

Analisis *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dan *Content Representation* (CoRes) Sebagai Upaya dalam Meningkatkan Efektifitas Pembelajaran Materi Genetika di Sekolah

Sunarto Arif Sura¹, St. Syahirah², Venty Sugih Hartini³, Adi Rahmat^{4*}, Riandi^{5*}

¹²³⁴⁵Departmen Biologi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding author: adirahmat@upi.edu

ABSTRACT. *Education plays a critical role in developing the potential of each individual, and the quality of the teaching and learning process is vital for the success of the education undertaken by students. Innovative learning designs that meet student needs are required. Genetic material in biology, which is complex and conceptual, requires deep understanding. Therefore, it is important for educators to use teaching strategies that allow students to better understand genetic concepts. The purpose of this study is to evaluate genetic teaching strategies including curriculum analysis, approaches, and the application of various models, methods, and media in learning. This research method is qualitative with a descriptive approach, aiming to describe current genetic teaching practices, including the use of TPACK by teachers. Data was collected through literature study with stages such as data collection, organization, analysis, interpretation, and conclusion with descriptive qualitative data analysis. The analysis results were verified by experts. The findings show that teachers have implemented various approaches, models, methods, and learning media. The success of the learning process greatly depends on effective teacher planning so that students can clearly understand the material. These findings provide useful information for teachers to implement TPACK in genetics learning.*

Keywords: *TPACK, Content Representation, Genetic*

ABSTRAK. Pendidikan sangat berperan penting dalam mendukung pengembangan potensi setiap individu, dan kualitas proses belajar mengajar sangat menentukan keberhasilan pendidikan yang dijalani Peserta Didik. Diperlukan desain pembelajaran yang inovatif dan sesuai dengan kebutuhan Peserta Didik. Materi genetika dalam biologi, yang bersifat kompleks dan konseptual, membutuhkan pemahaman yang mendalam. Oleh karena itu, penting bagi pendidik untuk menggunakan strategi pembelajaran yang memungkinkan siswa memahami konsep genetika dengan lebih baik. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi pengajaran genetika yang mencakup analisis kurikulum, pendekatan, serta penerapan berbagai model, metode, dan media dalam pembelajaran. Digunakan metode penelitian bersifat kualitatif dengan pendekatan deskriptif untuk menggambarkan praktik pengajaran konsep genetika saat ini, termasuk penggunaan TPACK oleh guru. Data dikumpulkan melalui studi literatur dengan tahapan seperti pengumpulan data, pengorganisasian, analisis, interpretasi, dan kesimpulan dengan analisis data secara kualitatif deskriptif. Hasil analisis diverifikasi oleh tenaga ahli. Hasil menunjukkan bahwa guru sudah menerapkan berbagai pendekatan, model, metode dan media pembelajaran. Kesuksesan proses belajar sangat bergantung pada perencanaan guru yang efektif sehingga siswa dapat memahami materi dengan jelas. Temuan ini memberi informasi yang berguna bagi guru untuk mengimplementasikan TPACK dalam pembelajaran genetika.

Kata Kunci: TPACK, Content Representation, Genetika

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan dasar dari seluruh kemajuan dan pertumbuhan yang berkualitas, karena melalui pendidikan, seseorang dapat mewujudkan seluruh potensinya baik secara individual maupun sebagai anggota masyarakat (Mustamin, 2022). Demi menggali potensi diri dalam banyak aspek kompetensi, seseorang harus menjalani proses pendidikan yang diimplementasikan melalui kegiatan belajar mengajar. Kegiatan tersebut memicu proses evaluasi strategi dan perencanaan yang memfasilitasi aktivitas belajar di kalangan siswa (Wahyuningsih, 2017).

Pendidikan abad 21 menuntut pendekatan yang inovatif dan adaptif dalam merancang kurikulum agar sesuai dengan kebutuhan peserta didik (Azzahra *et al.*, 2023). Perkembangan kurikulum yang begitu pesat di Indonesia menuntut Guru harus selalu berusaha mengikuti aturan yang ditetapkan. Kurikulum 2013 Indonesia bertujuan untuk memperkenalkan pendekatan yang lebih holistik dengan memasukkan berbagai aspek pembelajaran seperti karakter, keterampilan dan pengetahuan dalam satu kurikulum. Kurikulum 2013 menekankan pada *sainstic approach* (Amiruddin *et al.*, 2023). Namun paradigma Pendidikan mengalami perubahan besar semenjak penerapan kurikulum merdeka. Kurikulum merdeka menekankan fleksibilitas, otonomi dan kebebasan sekolah. Kurikulum merdeka menawarkan lebih banyak kebebasan bagi sekolah dalam merancang kurikulum yang sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan siswa, sementara kurikulum 2013 cenderung lebih terpusat pada standar nasional yang ditetapkan (Nugraha, 2022). Kurikulum Merdeka menghadapi tantangan dalam upaya memastikan pengawasan dan keseragaman pelaksanaan di berbagai sekolah guna memenuhi standar pendidikan yang ditetapkan. Penting untuk diakui bahwa perubahan dalam kurikulum bukan semata-mata diakibatkan oleh peralihan kepemimpinan di institusi pendidikan, melainkan juga karena kebutuhan sektor pendidikan yang berkembang seiring dengan perubahan dalam kurikulum itu sendiri.

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dapat dijadikan sebagai salah satu langkah untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran yang dilakukan oleh guru dalam menerapkan kurikulum merdeka. Pemanfaatan teknologi tersebut diterapkan pada semua mata

pelajaran, tidak terkecuali pada mata pelajaran Biologi. Biologi adalah mata pelajaran yang fokus pada pemahaman konsep-konsep ilmiah dan merupakan bidang studi yang berkaitan dengan organisme hidup dan interaksi mereka dengan lingkungan (Aqil, 2017). Di tingkat sekolah, pelajaran biologi menuntut siswa untuk menguasai, mengaplikasikan dan menganalisis pengetahuan baik dalam bentuk konseptual maupun prosedural, dan menggunakan pengetahuan tersebut untuk menyelesaikan berbagai masalah (Arifin, 2018). Untuk mencapai hal tersebut, seorang guru perlu memiliki kemampuan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) dalam meningkatkan kualitas pembelajarannya. Pentingnya pengetahuan profesional guru sangat mempengaruhi kualitas pembelajaran di kelas dan keberhasilan belajar siswa. Mengajar merupakan aktivitas kompleks yang melibatkan berbagai jenis pengetahuan. Aktivitas mengajar didasari dengan pengetahuan tentang materi yang akan diajarkan (*content knowledge*), cara mengajarkan suatu materi (*pedagogical knowledge*), dan pengetahuan tentang penggunaan berbagai teknologi (*technological knowledge*) yang ketiganya memiliki persinggungan untuk dapat mendukung satu di antara lainnya (Sahidin *et al.*, 2022).

