetahuan ini merujuk pada pemahaman tentang metode, teknik, dan langkah-langkah praktis yang digunakan dalam penelitian dan aplikasi genetika molekuler. Pengetahuan prosedural meliputi cara mengisolasi DNA dari sampel biologis, dan mengidentifikasi gen tertentu dalam genom di laboratorium. Pengetahuan prosedural juga mencakup langkah-langkah teknik PCR (*Polymerase Chain Reaction*) untuk mengamplifikasi fragmen DNA, dan teknik elektroforesis untuk memisahkan fragmen DNA hasil isolasi genom atau hasil PCR (Sahdra & Thagard, 2003). Pemahaman tentang teknik analisis data juga merupakan bagian krusial dari pengetahuan prosedural genetika. Kemampuan ini melibatkan penggunaan perangkat lunak dan algoritma untuk menganalisis data genetik yang kompleks, seperti data sekuen DNA atau protein. Analisis data dilakukan dengan menggunakan komputer untuk menyimpan, melihat atau mengambil data, menganalisa struktur dari biomolekul. Berbagai teknik komputasi dapat digunakan untuk menganalisis kumpulan data biologis secara lebih akurat (Pangsuma & Hidayat, 2023).

Penelitian tentang pengetahuan prosedural dan konseptual lebih banyak dilakukan di bidang matematika. Studi terhadap mahasiswa PGSD mengenai konsep interpretasi bilangan rasional dalam representasi pecahan dan desimal menunjukkan bahwa secara kategorisasi, pengetahuan prosedural mahasiswa (70,05%) berada pada tingkat moderat, sementara pengetahuan konseptual (50,36%) berada pada tingkat rendah (Novita *et al.*, 2022). Selama ini, penelitian yang pernah dilakukan di Prodi Pendidikan Biologi, baru pada topik pengetahuan kognitif dan miskonsepsi mata kuliah Genetika. Namun, penelitian tentang hubungan pengetahuan prosedural dan konseptual, khususnya pada mata kuliah Genetika belum pernah dilakukan. Hubungan kedua variabel ini penting untuk diteliti agar diperoleh informasi keterkaitan keduanya. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan rencana pembelajaran yang dapat memberdayakan kedua kemampuan berpikir ini. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa pada

topik genetika populasi berbasis molekuler. Tujuan lainnya yaitu untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara kedua variabel ini dan untuk memprediksi seberapa besar sumbangan variabel pengetahuan prosedural terhadap pengetahuan konseptual mahasiswa.

METODE

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif dengan desain korelasi *Pearson Product Moment*. Populasi penelitian terdiri dari 101 mahasiswa semester IV Jurusan Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang mengontrak Mata Kuliah Genetika. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik populasi total (*Total Population Sampling*), dengan jumlah sampel sebanyak 101 mahasiswa yang terdistribusi di dalam tiga kelas.

Pengetahuan prosedural mahasiswa diukur dengan menggunakan 15 butir soal tes tertulis, yang terdiri atas 5 (lima) butir soal dengan tipe soal isian singkat dan 10 (sepuluh) butir soal dengan tipe soal esai (uraian). Soal tes dikembangkan berdasarkan tiga aspek pengetahuan prosedural yang terkait dengan topik genetika populasi berbasis molekuler. Indikator tersebut meliputi kemampuan menjelaskan keterampilan khusus yang berhubungan dengan teknik yang digunakan pada bidang Genetika Populasi berbasis molekuler; kemampuan menjelaskan teknik dan metode yang berhubungan dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler; dan kemampuan menjelaskan kriteria untuk menentukan kapan suatu prosedur tepat untuk digunakan pada teknik yang terkait dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler (Tabel 1). Indikator ini dimodifikasi dari indikator pengetahuan prosedural yang dikemukakan oleh [Krathwohl \(2002\)](#).

Tabel 1. Kisi-Kisi Instrumen Pengetahuan Prosedural Mahasiswa

CPMK	Sub CPMK	Aspek Pengetahuan Prosedural	Tipe Soal	Jumlah Soal
Mahasiswa mampu menguasai konsep, prinsip, dan prosedur bidang kajian genetika melalui kerja ilmiah dan berpikir ilmiah minimal sesuai dengan kedalaman dan keluasan materi bagi pembelajaran biologi di sekolah.	Menjelaskan tahapan isolasi DNA sebagai teknik awal dalam penelitian genetika populasi dengan menggunakan mikrosatelit.	1. Kemampuan menjelaskan keterampilan khusus yang berhubungan dengan teknik yang digunakan pada penelitian bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.	Esai	5
		2. Kemampuan menjelaskan teknik dan metode yang berhubungan dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.	Isian singkat Esai	3 2
		3. Kemampuan menjelaskan tentang kriteria untuk menentukan kapan suatu prosedur tepat untuk digunakan pada teknik yang terkait dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.	Isian singkat Esai	2 3

Pengetahuan konseptual mahasiswa diukur dengan menggunakan instrumen berupa soal tes tertulis yang terdiri dari 6 (enam) butir soal isian singkat, 5 (lima) butir soal dengan tipe benarsalah, dan 3 (tiga) butir soal esai. Semua butir soal dikembangkan berdasarkan kisi-kisi pembuatan soal yang mengacu pada sub-CPMK pada topik Genetika Populasi Berbasis Molekuler. Butir soal dikembangkan berdasarkan tiga aspek pengetahuan konseptual, yaitu

pengetahuan mengenai teori, model dan struktur; pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori; serta pengetahuan tentang prinsip-prinsip dan generalisasi (Tabel 2).