Perkembangan Ilmu Pengetahuan yang terus menuntut peningkatan keterampilan guru dalam mengajar. Ilmu pengetahuan yang berkembang sangat cepat sudah seyogyanya dipersiapkan oleh guru. Kesiapan dalam hal penguasaan teknologi memang sudah layaknya harus selalu dipersiapkan oleh guru dalam rangka menghadapi zaman di era global untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Agar proses belajar mengajar dapat berjalan dengan lancar dan tujuan yang ditetapkan dapat dicapai dengan baik, maka dituntut adanya seorang guru yang mampu dan terampil dalam menggunakan teknologi. Untuk mengemas pembelajaran seperti ini diperlukan kompetensi khusus bagi seorang guru. Tidak cukup hanya materi pembelajaran (*content*), atau kemampuan merancang pembelajaran (*pedagogic*) tetapi harus mampu menggabungkan keduanya yang kemudian dikolaborasikan dengan kemampuan dalam pemanfaatan teknologi (*technological*). Kemampuan inilah yang disebut dengan TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*) (Wijayanto, 2017).

Kemampuan TPACK dapat diwujudkan dengan penyusunan CoRes. *Content Representation* merupakan salah satu alat konseptual yang dikembangkan oleh Lougharn, Berry, & Mulhall

(2012) yang merupakan konsep dasar untuk membantu guru dalam memahami dan mengembangkan PCK. CoRes dirancang untuk menggambarkan kemampuan PCK guru yang berkaitan dengan strategi yang dipilih untuk mengajarkan topik tertentu yang berlandaskan pada pengetahuan pedagogik. Misalnya ide tentang bagaimana mengajarkan materi kepada siswa, kesulitan apa yang mungkin terjadi pada siswa ketika mengajarkan materi tersebut, dan apa yang harus dilakukan untuk mengatasi kesulitan itu, dan bagaimana menentukan langkah-langkah penilaian terhadap hasil belajar siswa. Pembuatan CoRes mampu memberdayakan guru pemula secara aktif dalam mengembangkan pengetahuan akan keprofesionalannya melalui proses pengajaran pada topik tertentu (Mufidah, 2018).

Siswa sering menemui kesulitan dalam mempelajari biologi karena kompleksitas dan abstraksi dari terminologi dan konsepnya, yang mengharuskan pemahaman luas dari hal mendasar hingga hal yang kompleks. Khususnya, konsep genetika dikenal rumit karena melibatkan objek mikroskopis yang selama ini disampaikan secara terpisah-pisah. Menurut Novianti (2020) dan Mertha *et al* (2020), pandangan abstrak mengenai pola pewarisan sifat dalam genetika adalah salah satu penyebab utama kesulitan dalam mempelajarinya. Kapughu pada tahun (2023) juga menyatakan bahwa abstraksi materi genetika dan kurangnya alat pembelajaran yang efektif berkontribusi terhadap kesulitan ini bagi pelajar.

Materi Genetika diajarkan pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) pada kelas XII. Materi genetik (gen, DNA, kromosom) yang sifatnya abstrak karena tidak dapat dilihat secara langsung dapat menyulitkan siswa dalam membayangkannya. Demikian pula tingkat kerumitan materi yang terbilang kompleks seringkali menyebabkan miskonsepsi sehingga dapat menambah kesulitan siswa dalam memahami dan menghubungkan konsep-konsep Genetika dengan kehidupan sehari-hari. Penggunaan metode dan media pembelajaran yang kurang tepat oleh guru juga dapat meningkatkan kegagalan penyampaian materi kepada siswa (Jannah, 2023).

Berbagai faktor dapat menjadi penyebab masalah dalam proses pendidikan, termasuk faktor dari pelajar seperti minat dan kemampuan belajar mereka, serta sumber-sumber lain seperti buku atau materi ajar, dan metode pengajaran guru (Pramana *et al.*, 2020). Kesulitan yang datang dari siswa bisa

berkaitan dengan level keinginan dan kapasitas belajar individu (Rahmadani, *et al.*, 2017). Masalah dalam buku atau materi pendukung belajar bisa muncul jika informasi disajikan secara salah, tampilan materi kurang menarik atau terdapat kesalahan dalam konsep yang disajikan. Guru memegang peran yang sangat penting dalam pembelajaran, namun masalah pun dapat timbul dari guru tersebut. Cara materi disampaikan oleh guru sangat menentukan pemahaman konsep oleh siswa. Pengajar yang kurang paham materi dapat menjadi sumber miskonsepsi pada siswa. Selain itu, masalah juga bisa berasal dari metode pengajaran yang kurang variatif, seperti penggunaan metode ceramah dan penekanan hanya pada rangkuman materi (Agustami *et al.*, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pembelajaran yang telah diterapkan, khususnya mengenai materi genetika. Analisis berfokus pada materi, kurikulum, pendekatan, model, metode dan media yang diterapkan dalam pembelajaran genetika selama ini. Sehingga penelitian ini akan melihat mengenai bagaimana pembelajaran yang tepat dan efektif untuk materi genetika yang dapat diterapkan ke depannya, agar dapat membawa siswa kedalam pembelajaran berkualitas, lebih bermakna dan mengurangi kesan bahwa materi genetika sebagai salah satu materi yang sulit. Hasil analisis akan memberikan gambaran bagaimana menerapkan kemampuan TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*) dan CoRes (*Content Representation*) dalam meningkatkan efektifitas pembelajaran materi genetika di sekolah.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu deskriptif kualitatif. Pendekatan deskriptif berusaha untuk menjelaskan dan memahami situasi saat ini, ide baru, atau hubungannya (Gusti *et al*, 2023). Metode tersebut digunakan untuk menganalisis data dari berbagai literatur yang relevan baik berupa artikel, buku-buku pelajaran maupun RPP yang digunakan Guru. Data dikumpulkan dengan tahapan : pengumpulan data, pengorganisasian, analisis, interpretasi, dan kesimpulan. Artikel yang dianalisis dari publikasi ilmiah terindeks oleh *Google Scholar* dan *Scopus* selama periode 2015-2023 sebanyak 54 Artikel. Kriteria artikel yang dianalisis adalah artikel jurnal penelitian, studi penelitian dan studi dari repositori akademik yang terkait dengan pembelajaran materi genetika. Analisis dilakukan berfokus pada kajian pedagogi pembelajaran materi

genetika berdasarkan TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*) dan CoRes (*Content Representation*). Hasil analisis diharapkan akan menjadi referensi bagi guru dalam menerapkan TPACK pada pembelajaran genetika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Materi

Penting bagi guru untuk memiliki serangkaian keahlian dalam mewujudkan pembelajaran yang efektif, termasuk kemampuan untuk menetapkan tujuan-tujuan pembelajaran, mengembangkan alat penilaian, memilih konsep materi yang sejalan dengan tujuan dan alat penilaian tersebut, serta merancang pengalaman pembelajaran yang memadai. Selain itu, kemampuan untuk membimbing siswa dalam menguasai materi pelajaran juga sangat penting. Ketika seorang guru menyusun *Content Representation*, kemampuan mereka untuk memahami pentingnya materi, menentukan tujuan, mengetahui luas dan dalamnya materi, serta strategi dalam mengajarkan konsep-konsep tertentu menjadi jelas (Ramadhani *et al.*, 2016). Berdasarkan analisis *Content Representation* pada konsep genetika dasar, materi yang harus dipelajari oleh peserta didik terdiri dari dua ide besar yaitu materi genetik dan ekspresi gen. Dalam ide besar pertama, siswa diharapkan mempelajari tentang struktur, bentuk, fungsi, posisi, dan hubungan yang ada antara gen, DNA, dan kromosom. Untuk ide besar kedua, siswa akan memahami bahwa ekspresi genetik adalah proses di mana informasi genetik dalam gen digunakan untuk menghasilkan molekul produk gen. Produk-produk ini seringkali berupa protein, tetapi dapat juga termasuk molekul RNA fungsional lainnya seperti tRNA, rRNA, dan snRNA yang tidak menyandi protein.

Memahami ide besar pertama sangat esensial bagi siswa karena ini memberikan mereka pengetahuan tentang struktur, fungsi, lokasi, elemen, dan hubungan antara gen, DNA, dan kromosom, yang diperlukan sebagai dasar untuk belajar konsep genetik lanjutan seperti sintesis protein, siklus sel, hereditas, pengecualian terhadap hukum Mendel, mutasi, evolusi, dan teknik rekayasa genetika. Adapun ide besar kedua sangat penting karena siswa akan belajar bahwa ekspresi informasi genetik melibatkan proses kompleks yang meliputi transkripsi, di mana DNA ditranskripsikan menjadi mRNA, dan translasi, di

mana kode dalam mRNA diterjemahkan menjadi protein. Proses ini memungkinkan pewarisan sifat-sifat genetik dari satu generasi ke generasi selanjutnya. Lewat studi ini, siswa juga belajar bagaimana gen-gen tersebut diekspresikan ke dalam fenotip yang dapat diamati dan diturunkan.

Konsep yang dianut oleh ide besar pertama dan kedua dianggap relevan untuk dipelajari oleh para siswa. Namun, tantangan mungkin timbul ketika mengajarkan konsep tersebut karena sifat materi yang abstrak, yang dapat menyulitkan siswa dalam memahaminya. Oleh karena itu, guru perlu siap dengan media pembelajaran alternatif yang mencakup visual, audio, dan kinestetik, guna menggantikan rencana pertama jika diperlukan. Selain itu, penting bagi guru untuk mempertimbangkan pengetahuan awal siswa sebagai dasar untuk mempelajari materi baru. Hal ini penting karena ada kemungkinan sebagian siswa mungkin telah melupakan materi sebelumnya. Terkait ekspresi gen, kesulitannya juga berhubungan dengan materi abstrak, seperti proses penentuan kodon, kodogenesis, dan interpretasi struktur DNA ke dalam protein, yang semua ini dapat dianggap rumit.

Ketika mengajarkan konsep genetika, faktor lain yang harus dipertimbangkan seorang guru adalah tingkatan pengetahuan awal para siswa mengenai konsep gen, kromosom, dan DNA, serta apakah mereka sudah mengenal fungsi ribosom dan organel sel lain yang terlibat dalam proses sintesis protein. Pada fase F kelas XI, siswa seharusnya telah menerima pembelajaran tentang sel, dan sekarang perlu memahami lebih lanjut mengenai struktur DNA, termasuk urutan dan pasangan basa nitrogen. Para siswa juga diharapkan dapat berpikir secara abstrak dan berkonsentrasi pada pembelajaran materi ini, yang sudah dikenalkan sejak jenjang pendidikan Sekolah Menengah Pertama. Adapun untuk konsep ekspresi gen, guru perlu menyadari bahwa siswa seharusnya telah mempelajari dasar-dasar genetika melalui materi tentang DNA, gen, dan kromosom dalam subjek sebelumnya. Faktor lain yang memengaruhi proses belajar mengajar adalah kondisi fasilitas sekolah dan penggunaan media pembelajaran interaktif untuk memudahkan pemahaman siswa akan proses sintesis protein, begitu pula dengan kesiapan kognitif dan minat belajar siswa itu sendiri.

Sebagai pertimbangan dalam proses mengajar, penting untuk diingat bahwa siswa telah mendapat pelajaran tentang materi genetik yang terdapat di dalam inti sel di kelas XI. Mereka juga sebelumnya telah belajar tentang konsep molekuler di

kelas X. Ketersediaan fasilitas di sekolah dan penggunaan media pembelajaran yang interaktif membantu memfasilitasi pemahaman siswa tentang struktur, fungsi, posisi, komponen dan hubungan antara gen, DNA, dan kromosom, serta kesiapan mereka untuk mengikuti proses pembelajaran. Untuk konsep ekspresi gen, penting juga untuk mempertimbangkan apakah siswa telah terbiasa dengan materi tentang DNA, gen, dan kromosom dari sub bab sebelumnya. Faktor ini akan memengaruhi kemudahan siswa dalam memahami proses sintesis protein dan kesediaan mereka terhadap pembelajaran yang akan datang.