Tabel 2. Kisi-Kisi Instrumen Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

CPMK	Sub CPMK	Aspek Pengetahuan Prosedural	Tipe Soal	Jumlah Soal
Mahasiswa mampu menguasai konsep, prinsip, dan prosedur bidang kajian genetika melalui kerja ilmiah dan berpikir ilmiah minimal sesuai dengan kedalaman dan keluasan materi bagi pembelajaran biologi di sekolah.	Menjelaskan berbagai teknik yang terkait dengan bidang Genetika	1. Pengetahuan mengenai teori, model dan struktur.	Isian singkat	1
			Benar-salah	1
			Esai	1
	Genetika	2. Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori.	Isian singkat	3
			Benar-salah Esai	1
			Isian singkat	1
	Populasi berbasis molekuler.	3. Pengetahuan tentang prinsip-prinsip dan generalisasi.	Benar-salah	2
			Esai	3
				1

Instrumen yang digunakan untuk mengukur pengetahuan prosedural dan konseptual mahasiswa telah divalidasi oleh dosen evaluasi pendidikan dan diuji coba secara terbatas terhadap 50 mahasiswa. Jawaban mahasiswa terhadap soal tes dinilai dengan menggunakan rubrik penilaian pengetahuan prosedural dan konseptual. Nilai mahasiswa selanjutnya dikelompokkan untuk mengetahui kategori pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural mahasiswa.

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui nilai rata-rata dan sebaran kategori pengetahuan konseptual dan prosedural mahasiswa. Selanjutnya, dilakukan uji prasyarat yang meliputi uji homogenitas, uji normalitas dan linearitas data. Uji homogenitas dilakukan dengan uji Levene. Uji normalitas menggunakan uji Kolmogorof-Smirnov karena ukuran sampel di atas 50 orang. Uji linearitas dilakukan dengan menggunakan Scatter plot untuk visualisasi hubungan kedua variabel. Hasil uji prasyarat menunjukkan bahwa data pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa bersifat homogen, berdistribusi normal dan linear. Berdasarkan hasil uji prasyarat, dilakukan Analisis korelasi pengetahuan prosedural dan konseptual dengan uji korelasi *Pearson Product Moment* menggunakan aplikasi SPSS. Taraf galat (α) yang digunakan dalam penelitian ini adalah 5%. Tujuan uji korelasi adalah untuk menentukan apakah terdapat hubungan yang signifikan antara pengetahuan konseptual (variabel respons) dan pengetahuan prosedural (variabel prediktor) mahasiswa pada topik Genetika Populasi Berbasis Molekuler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

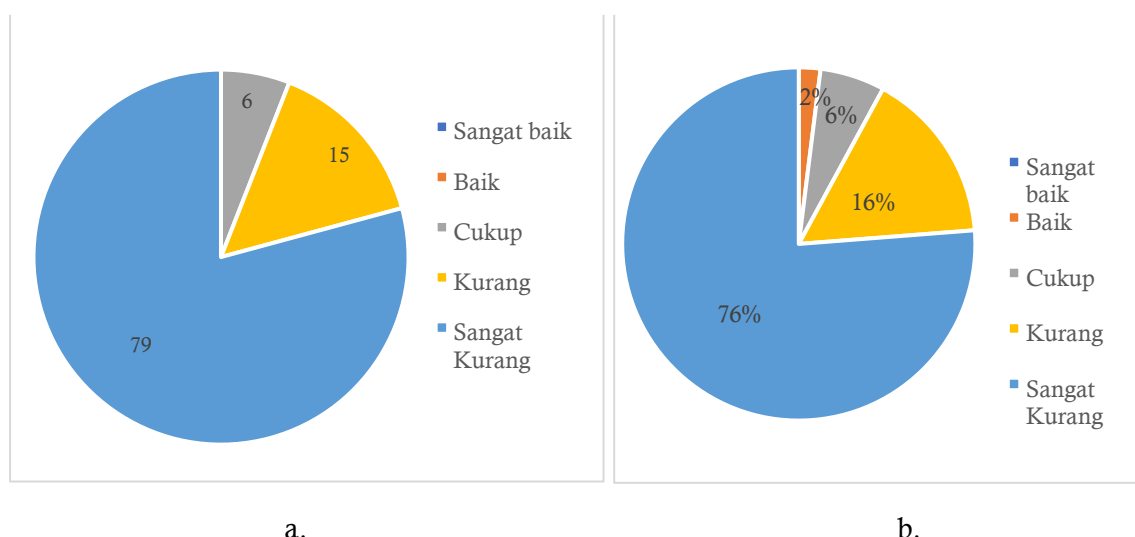
Gambaran Umum Pengetahuan Prosedural dan Konseptual Mahasiswa

Pengetahuan prosedural mahasiswa pada topik genetika populasi berbasis molekuler lebih rendah dibandingkan dengan pengetahuan konseptual mahasiswa, dengan nilai masing-masing 31,41 dan 35,87 (Tabel 3). Nilai rata-rata kedua pengetahuan ini tergolong pada kategori sangat kurang.

Tabel 3. Hasil Analisis Deskriptif Pengetahuan Prosedural dan Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

<i>Descriptive Statistics</i>							
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std.	Variance	
	<i>Statistic</i>	<i>Statistic</i>	<i>Statistic</i>	<i>Statistic</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Deviation</i>	<i>Statistic</i>
Pengetahuan Prosedural	101	6,00	64,00	31,41	1,33	13,37	178,91
Pengetahuan Konseptual	101	4,00	71,00	35,87	1,37	13,78	190,09
Valid N (listwise)	101						