Urutan/alur yang dapat digunakan untuk mengajarkan konsep materi genetik adalah dapat dimulai dengan memberikan contoh kasus yang berkaitan dengan materi genetik. Misalnya contoh kasus tentang pengungkapan pembunuhan oleh kepolisian dari jejak yang ditinggalkan pelaku di TKP atau mengingatkan kembali prinsip kerja dari tes PCR yang dilakukan saat pandemi covid-19 dan juga bisa menggunakan kasus mengenai sidik jari yang berbeda pada tiap individu. Kemudian diikuti dengan menjelaskan gambaran mengenai keterkaitan materi yang akan dipelajari dengan kasus-kasus tersebut. Selanjutnya, konsep mengenai materi genetik ini dapat diajarkan dengan mengajarkan mulai dari Kromosom, lalu DNA dan terakhir membahas mengenai Gen dan Alel. Di akhir pembelajaran guru dapat menjelaskan mengenai pentingnya keberadaan masing-masing materi genetik ini di dalam tubuh manusia. Untuk konsep mengenai ekspresi gen, dapat diajarkan dengan mengingatkan kembali tentang materi genetik khususnya DNA serta materi organel sel yang berperan di dalam proses sintesis protein diikuti dengan penjelasan bahwa protein yang kita perlukan itu berasal dari gen dalam tubuh spesies itu sendiri. Kemudian mulai membahas tentang tahapan-tahapan dalam sintesis protein, diawali dari transkripsi sampai pada tahapan pembentukan protein yaitu translasi. Selanjutnya, guru dapat menjelaskan mengenai pentingnya sintesis protein yang terjadi di dalam tubuh dan mengaitkan dengan beberapa fungsi dan kelainan yang terjadi di dalam tubuh sebagai akibat dari kesalahan sintesis protein.

Untuk mengetahui apakah Peserta Didik telah paham atau belum dapat dilakukan dengan memberikan tes formatif, melalui penugasan proyek, diskusi kelas, pengerjaan LKPD atau observasi langsung terhadap kemampuan Peserta Didik menghubungkan korelasi antara Gen, DNA dan Kromosom, keterkaitan gen dan DNA dalam sintesis

protein, membedakan tahapan sintesis protein, serta mengetahui pentingnya sumber makanan yang mengandung protein dan mengemukakan alasan terkait mengapa protein sangat dibutuhkan.

Teknologi yang dapat digunakan dalam membelajarkan konsep materi genetik dan ekspresi gen yaitu media audio dan visual atau video interaktif (VR, AR, Presentation app, gambar visual, Youtube, Instagram, IG, Tiktok, artikel- artikel yang bersumber dari website). Penggunaan teknologi tersebut tentunya tak lepas dari bantuan komponen pendukung, seperti laptop, proyektor, dan speaker yang diharapkan menambah pengetahuan dan wawasan peserta didik. Jika sumber daya teknologi terbatas di sekolah, guru dapat memanfaatkan peralatan yang tersedia. Papan tulis dapat digunakan untuk menggambar ilustrasi dengan kapur atau spidol. Selain itu, guru bisa menyediakan replika model DNA dan kromosom atau menggunakan gambar untuk menggambarkan konsep-konsep tentang struktur DNA dan kromosom. Dengan cara ini, pembelajaran tetap dapat berlangsung secara efektif menggunakan metode dan media alternatif yang ada.

Genetika merupakan bidang studi biologi yang kompleks dan menantang pemahaman karena melibatkan banyak unsur abstrak, yang seringkali mengakibatkan kesalahpahaman atau miskonsepsi di antara pelajar (Waskito, *et al.*, 2020). Materi genetik sering kali dirasa sulit oleh sebagian besar siswa sebab diperlukan pemikiran mendalam dan penjelasan yang sangat detail dalam materi pembelajaran (Irawan, D., *et al* 2023). Penelitian oleh Baruno (2021) menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam topik genetika termasuk pemahaman tentang struktur gen, DNA, kromosom, dan mekanisme sintesis protein beserta penanamannya. Konsep ini dianggap abstrak karena berhubungan dengan fenomena yang tidak bisa diamati langsung. Hasanah (2017) menyatakan bahwa genetika seringkali kurang menarik bagi siswa karena materinya yang sangat konseptual dan tidak langsung terlihat. Topik ini juga kompleks karena membutuhkan siswa untuk memiliki kemampuan analisis yang baik, menghubungkan berbagai konsep, dan mengaplikasikan mereka dalam konteks kehidupan sehari-hari. Pemahaman konsep genetika ini esensial sebagai dasar untuk memahami topik lain seperti bioteknologi dan evolusi (Lanie *et al.*, 2013).

Analisis Kurikulum

Kurikulum adalah inti dari sistem pendidikan yang berfungsi sebagai pedoman rinci dan terorganisir untuk proses edukasi, bertujuan menghasilkan lulusan yang mencapai tujuan pendidikan yang telah ditetapkan. Pemerintah Indonesia secara konsisten berinovasi dalam reformasi pendidikan termasuk dalam kurikulum untuk membentuk karakter siswa, meningkatkan peran serta guru, serta memperbarui metode pembelajaran. Indonesia memiliki sejarah penggunaan beragam kurikulum, dimulai dari tahun 1947, 1952, 1964, 1975, 1984, 1994 dengan Kurikulum Berbasis Kompetensi, 2006 dengan Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan, dan 2013, hingga saat ini bertransisi ke Kurikulum Merdeka (Rohimajaya *et al*, 2022). Saat ini, terdapat dua kurikulum yang berlaku yaitu kurikulum 2013 dan kurikulum merdeka.

Kurikulum 2013 menggunakan pendekatan saintifik pada semua mata pelajaran dengan fokus pemahaman materi atau konsep. Sementara itu, Kurikulum Merdeka mengadopsi pendekatan yang disesuaikan dengan kemampuan setiap siswa, lebih mengedepankan proses berpikir daripada sekadar konsep, tanpa tekanan untuk menyelesaikan semua materi. Kurikulum Merdeka memfokuskan pembelajaran pada siswa atau *Student Centered Learning*, memasukkan model-model seperti *Discovery Learning*, *Problem Based Learning*, dan *Project Based Learning* yang menekankan pembelajaran berbasis konteks agar lebih relevan dan berarti. Di kurikulum ini, juga diintegrasikan proyek Profil Pelajar Pancasila sebagai bagian esensial dari proses belajar mengajar. Penilaian pada Kurikulum 2013 berupa penilaian formatif dan sumatif sementara Kurikulum Merdeka juga menggunakannya tetapi lebih bertujuan sebagai alat refleksi untuk pengembangan pembelajaran yang disesuaikan dengan kapasitas siswa. Uniknya, Kurikulum Merdeka mempunyai penilaian khusus untuk proyek Profil Pelajar Pancasila, berbeda dari Kurikulum 2013. Penilaian di Kurikulum 2013 membedakan antara sikap, pengetahuan, dan keterampilan, sedangkan Kurikulum Merdeka mengintegrasikan aspek penilaian tanpa pemisahan yang jelas.

Konsep mengenai genetika, termuat dalam kedua kurikulum tersebut. Pada kurikulum 2013, materi genetika termuat dalam KD 3.3 Menganalisis hubungan struktur dan fungsi gen, DNA, kromosom dalam penerapan prinsip pewarisan sifat pada makhluk hidup, KD 4.3 Merumuskan urutan proses sintesis protein dalam kaitannya dengan penyempaian kode genetik (DNA-RNA-Protein). Sedangkan pada

kurikulum merdeka, materi genetika dapat ditemukan Fase F, dengan ATP yang tertulis dalam tabel berikut:

Tabel 1. ATP Materi Genetika

Capaian Pembelajaran	Pada akhir Fase F, Peserta Didik memiliki kemampuan untuk responsif terhadap isu-isu global dan berperan aktif dalam memberikan penyelesaian masalah. Kemampuan tersebut antara lain mengamati, mempertanyakan dan memprediksi, merencanakan dan melakukan penelitian, memproses dan menganalisis data serta informasi, mengevaluasi dan merefeksi, serta mengkomunikasikan dalam bentuk proyek sederhana atau simulasi visual menggunakan aplikasi teknologi yang tersedia terkait metabolisme, pewarisan sifat evolusi, dan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari. Semua upaya tersebut diarahkan pada pencapaian tujuan pembangunan yang berkelanjutan (SDGs). Melalui pengembangan sejumlah pengetahuan tersebut, dibangun pula akhlak mulia dan sikap ilmiah seperti jujur, objektif, bernalar kritis, kreatif, mandiri, inovatif, bergotong royong dan berkebinekaan global.
Elemen Pemahaman Sains	Pada akhir fase F, peserta didik memiliki kemampuan mendeskripsikan struktur sel serta bioproses yang terjadi seperti transpor membran dan pembelahan sel, menganalisis keterkaitan struktur organ pada sistem organ dengan fungsinya serta kelainan atau gangguan yang muncul pada sistem organ tersebut, memahami fungsi enzim dan mengenal proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh serta memiliki kemampuan menerapkan konsep pewarisan sifat , pertumbuhan dan perkembangan, mengevaluasi gagasan baru mengenai evolusi dan inovasi teknologi biologi
Elemen Keterampilan Proses	Mengamati Mempertanyakan dan memprediksi Merencanakan dan melakukan penyelidikan Memproses, menganalisis data dan informasi Mengevaluasi dan Refleksi Mengkomunikasikan Hasil
Alur Pembelajaran	Menjelaskan komposisi dan struktur DNA, gen dan Kromosom Mengkorelasikan antara DNA, gen dan Kromosom dalam pewarisan sifat

	Menjelaskan tahap-tahap sintesis protein
--	--

Adapun untuk keluasan dan kedalaman materi genetika dituliakan dalam Tabel 1.berikut ini:

Tabel 2. Keluasan dan Kedalaman Materi Genetika

Keluasan	Kedalaman
Hubungan antara Gen, DNA dan Kromosom	Struktur Gen, DNA dan Kromosom
	Fungsi Gen, DNA dan Kromosom
	Letak Gen, DNA dan Kromosom
	Komponen Gen, DNA dan Kromosom
	Keterkaitan antara Gen, DNA dan Kromosom
	Jenis dan pasangan ikatan basa nitrogen pada DNA
Sintesis Protein	Model dan replikasi DNA
	Struktur, Fungsi dan Jenis RNA
	Jenis dan pasangan basa nitrogen pada RNA
	Perbedaan DNA dan RNA
	Tahapan proses sintesis protein dalam pembentukan kode genetik
	Daftar kode genetik untuk menentukan asam amino sesuai kodon yang terbentuk dari proses sintesis protein

Berdasarkan hasil analisis, artikel pembelajaran lebih dominan pada *Teacher Center Learning* dibandingkan *Student Center Learning*. Hal tersebut berarti bahwa kebanyakan pembelajaran genetika yang dilakukan masih berfokus pada konten, belum fokus pada pembelajaran kontekstual yang memerlukan penalaran. Sehingga variabel-variabel yang diidentifikasi masih dominan pada hasil belajar dan penguasaan konsep. Sesuai dengan kurikulum merdeka yang berlaku saat ini, pembelajaran berdiferensiasi merupakan pendekatan yang khas yang dapat mendukung dalam mengembangkan penalaran peserta didik lewat pembelajaran yang kontekstual. Namun, berdasarkan analisis artikel, masih sangat minim yang mengkaji tentang

pendekatan berdiferensiasi pada materi genetika. Pembelajaran berdiferensiasi dapat diterapkan pada pembelajaran genetika dan tidak hanya memperhatikan gaya belajar (auditori, visual dan kinestetik) peserta didik, namun juga perlu memperhatikan kemampuan peserta didik dalam belajar (*slow learner* dan *fast learner*). Pembelajar yang cepat dapat menyerap informasi dengan cepat dan berinteraksi dengan orang lain. Mereka sering menghindari penjelasan materi yang panjang lebar dan ingin melanjutkan ke hal lain sesegera mungkin. Mereka sering menyelesaikan tugas lebih cepat dibandingkan siswa lainnya. Mereka akan bosan menunggu dalam waktu lama. Tugas-tugas kompleks menarik bagi pembelajar yang cepat (Hardiantini *et al.*, 2023). Anak dengan keterlambatan dalam belajar memerlukan pendekatan khusus dalam pembelajaran, diantaranya waktu yang relatif lama bila dibandingkan dengan siswa lainnya, ketelatenan dan kesabaran guru saat menjelaskan materi juga sangat diperlukan. Mereka juga perlu lebih banyak latihan daripada menghafal, didukung dengan penggunaan media yang inovatif dan beragam. Selain itu, guru juga sebaiknya melaksanakan pembelajaran remedial. Ciri-ciri siswa yang lamban belajar meliputi sikap yang lebih pasif selama proses pembelajaran, kesulitan dalam berpikir abstrak, konsentrasi yang rendah, kurang percaya diri, serta daya ingat yang lemah. Anak-anak ini juga sering kali kesulitan dalam bersosialisasi dengan lingkungan sekitar, cenderung lebih pasif, tidak percaya diri, dan bahkan menarik diri dari pergaulan (Siami *et al.*, 2023).

Pendidik harus dapat mengidentifikasi penyebab peserta didik memiliki kemampuan yang *slow learner*, apakah disebabkan oleh kesulitan dalam mengakses sumber belajar atau faktor lain yang mempengaruhi. Sehingga, dengan seperti itu guru dapat memfasilitasi dan melaksanakan pembelajaran yang dapat mengakomodasi peserta didik yang *slow learner*.