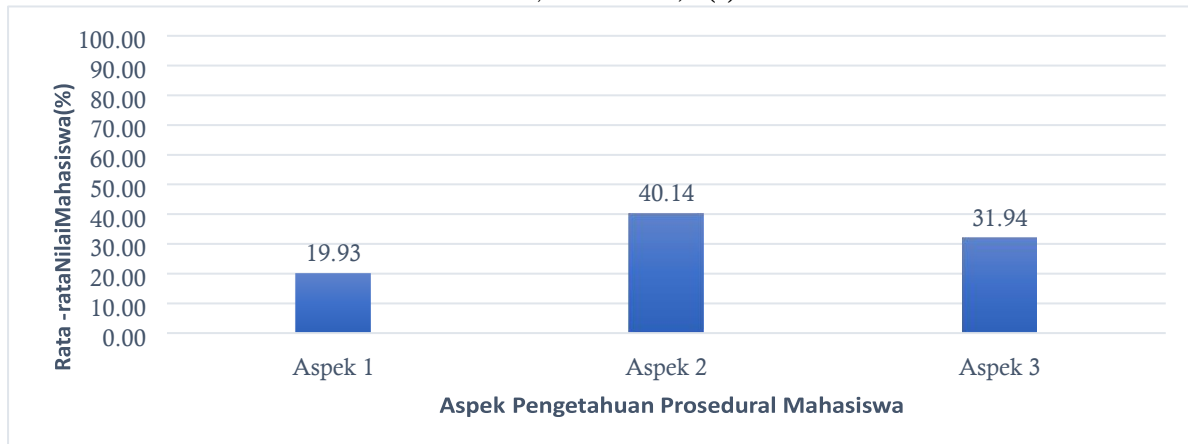
Sebagian besar mahasiswa (79%) memiliki pengetahuan prosedural pada kategori sangat kurang dan hanya 6% yang termasuk kategori cukup. Tidak ada mahasiswa yang memiliki pengetahuan prosedural yang baik atau sangat baik. Pengetahuan konseptual sebagian besar mahasiswa (76%) juga tergolong sangat kurang, dan hanya 2% yang memiliki pengetahuan konseptual yang baik (Gambar 1).



Gambar 1. Persentase mahasiswa pada masing-masing kategori pengetahuan prosedural (a) dan pengetahuan konseptual (b)

Pengetahuan Prosedural dan Konseptual Mahasiswa pada masing-masing Aspek dan Level

Aspek pengetahuan prosedural mahasiswa yang menunjukkan nilai tertinggi yaitu pada mampu menjelaskan teknik dan metode yang terkait dengan Genetika Populasi (40,14%). Kemampuan menjelaskan keterampilan khusus yang terkait dengan teknik Isolasi DNA memiliki skor terendah, yaitu 19,93% (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa mahasiswa mampu menjelaskan teknik dan metode yang terkait dengan bidang Genetika Populasi, namun masih perlu peningkatan pada aspek menjelaskan keterampilan khusus yang terkait dengan teknik Isolasi DNA, PCR dan elektroforesis.



Keterangan:

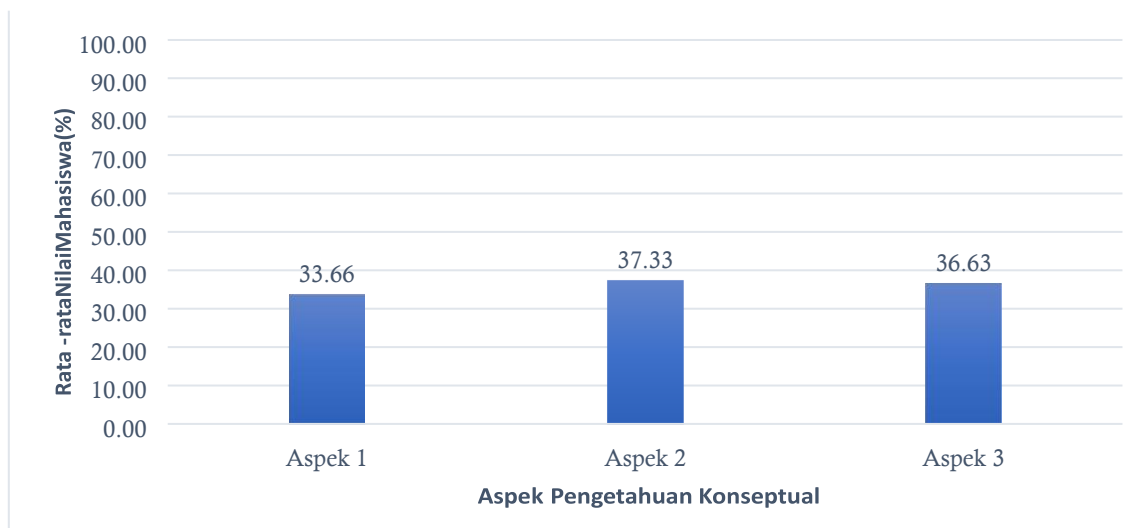
Aspek 1: kemampuan menjelaskan keterampilan khusus yang berhubungan dengan teknik yang digunakan pada bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.

Aspek 2: kemampuan menjelaskan teknik dan metode yang berhubungan dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.

Aspek 3: kemampuan menjelaskan tentang kriteria untuk menentukan kapan suatu prosedur tepat untuk digunakan pada teknik yang terkait dengan bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.

Gambar 2. Rata-rata nilai mahasiswa pada masing-masing aspek pengetahuan prosedural

Rata-rata nilai pengetahuan konseptual mahasiswa tertinggi ditemukan pada aspek pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori, dengan rata-rata nilai 37,33. Sedangkan nilai paling rendah ditemukan pada aspek pengetahuan mengenai teori, model dan struktur, dengan rata-rata nilai 33,66 (Gambar 3). Semua aspek pengetahuan konseptual mahasiswa tergolong pada kategori sangat rendah.



Keterangan:

Aspek 1: Pengetahuan mengenai teori, model dan struktur pada bidang Genetika Populasi berbasis molekuler.

Aspek 2: Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori.

Aspek 3: Pengetahuan tentang prinsip-prinsip dan generalisasi.

Gambar 3. Rata-rata nilai mahasiswa pada masing-masing aspek pengetahuan konseptual

Hubungan antara Pengetahuan Prosedural dengan Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa memiliki korelasi positif dengan nilai signifikansi 0,00. Koefisien korelasi (0,46) yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan hubungan kedua variabel ini berada pada kategori sedang (Tabel 4).