Analisis Variabel Dalam Penelitian

Hasil analisis artikel penelitian menunjukkan bahwa variabel penelitian pada materi genetika cenderung pada hasil belajar atau kemampuan siswa dalam menguasai konsep. Selain itu, sikap ilmiah siswa juga sering ditemukan pada penelitian-penelitian yang berkaitan dengan genetika dasar (Siregar, 2013 ; Zainuddin, *et al.*, 2023). Variabel lain seperti aktivitas juga ditemukan di beberapa penelitian (Munawaroh, 2022; Siregar, 2013; Hidayah, 2019). Penelitian lain juga menunjukkan

bahwa materi ini sering kali dikaitkan dengan keterampilan abad 21 diantaranya berpikir kritis, berpikir analitis, berpikir kreatif dan keterampilan komunikatif (Baruni, 2021; Lase, 2021; Aina, 2023; Inayah, 2020). Penelitian penerapan teknologi atau pengembangan modul seringkali mengukur motivasi dan hasil belajar. Beberapa penelitian menggunakan VR dan AR dalam membelajarkan genetika (Baruno, 2021 ; Adiatma, 2020). Tren penelitian genetika dasar di Indonesia cenderung mengarah pada pengembangan strategi atau materi pembelajaran yang masih berfokus pada hasil belajar dan penguasaan konsep serta pengembangan media E-Lkpd. Disarankan agar penelitian mengenai materi genetika di Indonesia fokus pada penelitian yang mengintegrasikan teknologi terkini dengan pendekatan yang lebih kontekstual sehingga menjadi materi yang tidak dianggap sulit dan dapat menjadi sebuah inovasi baru.

Analisis Pendekatan

Berdasarkan hasil pencarian literatur, didapatkan pendekatan yang banyak digunakan pada pembelajaran konsep genetika berupa pendekatan Saintifik (Irawan, *et al.*, 2023; Inayah, *et al.*, 2020), STEM (Aini, 2023; Rahim, *et al.*, 2020), Keterampilan Proses (Lauren, *et al.*, 2020; Zulfiana, 2022; Bimantara, 2014 ; Fadillah, 2018) dan pendekatan konsep (Roini, 2012).

Penerapan Pendekatan Keterampilan Proses Sains dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk menggunakan metode ilmiah dalam memperoleh, mengembangkan, serta menemukan pengetahuan. Keterampilan ini mempermudah siswa dalam mencari informasi yang lebih berguna yang mencakup fakta dan konsep, serta membantu dalam perkembangan sikap, nilai, dan kemampuan berpikir kritis. Berdasarkan penelitian oleh Zulfiana (2022), E-LKPD keterampilan proses sains yang dihasilkan terbukti efektif dan praktis dalam pembelajaran biologi, terutama materi genetika, untuk meningkatkan keterampilan literasi sains pada siswa kelas XII SMA. Selanjutnya, hasil penelitian Lauren *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa bahan ajar praktikum genetika yang didasarkan pada KPS dinilai "sangat baik" dan cocok digunakan dalam sesi praktikum genetika di laboratorium.

Sejumlah siswa sering menganggap materi tentang genetika sebagai topik yang kompleks karena membutuhkan tingkat pemikiran yang mendalam dan ilustrasi yang sangat detil dalam materi pengajaran. Dalam materi genetika, siswa diharapkan tidak hanya

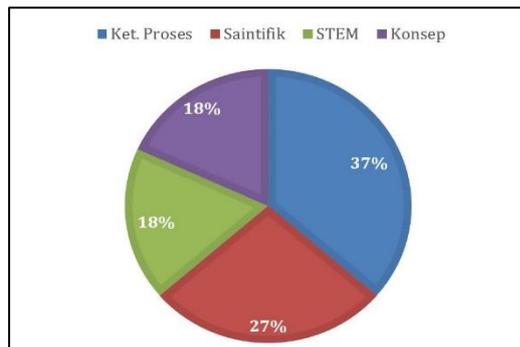
menghimpun informasi dari beragam sumber tetapi juga melakukan aktivitas praktik untuk memperoleh pengalaman langsung. Sesuai dengan Kompetensi Dasar dalam Kurikulum 2013, siswa diharuskan untuk bisa menganalisis keterkaitan antara struktur dan fungsi gen, DNA, dan kromosom dengan prinsip penurunan sifat pada organisme serta harus dapat mengidentifikasi rangkaian proses sintesis protein yang berkaitan dengan penyaluran kode genetik dari DNA ke RNA hingga menjadi protein. Pendekatan saintifik dipercaya sebagai cara yang mendukung pengembangan sikap, keterampilan, dan pengetahuan siswa dalam proses pembelajaran yang memenuhi standar ilmiah, yang bagaimanapun juga, penting dalam pemahaman siswa terhadap materi genetik (Irawan, *et al.*, 2023).

Pendekatan STEM dapat efektif untuk mengajar materi genetika karena pendekatan ini menekankan pada penggunaan kreativitas. Kreativitas merupakan inti dari proses desain dalam konteks STEM. Ketika menerapkan pembelajaran STEM, fokus utamanya adalah pada output yang dihasilkan siswa, dimana kreativitas siswa sangat diutamakan dan evaluasi terhadap karya mereka dilakukan secara menyeluruh menggunakan rubrik penilaian (Osman, Huriye, & Hasan, 2022). Hasil penelitian (Aini, 2023) menyatakan bahwa implementasi metode pembelajaran STEM pada keterampilan berbicara materi genetika, didapatkan hasil yang sangat positif. Hal ini membuat mahasiswa tidak hanya memahami konsep struktur DNA dengan cara yang menyenangkan, tetapi juga meningkatkan keterampilan berkomunikasi mereka. Penelitian (Rahim, *et al.*, 2020) telah membuktikan bahwa jika STEM diintegrasikan dengan pendekatan *Problem Based Learning* dapat menumbuhkan serta memelihara ketertarikan mahasiswa tahun pertama terhadap pembelajaran konsep genetika.