Tabel 4. Hubungan antara Pengetahuan Prosedural dengan Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

		Pengetahuan Prosedural	Pengetahuan Konseptual
Pengetahuan Prosedural	Pearson Correlation	1	0,46**
	Sig. (2-tailed)		0,00
	N	101	101
Pengetahuan Konseptual	Pearson Correlation	0,46**	1
	Sig. (2-tailed)	0,00	
	N	101	101

** . *Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

Hasil uji determinasi menunjukkan bahwa pengetahuan prosedural berkontribusi sebesar 21,41% yang dapat dilihat dari nilai R^2 sebesar 0,214 (Tabel 5). Artinya, kontribusi pengetahuan prosedural hanya sedikit terhadap pengetahuan konseptual mahasiswa dan banyak faktor lain yang berkontribusi terhadap pengetahuan konseptual mahasiswa.

Tabel 5. Hasil Analisis Regresi Pengetahuan Prosedural terhadap Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,462 ^a	0,214	0,206	12,287

a Predictors: (Constant), Pengetahuan Prosedural

Pembahasan Gambaran Umum Pengetahuan Prosedural dan Konseptual Mahasiswa

Rata-rata nilai pengetahuan prosedural mahasiswa Pendidikan Biologi lebih rendah dibandingkan pengetahuan konseptualnya, yaitu 31,41 dan 35,87. Artinya, mahasiswa mengetahui tentang teknik isolasi DNA, PCR dan elektroforesis secara konseptual, namun belum mampu memahami prosedur kerja dari ketiga teknik tersebut. Hasil ini berbeda dengan temuan penelitian pada mata kuliah Fisika, yang menunjukkan bahwa tingkat keberhasilan mahasiswa lebih tinggi pada pengetahuan prosedural daripada pengetahuan konseptual (Yilmaz & Yalçın, 2012). Hasil penelitian terhadap guru matematika juga menunjukkan bahwa pengetahuan proseduralnya lebih tinggi dibanding pengetahuan konseptual (Khashan, 2014).

Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa pada topik genetika populasi berbasis molekuler tergolong kategori sangat rendah yang terlihat dari sangat rendahnya rata-rata nilai (Tabel 3) dan banyaknya mahasiswa yang tergolong pada kategori sangat rendah (Gambar 1). Penelitian pada mata kuliah matematika juga menunjukkan hasil yang sama, yaitu bahwa pengetahuan prosedural dan konseptual mahasiswa program studi PGSD pada topik bilangan rasional tergolong kategori rendah. Pengetahuan prosedural mahasiswa berada pada

kategori moderat (70,05%), sementara pengetahuan konseptualnya berada pada kategori rendah (50,36%). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa pengetahuan prosedural mahasiswa calon guru biologi tergolong kategori rendah (Maknun, 2012).

Rata-rata nilai yang rendah (Tabel 3) menunjukkan bahwa kegiatan perkuliahan belum berhasil memberdayakan pengetahuan prosedural dan konseptual mahasiswa, khususnya pada topik Genetika Populasi berbasis molekuler. Pembelajaran mata kuliah Genetika pada topik ini biasanya menggunakan metode diskusi dan presentasi kelompok. Mahasiswa diberikan lembar kerja kelompok (LKK) yang berisi permasalahan terkait topik genetika populasi berbasis molekuler. Selanjutnya, mahasiswa diminta melakukan penelusuran literatur untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk memecahkan masalah yang diberikan di LKK. Mahasiswa juga diminta untuk mendiskusikan hasil penelusuran literatur serta menyusun makalah dan *power point* sebagai bahan presentasi hasil diskusi. Kegiatan pembelajaran pada topik penelitian genetika populasi berbasis molekuler belum menggunakan metode praktikum yang idealnya dapat meningkatkan pengetahuan konseptual dan prosedural mahasiswa.

Kegiatan praktikum merupakan elemen integral dan tak terpisahkan dari pembelajaran biologi sebagai bagian dari ilmu sains (Maknun, 2012). Praktikum berperan penting untuk mendukung mahasiswa dalam mengasah pemahamannya tentang sains serta menghargai sains berdasarkan bukti yang ada. Melalui kegiatan praktikum, mahasiswa dapat memperoleh keterampilan langsung. Kegiatan praktikum di laboratorium memiliki peran yang krusial dalam mengembangkan keterampilan ilmiah dan juga pemahaman konseptual mahasiswa (Hofstein & Lunetta, 2003). Kegiatan praktikum memberikan pengalaman belajar otentik untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan praktis ilmiah yang berkaitan dengan pengetahuan prosedural (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007).

Kegiatan praktikum terkait topik genetika populasi berbasis molekuler tidak dapat dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa karena keterbatasan sarana prasarana laboratorium yang tidak memungkinkan dilaksanakannya kegiatan praktikum. Hal ini sejalan dengan berbagai hasil penelitian yang menunjukkan bahwa, implementasi kegiatan praktikum masih dihadapkan dengan berbagai hambatan. Salah satu permasalahan yang sering timbul dalam pelaksanaan kegiatan praktikum adalah kurangnya kelengkapan peralatan praktikum (Maknun, 2012), kurangnya dukungan sarana prasarana laboratorium, keterbatasan biaya dan kurangnya waktu belajar (Yuniarti *et al.*, 2012). Keterbatasan sarana prasarana laboratorium ini mendorong dosen untuk mencari alternatif solusi sebagai upaya untuk memberdayakan pengetahuan prosedural mahasiswa. Salah satu upaya yang bisa dilakukan yaitu penggunaan laboratorium virtual (*virtual lab*) yang dapat mensimulasikan kegiatan praktikum seperti praktikum sebenarnya (Jaya, 2014).

Isolasi DNA, teknik PCR dan elektroforesis merupakan teknik yang dipelajari pada mata kuliah Genetika pada topik genetika populasi berbasis molekuler. Mahasiswa dapat belajar tentang teori dan prinsip dari ketiga teknik ini melalui penelusuran informasi dan diskusi kelompok untuk

memperkuat pemahaman konseptualnya. Selain itu, mahasiswa dapat mempelajari teknik atau metode isolasi DNA dari sampel jaringan atau mikroorganisme, prosedur PCR, dan elektroforesis untuk memperkuat pemahaman prosedural mereka. Pemahaman terhadap ketiga teknik ini akan lebih mudah dicapai oleh mahasiswa melalui praktik langsung di laboratorium (*hands-on*).

Pembelajaran genetika atau biologi molekuler bukan hanya terkait pengetahuan fakta tentang molekul seluler atau teori yang menjelaskan cara kerja molekul-molekul tersebut, tetapi juga pengetahuan tentang cara-cara melakukan prosedur kerja para ilmuwan di laboratorium. Namun, pengetahuan prosedural bukanlah pengetahuan tentang protokol. Mahasiswa mungkin bisa menghafal semua langkah protokol suatu teknik namun belum tentu dapat melakukan teknik tersebut di laboratorium. Pengetahuan prosedural adalah pengenalan intuitif yang paling relevan untuk membuat keputusan atau bertindak dengan tepat. Seorang calon ahli biologi molekuler membutuhkan integrasi pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual (Sahdra & Thagard, 2003). Pengetahuan tentang prosedur mencakup pemahaman tentang keterampilan, algoritma, teknik, dan metode yang terkait dengan suatu bidang khusus. Pengetahuan prosedural juga melibatkan kriteria untuk menentukan waktu yang tepat untuk menerapkan suatu prosedur. (Anderson & Krathwohl, 2001).

Pengetahuan Prosedural dan Konseptual Mahasiswa pada masing-masing Aspek dan Level

Pengetahuan prosedural mahasiswa tertinggi ditemukan pada Aspek 2 mampu menjelaskan teknik dan metode yang berhubungan dengan bidang Genetika populasi berbasis molekuler (Gambar 2), dengan rata-rata nilai 40,14. Pengetahuan prosedural pada aspek ini meliputi penggunaan teknik isolasi DNA, PCR dan elektroforesis pada penelitian Genetika Populasi berbasis molekuler. Aspek ini juga membahas tentang tahapan dari masing-masing teknik. Mahasiswa cukup mampu menjawab pertanyaan pada aspek ini. Namun, hasilnya masih tergolong rendah, meskipun lebih tinggi dibanding aspek lainnya. Penelitian dalam bidang matematika menemukan hasil yang serupa, yaitu mahasiswa berhasil memenuhi indikator memilih prosedur yang tepat untuk menyelesaikan masalah, namun kurang berhasil dalam memenuhi indikator tentang pengetahuan kapan dan bagaimana prosedur tersebut harus digunakan serta dalam menerapkan prosedur yang telah direncanakan (Astuti *et al.*, 2019).

Aspek 1, yaitu mampu menjelaskan keterampilan khusus yang berhubungan dengan teknik yang digunakan pada bidang Genetika Populasi berbasis molekuler menunjukkan rata-rata nilai paling rendah dibanding dua aspek lainnya (Gambar 2). Aspek ini berkaitan dengan keterampilan yang dibutuhkan mahasiswa untuk berhasil dalam melaksanakan teknik isolasi DNA, PCR dan elektroforesis. Contohnya, keterampilan mengambil supernatan menggunakan mikropipet dan keterampilan menghomogenkan sampel darah dengan larutan fenol dan kloroform yang menentukan keberhasilan teknik isolasi DNA. Mahasiswa kurang mampu menjawab pertanyaan terkait aspek ini sehingga nilainya menjadi paling kecil dibanding dua aspek pengetahuan prosedural lainnya.

Pengetahuan prosedural genetika penting dimiliki mahasiswa untuk memahami metode eksperimen yang digunakan dalam penelitian genetika populasi. Pengetahuan prosedural juga menjadi dasar untuk menghasilkan temuan ilmiah yang kredibel dan aplikasi praktis yang bermanfaat dalam penelitian genetika. Tanpa pemahaman yang kuat tentang metode dan teknik yang terlibat, interpretasi hasil penelitian genetika menjadi tidak akurat atau tidak beralasan. Pengetahuan prosedural adalah hal yang penting dalam proses pembelajaran biologi, karena bidang ilmu ini berkaitan erat dengan alam dan berbagai organisme. Oleh karena itu, mahasiswa diharapkan memiliki pemahaman yang baik mengenai prosedur atau langkah-langkah yang diperlukan dalam mempelajari biologi (Sari *et al.*, 2018).

Pengetahuan prosedural mahasiswa berkaitan dengan pengetahuan konseptual yang dimilikinya. Pengetahuan konseptual merujuk pada pemahaman tentang kategori, klasifikasi, dan interaksi antara dua atau lebih kategori yang memiliki tingkat kompleksitas dan organisasi yang lebih tinggi (Gunawan & Palupi, 2015). Pemahaman konsep adalah hal yang sangat krusial, karena dapat mempermudah proses pembelajaran mahasiswa dalam mencapai tingkat pengetahuan yang lebih tinggi, seperti pengetahuan prosedural dan metakognisi (Suhito, 2018).

Pengetahuan konseptual mahasiswa tertinggi ditemukan pada Aspek 2, yaitu pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori (Gambar 3), dengan rata-rata nilai 37,33. Mahasiswa memiliki kemampuan untuk menjawab pertanyaan pada aspek ini, yaitu mengkategorikan komponen PCR, yang manakah yang menjadi kunci keberhasilan proses amplifikasi/ penggandaan fragmen DNA. Mahasiswa yang memiliki pemahaman konseptual yang baik, tidak hanya dapat menjelaskan konsep dengan tepat, tetapi juga mampu mengeksplorasi konsep-konsep tersebut dalam berbagai situasi masalah dan menerapkannya dalam proses penyelesaian masalah (Karagöz & Çakir, 2011). Pengetahuan konseptual dibagi menjadi tiga kategori, yaitu: pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori; pengetahuan tentang prinsip-prinsip dan generalisasi; serta pengetahuan tentang teori, model, dan struktur (Anderson & Krathwohl, 2001).