Pada pendekatan *conceptual learning*, guru menggunakan konsep-konsep yang lain untuk membelajarkan pengetahuan ilmiah yang dituju (Widodo, 2021). Pendekatan konsep akan mengarahkan siswa untuk menguasai konsep secara benar sehingga tidak terjadi kesalahan konsep atau yang dikenal sebagai miskonsepsi (Apriani *et al.*, 2018). Mengajarkan genetika dengan fokus pada pengembangan proses berpikir siswa bisa tercapai melalui pendekatan konseptual ketimbang sejarah. Dalam pendekatan konsep, konsep-konsep genetika disajikan tergabung dari mulai dasar-dasar yang diletakkan oleh J.G. Mendel sampai perkembangan terkini tanpa mengikuti runutan kronologis

sejarahnya. Pendekatan ini lebih mengedepankan substansi materi genetika dibandingkan perjalanan waktu ilmu genetika tersebut berkembang. Apabila pembelajaran konsep genetika diajarkan dengan pendekatan sejarah akan membuat materi terpisah-pisah, terputus-putus, dan miskin pola (Corebima, 2009).

Dari hasil analisis artikel, membelajarkan materi genetik dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Pendekatan Pembelajaran Pada Materi Genetika

Analisis Model

Model pembelajaran adalah serangkaian langkah logis yang disusun untuk memfasilitasi proses belajar siswa, yang mencakup tindakan-tindakan yang dilakukan oleh seorang guru selama proses mengajar. Namun, model pembelajaran sebenarnya lebih fokus pada urutan proses yang terjadi di dalam pikiran siswa ketimbang sekadar proses pengajaran itu sendiri. Setiap model menetapkan langkah-langkah tertentu yang dipercaya sebagai urutan paling efektif untuk memicu proses pembelajaran agar tujuan pendidikan dapat tercapai (Widodo, 2021). Berdasarkan analisis, beberapa model yang efektif digunakan dalam pembelajaran genetika antarlain model pembelajaran Inkuiri (Rais, *et al.*, 2021 ; Baruno, 2021; Sachyani, *et al.*, 2023 ; Marleni, 2020 ; Isnawati, 2013 ; Isrika, *et al.*, 2022; Siregar, 2013), PBL (Setiawati, 2019 ; Nainggolan, *et al.*, 2022 ; Febriani, *et al.*, 2023 : Lase, 2021), *Reciprocal teaching* (Fadhilah, 2022) dan STAD (Anggriani, 2020 ; Hidayah, 2019 ; Asia, 2020). Variasi model-model ini digunakan dengan harapan agar mendapatkan model yang tepat untuk mengajarkan konsep materi genetika. Model pembelajaran yang paling dominan digunakan dalam

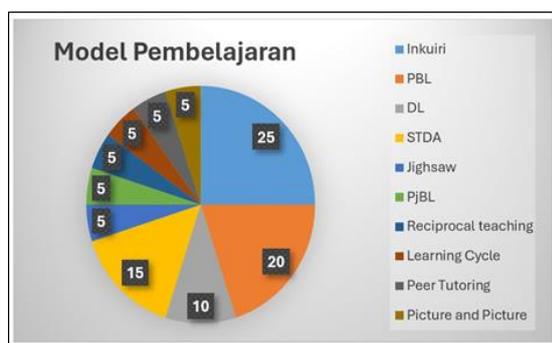
membelajarkan materi genetika adalah model Inkuiri dan PBL.

Model inkuiri memungkinkan siswa untuk terlibat secara aktif dalam mengobservasi, mengajukan pertanyaan, memverifikasi informasi, mengumpulkan data menggunakan peralatan, dan menganalisis data tersebut untuk menghasilkan pengetahuan baru, yang kemudian mereka sampaikan berdasarkan pemahaman mereka sendiri. Dalam belajar sains melalui inkuiri, siswa dilibatkan dalam aktivitas dan proses pemikiran yang mirip dengan ilmuwan yang berusaha memperdalam pemahaman manusia tentang alam dan dunia sekitar. Menggunakan temuan penelitian sebagai fenomena yang dapat dilihat adalah pendekatan efektif untuk pembelajaran berbasis inkuiri. (Lukiati, 2021). Inkuiri terbimbing merupakan suatu model yang melibatkan rangkaian aktivitas belajar yang fokus pada pengembangan kemampuan siswa dalam berpikir secara kritis dan analitis. Dalam metode ini, siswa secara aktif mencari dan menemukan jawaban untuk pertanyaan atau masalah tertentu, yang sangat sesuai untuk topik yang telah ditentukan dengan spesifik dan jelas (Baruno, 2021). Penelitian yang dilakukan (Siregar, 2013) menyatakan bahwa Penggunaan model pembelajaran inkuiri dengan animasi berdampak pada perbedaan yang lebih baik dalam pemahaman konsep, sikap ilmiah, dan penilaian kinerja siswa jika dibandingkan dengan metode diskusi yang menggunakan media gambar untuk konsep sintesis protein di SMA Negeri 9 Banda Aceh. Selain itu, pembelajaran inkuiri berbantuan animasi menunjukkan adanya keterkaitan yang positif antara tingkat pemahaman konsep dan sikap ilmiah siswa. Isrika (2022) menyatakan bahwa mahasiswa terbantu dalam menemukan konsep materi secara mandiri dengan penggunaan panduan praktikum berbasis inkuiri terbimbing.

Problem Based Learning (PBL) dalam pembelajaran, selalu menghadirkan masalah-masalah yang sesuai dengan situasi nyata, mendorong siswa untuk secara aktif mencari pengetahuan. Kelebihan metode ini termasuk peningkatan kemampuan berpikir secara kritis, penguatan inisiatif dan motivasi belajar mandiri pada siswa, serta pengembangan kerjasama tim. Dalam PBL, masalah sehari-hari dijadikan titik awal untuk memotivasi siswa agar lebih tertarik untuk belajar. PBL memungkinkan siswa berperan aktif dalam pembelajaran mereka dengan mendalami masalah yang dipaparkan, mengasah keterampilan mereka dalam berpikir kritis, melakukan inkuiri, menyelesaikan masalah, dan

belajar secara independen. Siswa tidak lagi pasif menerima informasi; guru bertindak sebagai pendukung yang membantu proses pembelajaran (Nainggolan, 2022). Siswa dilibatkan secara aktif dalam PBL melalui proses pembelajaran yang mencakup mengenali masalah, menjelajahi informasi terkait, dan merenungkan solusi. Hal ini membuat pengalaman belajar menjadi jauh lebih berarti dan relevan karena siswa berinteraksi dengan situasi dunia nyata (Liu & Pastor, 2022). Salah satu metode yang cocok untuk menciptakan modul ajar dalam topik genetika adalah *Problem Based Learning*. Dalam model ini, pembelajaran diawali dengan masalah yang otentik, yang membantu siswa mengasah pemikiran kritis dan mengembangkan kemampuan mereka dalam menyelesaikan masalah tersebut (Febriani, 2023).