Pengetahuan konseptual paling rendah ditemukan pada Aspek 1, yaitu pengetahuan mengenai teori, model dan struktur pada bidang Genetika Populasi berbasis molekuler. Mahasiswa belum mampu menjawab pertanyaan tentang konsep dasar yang berkaitan dengan reaksi polimerisasi DNA yang terjadi pada teknik PCR. Pemahaman konsep dasar genetika menjadi hal yang penting untuk diberdayakan pada jenjang pendidikan formal. Mahasiswa umumnya gagal menerapkan konsep dalam situasi tertentu untuk memecahkan masalah karena terbiasa menghafal konsep, tanpa memahaminya. Pemahaman mahasiswa juga tidak konsisten dan mengalami kesalahpahaman (miskonsepsi) terhadap beberapa konsep genetika. Oleh karena itu, meskipun mampu menggambarkan konsep secara verbal, namun mahasiswa gagal memanfaatkannya dalam pemecahan masalah. Hal ini adalah indikasi dari pengetahuan konseptual yang kurang baik (Karagöz & Çakir, 2011).

Hubungan antara Pengetahuan Prosedural dengan Pengetahuan Konseptual Mahasiswa

Pengetahuan prosedural memiliki korelasi yang positif dan signifikan dengan pengetahuan konseptual mahasiswa (Tabel 4). Hubungan yang positif menunjukkan bahwa peningkatan nilai pengetahuan prosedural akan berbanding lurus dengan peningkatan nilai pengetahuan konseptual mahasiswa. Beberapa penelitian menemukan bukti tidak langsung tentang hubungan dua arah dan simetris antara pengetahuan konseptual dan prosedural dalam berbagai domain matematika. Artinya, peningkatan salah satunya akan meningkatkan pengetahuan lainnya (Rittle-Johnson *et al.*, 2016). Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual saling terkait dan tidak dapat dipisahkan satu dan lainnya (Yilmaz & Yalçın, 2012). Dimensi pengetahuan prosedural sangat berhubungan dengan pemahaman konsep mahasiswa. Semakin tinggi tingkat pengetahuan mahasiswa maka semakin baik kemampuannya memahami konsep (Pertiwi, 2021). Namun, temuan penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap mahasiswa calon guru matematika di Ghana yang menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kemampuan konseptual dan pengetahuan prosedural mahasiswa (Salifu, 2021).

Beberapa ilmuwan berpendapat bahwa pengetahuan prosedural berbanding lurus dengan pengetahuan konseptual. Artinya, mahasiswa akan dapat memahami suatu konsep jika telah memahami prosedurnya (Adhani & Rupa, 2020). Pengetahuan konseptual dan prosedural memiliki hubungan dua arah yang stabil yang tidak dimoderasi oleh pengetahuan sebelumnya (Schneider *et al.*, 2011). Pengetahuan konseptual dapat mempengaruhi pengetahuan prosedural dengan membantu mahasiswa mengidentifikasi elemen-elemen penting dari prosedur yang benar dan mengevaluasi prosedur alternatif. Pengetahuan konseptual juga membantu mahasiswa mengidentifikasi suatu permasalahan berdasarkan pemahaman yang lebih dalam tentang suatu domain dan menyusun solusi yang paling tepat (Streveler *et al.*, 2008).

Hasil uji perhitungan koefisien korelasi menunjukkan bahwa hubungan pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual berada pada kategori sedang. Artinya pengetahuan prosedural memiliki hubungan cukup kuat dengan pengetahuan konseptual. Hal ini karena pengetahuan prosedural yang dimiliki mahasiswa membantu peningkatan pengetahuan konseptual mahasiswa. Temuan ini berbeda dengan hasil penelitian hubungan antara pengetahuan konseptual dengan pengetahuan prosedural pada pelajaran kimia yang menunjukkan hubungan yang lemah (Surif *et al.*, 2012).

Hasil uji determinasi menunjukkan bahwa kontribusi pengetahuan prosedural terhadap pengetahuan konseptual termasuk pada kategori rendah. Artinya, banyak faktor lain yang ikut berkontribusi dalam membangun pengetahuan konseptual mahasiswa. Beberapa faktor yang memengaruhi pengetahuan konseptual mahasiswa meliputi motivasi belajar, peran dosen, fasilitas, dan lingkungan belajar. Motivasi memainkan peran yang sangat penting dalam proses pembelajaran. Dosen memiliki kemampuan untuk memotivasi mahasiswa agar belajar dengan lebih baik, sehingga mahasiswa dapat memahami konsep dengan lebih baik pula. Peran dosen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan pemahaman konsep mahasiswa.

Seorang dosen yang mampu menciptakan lingkungan belajar yang positif akan dapat mendorong mahasiswa untuk lebih termotivasi dalam proses pembelajaran (Puspa *et al.*, 2021).

Pemberdayaan pengetahuan prosedural mahasiswa terkait topik Genetika Populasi berbasis molekuler dapat dilakukan melalui kegiatan praktikum. Praktikum terkait topik ini meliputi teknik isolasi DNA, PCR dan elektroforesis. Melalui praktikum pada ketiga teknik ini, mahasiswa bisa memahami prosedur yang dilakukan pada penelitian Genetika Populasi berbasis molekuler yang dilakukan para ilmuwan. Mahasiswa bisa memahami langkah-langkah atau prosedur isolasi DNA, PCR dan elektroforesis. Namun, pada beberapa universitas, kegiatan praktikum terkait ketiga teknik ini tidak dapat dilaksanakan karena keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium. Praktikum ini memerlukan peralatan dan bahan-bahan yang harganya mahal, sehingga tidak semua laboratorium memilikinya. Akibatnya, mahasiswa hanya bisa mempelajari prosedur ketiga teknik ini melalui perkuliahan secara teori. Hal ini menyebabkan pengetahuan prosedural yang dimiliki mahasiswa menjadi kurang diberdayakan. Tantangan yang sering dihadapi dosen dalam pelaksanaan kegiatan praktikum yaitu keterbatasan sarana dan prasarana laboratorium (Malik *et al.*, 2020). Temuan penelitian ini diharapkan menjadi penguat bahwa pemberdayaan pengetahuan procedural mahasiswa perlu dilakukan agar pengetahuan konseptualnya bisa ditingkatkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengatasi keterbatasan sarana dan prasarana yang dibutuhkan pada kegiatan praktikum Genetika populasi berbasis molekuler.

Teknologi virtual berupa laboratorium virtual (*virtual lab*), dapat dijadikan sebagai salah satu solusi penting untuk mengatasi keterbatasan sarana prasarana laboratorium konvensional (Swandi *et al.*, 2014). *Virtual lab*, terdiri dari sekumpulan alat elektronik atau program komputer yang menggabungkan berbagai elemen media dalam bentuk teks, gambar, animasi, dan simulasi interaktif untuk mensimulasikan kegiatan praktikum yang dilakukan di laboratorium (Thees *et al.*, 2020). Penggunaan *virtual lab* dapat meningkatkan pengetahuan prosedural mahasiswa dan membantu mereka memahami konsep genetika melalui proses yang setara dengan aktivitas riil di laboratorium (Alneyadi, 2019).

SIMPULAN

Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa pada topik genetika populasi berbasis molekuler secara umum berada pada kategori sangat kurang. Pengetahuan prosedural mahasiswa tertinggi ditemukan pada aspek mampu menjelaskan teknik dan metode yang berhubungan dengan bidang Genetika populasi. Pengetahuan tentang klasifikasi dan kategori merupakan aspek pengetahuan konseptual mahasiswa yang memiliki nilai rata-rata tertinggi. Pengetahuan prosedural dan pengetahuan konseptual mahasiswa memiliki korelasi yang signifikan dengan arah positif. Temuan penelitian ini menunjukkan pentingnya upaya dosen

dalam memberdayakan pengetahuan prosedural mahasiswa yang pada akhirnya dapat meningkatkan pengetahuan konseptual mahasiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana dengan bantuan dana dari LPPM, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa melalui Hibah internal Fakultas FKIP, Penelitian Dosen Madya dengan nomor kontrak B/302/UN43.9/PT.01.03/2024. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Sultan Ageng Tirtayasa atas kesempatan dan bantuan dana yang diberikan.

REFERENSI

- Adhani, A., & Rupa, D. (2020). Analisis Pemahaman Konsep Mahasiswa Pendidikan Biologi Pada Matakuliah Fisiologi Tumbuhan. *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 11(1), 18–26. <https://doi.org/10.20527/quantum.v11i1.8035>
- Alneyadi, S. S. (2019). Virtual lab implementation in science literacy: Emirati science teachers' perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/109285>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. In Pearson Education. <https://doi.org/10.2307/2281462>
- Astuti, P., Qohar, A., & Hidayanto, E. (2019). Proses Berpikir Siswa dalam Menyelesaikan Soal Higher Order Thinking Skills Berdasarkan Pemahaman Konseptual dan Prosedural. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 4(1), 117. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i1.11910>
- Bonde, R. K., McGuire, P. M., & Hunter, M. E. (2012). A review of the key genetic tools to assist imperiled species conservation: analyzing West Indian manatee populations. *Journal of Marine Animals and Their Ecology*, 5(1), 8–19. <https://www.semanticscholar.org/paper/Areview-of-the-key-genetic-tools-to-assist-species-Bonde-McGuire/1bb76a274798579899f47fcbfac5421525ffd985>
- Eusebi, P. G., Martinez, A., & Cortes, O. (2020). Genomic tools for effective conservation of livestock breed diversity. *Diversity*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/d12010008>
- Gunawan, I., & Palupi, A. R. (2015). Taksonomi Bloom-Revisi Ranah Kognitif: Kerangka Landasan untuk Pembelajaran, Pengajaran, dan Penilaian. *Premiere Educandum*, 2(2), 98–117. <http://marefateadyan.nashriyat.ir/node/150>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2003). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/scs.10106>
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107. <https://doi.org/10.1039/B7RP90003A>
- Hohenlohe, P. A., Funk, W. C., & Rajora, O. P. (2020). Population genomics for wildlife conservation and management. *Molecular Ecology*, 30(1), 62–82. <https://doi.org/10.1111/mec.15720>
- Hurrell, D. (2021). Conceptual Knowledge OR Procedural Knowledge or Conceptual Knowledge AND Procedural Knowledge: Why the Conjunction is Important to Teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 46(2), 57–71. <https://doi.org/10.14221/ajte.2021v46n2.4>
- Jaya, H. (2014). Analisis dari Perancangan Sistem Labolatorium Simulasi Berbasis Web. *Jurnal Elektronika Telekomunikasi Dan Komputer*, 9(1).
- Karagöz, M., & Çakir, M. (2011). Problem solving in genetics: Conceptual and procedural difficulties. *Kuram ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 11(3), 1668–1674. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ936343.pdf>

- Khassan, D. K. H. (2014). Conceptual and Procedural Knowledge of Rational Numbers for Riyadh Elementary School Teachers. *Journal of Education and Human Development*, 3(4), 181–197. <https://doi.org/10.15640/jehd.v3n4a17>
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision Of Bloom ' S Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218. <https://www.jstor.org/stable/1477405>
- Kwadwo, G. A., & Badu, S. (2023). Controversy Over Health Implications of Genetically Modified Organism: Which way for developing countries? *Medical Research Archives*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.18103/mra.v11i1.3275>
- Maknun, D. (2012). Keterampilan Esensial dan Kompetensi Motorik Laboratorium Mahasiswa Calon Guru Biologi dalam Kegiatan Praktikum Ekologi. *Jurnal Scientiae Educatia*, 1(1), 1–15.
- Malik, A., Dirgantara, Y., Mulhayatiah, D., & Agustina, R. D. (2020). Analisis hakikat, peran, dan implikasi kegiatan laboratorium terhadap keterampilan abad 21. Conference or Workshop Item (Paper), 1–8. <http://digilib.uinsgd.ac.id/id/eprint/30794>
- Muzhinji, N., & Ntuli, V. (2021). Genetically modified organisms and food security in Southern Africa : conundrum and discourse. *GM Crops & Food*, 12(1), 25–35. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1794489>
- Novita, R., Herman, T., Suryadi, D., Dasari, D., Putra, M., & Fitra, R. (2022). Analisis Pengetahuan Konseptual dan Prosedural Mahasiswa Calon Guru Sekolah Dasar Pada Bilangan Rasional. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 6(2), 384. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v6i2.7056>
- Pangsuma, N. S., & Hidayat, T. (2023). The Urgency Of Understanding Taxonomy In Learning Biology. *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 9(4), 95–110. <https://onlinejournal.unja.ac.id/biodik/article/view/31092>
- Pertiwi, F. N. (2021). Dimensi Pengetahuan FKPM (Faktual, Konseptual, Prosedural, dan Metakognitif) Mahasiswa IPA pada Pembelajaran Mekanika. *Ibriez : Jurnal Kependidikan Dasar Islam Berbasis Sains*, 6(1), 111–124. <https://doi.org/10.21154/ibriez.v6i1.146>
- Puspa, S. D., Riyono, J., & Puspitasari, F. (2021). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pemahaman Konsep Matematis Mahasiswa dalam Pembelajaran Jarak Jauh Pada Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(1), 302–320. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v5i1.533>
- Putri, K. H. A., Sari, K. P., Khairunnisa, Safitri, M. Y., Putra, A., Agusdi, K., Oktavian, F. R., & Achyar, A. (2021). Analisis Variasi Genetik Sekuen Gen Surface Glycoprotein (S) Pada SARS – CoV-2 Popset : 1843471817 Menggunakan RFLP Secara In- Sillico. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(1), 44–52. <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/8>
- Rittle-Johnson, B., Fyfe, E. R., & Loehr, A. M. (2016). Improving conceptual and procedural knowledge: The impact of instructional content within a mathematics lesson. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 576–591. <https://doi.org/10.1111/bjep.12124>
- Sáenz, C. (2009). The role of contextual, conceptual and procedural knowledge in activating mathematical competencies (PISA). *Educational Studies in Mathematics*, 71(2), 123–143. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9167-8>
- Sahdra, B., & Thagard, P. (2003). Procedural knowledge in molecular biology. *Philosophical Psychology*, 16(4), 477–498. <https://doi.org/10.1080/0951508032000121788>
- Salifu, A. S. (2021). Pre-Service Teachers' Conceptual and Procedural Knowledge of Rational Numbers in E. P. College of Education, Bimbilla, Ghana. *Education Journal*, 10(4), 126–137. <https://doi.org/10.11648/j.edu.20211004.13>
- Sari, T. M., Paidi, & Mercuriani, I. S. (2018). Biology Procedural Knowledge at Eleventh Grade of Senior High School in West Lampung Based on Curriculum. *Journal of Physics: Conference Series*, 970(1), 1–4. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/970/1/012029>
- Schneider, M., Rittle-Johnson, B., & Star, J. R. (2011). Relations among conceptual knowledge, procedural knowledge, and procedural flexibility in two samples differing in prior knowledge. *Developmental Psychology*, 47(6), 1525–1538. <https://doi.org/10.1037/a0024997>

- Schunk, D. H. (2012). Learning Theories: An Educational Perspective. In Space Science Reviews (Sixth). Pearson Education. <https://archive.org/details/daleh.schunklearningtheoriesaneducational>
- Streveler, R. A., Litzinger, T. A., Miller, R. L., & Steif, P. S. (2008). In the engineering sciences: Overview and future research directions. *Journal of Engineering Education*, July, 279–294. <https://pure.psu.edu/en/publications/learning-conceptual-knowledge-in-the-engineeringsciences-overvie>
- Suhito. (2018). Menumbuhkan Kemampuan Kognitif Dimensi Konseptual dalam Perkuliahan Geometri pada Jurusan Matematika FMIPA Unnes. *Prisma, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 1, 464–470. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/prisma/article/view/20133>
- Surif, J., Ibrahim, N. H., & Mokhtar, M. (2012). Conceptual and Procedural Knowledge in Problem Solving. International Conference on Teaching and Learning in Higher Education (ICTLHE 2012) in Conjunction with RCEE & RHED 2012, 56, 416–425. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.671>
- Swandi, A., Nurul, S., Lj, H., & Pembelajaran, A. M. (2014). *Pengembangan Media Pembelajaran Laboratorium Virtual untuk Mengatasi Miskonsepsi Pada Materi Fisika Inti di SMAN 1 Binamu , Jenepono. XVIII*(April), 20–24.
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>
- van Esse, H. P., Reuber, T. L., & van der Does, D. (2020). Genetic modification to improve disease resistance in crops. *New Phytologist*, 225(1), 70–86. <https://doi.org/10.1111/nph.15967>
- Yilmaz, İ., & Yalçın, N. (2012). The relationship of procedural and declarative knowledge of science teacher candidates in Newton's laws of motion to understanding. *American International Journal of Contemporary Research*, 2(3), 50–56. <https://www.ajcrnet.com/journal/index/131>
- Yuniarti, F., Dewi, P., & Susanti, R. (2012). Pengembangan Virtual Laboratory sebagai Media Pembelajaran Berbasis Komputer pada Materi Pemiakan Virus. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(1), 86–94. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujbe/article/view/371>