Berikut ini disajikan data beberapa model pembelajaran yang dapat diterapkan pada pembelajaran konsep genetika :



Gambar 2. Diagram Model Pembelajaran Pada Materi Genetika

Analisis Metode

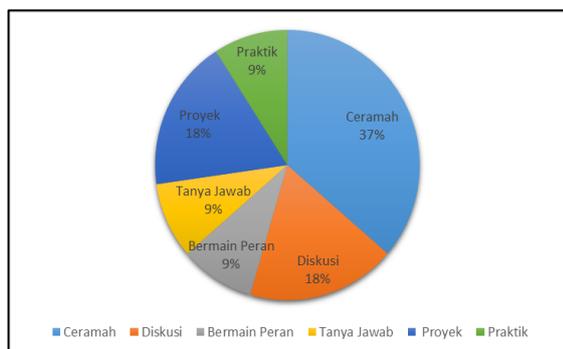
Metode pembelajaran merupakan teknik yang digunakan dalam mengajar siswa, dimana di dalam penerapannya didukung dengan mengimplementasikan teknik-teknik tertentu (Widodo, 2021). Penggunaan metode yang sesuai sangat penting untuk menanamkan disiplin belajar dalam kelas dan untuk mengatasi masalah partisipasi aktif dari siswa. Dalam memilih metode pembelajaran, perlu dilakukan pertimbangan yang matang untuk memastikan efektivitas pembelajaran dan tercapainya tujuan pendidikan (Rikawati & Sitingjak, 2020). Berdasarkan analisis artikel dan rancangan pembelajaran, metode yang digunakan dalam membelajarkan konsep genetika adalah metode ceramah (Lathifah *et al.*, 2023; Munawaroh, 2022;

Zainuddin *et al.*, 2023; Chaerunnisa *et al.*, 2016), metode diskusi (Baruno *et al.*, 2021; Lathifah *et al.*, 2023), metode bermain peran (Samti, *et al.*, 2015), metode tanya jawab (Zainuddin *et al.*, 2023), metode proyek (Fitriyah & Ramadhani, 2021; Maheni *et al.*, 2021), metode praktik/eksperimen (Mertha *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil kajian artikel, metode yang paling sering digunakan pada materi genetika adalah metode ceramah. Metode ceramah diajarkan pada konsep persilangan, mekanisme sintesis protein. Metode ceramah cocok digunakan untuk menyampaikan pesan yang sifatnya informatif seperti pengetahuan ilmiah (Widodo, 2021). Guru banyak menggunakan metode ceramah karena menganggap banyak konsep genetika yang harus dijelaskan secara langsung oleh guru, bahkan dituliskan dan dijelaskan secara berurutan. Kurangnya pengetahuan guru mengenai metode, media dan model pembelajaran untuk materi genetika juga menjadi salah satu faktor Guru lebih memilih menggunakan metode ceramah. Selain metode ceramah, metode diskusi juga digunakan dalam mengajarkan materi genetika. Metode diskusi biasanya diajarkan untuk pemahaman konsep isolasi DNA yang berkaitan dengan peristiwa atau kejadian nyata serta konsep mekanisme proses sintesis protein (Baruno *et al.*, 2021). Metode diskusi mengembangkan keterampilan berpikir kritis siswa dan memfasilitasi siswa belajar satu sama lain melalui berbagai perspektif (Rusakova & Baranova, 2021).

Metode tanya jawab cocoknya diajarkan pada konsep pewarisan sifat dan replikasi DNA. Metode tanya jawab memicu siswa unruk berpartisipasi aktif dalam proses belajar dan melatih siswa untuk berpikir kritis (Suliswati *et al.*, 2022). Metode praktik/eksperimen biasanya diajarkan pada materi genetika untuk meningkatkan pemahaman konsep meiosis. Pada metode praktik siswa melakukan praktikum dengan mengamati preparat sel-sel folikel testis *gryllus campestris* menggunakan mikroskop (Mertha *et al.*, 2023). Praktik merupakan metode pembelajaran yang paling sesuai untuk membelajarkan keterampilan proses terutama yang membutuhkan keterampilan motoric (Widodo, 2021). Metode proyek diajarkan untuk meningkatkan pemahaman mengenai keragaman genetik. Metode ini dapat digunakan untuk mengembangkan sikap ilmiah dan kesadaran lingkungan di kalangan siswa. Metode proyek melibatkan penugasan kepada siswa untuk dapat mengerjakan, membaca, mengamati, dan meneliti (Aqib, 2013).

Berikut ini disajikan data beberapa metode pembelajaran yang digunakan untuk membelajarkan konsep genetika:



Gambar 3. Diagram Metode Pembelajaran Pada Materi Genetika

Analisis Media

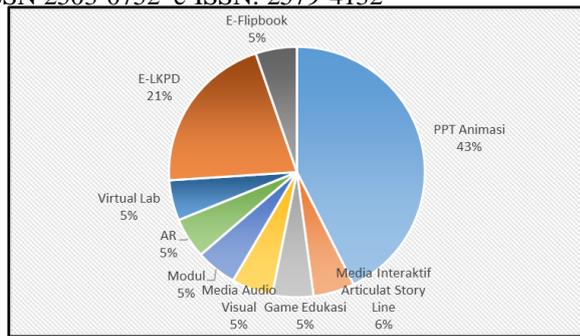
Media pembelajaran menjadi salah satu bagian terpenting dalam keberhasilan proses pembelajaran. Media pembelajaran memudahkan Guru dalam menyampaikan materi kepada peserta didik. Dari analisis artikel ilmiah ditemukan bahwa media yang sering digunakan Guru dalam pembelajaran materi genetika antaralain Media Slide PPT Animasi (Novembrianto, 2015; Lidi & Daud, 2019; Saenabet *al*, 2016)), Media Interaktif *Articulate Story Line* (Putri Iet *al*, 2022), Game Edukasi (Wibowo & Ramadhani, 2021). Media Audio Visual (Aina, 2017). Modul (Lase, 2021), Augmented Reality (AdiatmaI *et al*, 2020). Virtual Lab (Baruno, 2021), E-Lkpd (Marleni, 2020; Hasanah, 2017; Irawan *et al*, 2023; Lathifah *et al*, 2023). E-Flipbook (Minakh & Susantini, 2023). Pengajaran konsep genetika paling banyak menggunakan media ajar E-LKPD.

Microsoft Office Power Point adalah sebuah aplikasi yang membantu para pendidik dalam mengembangkan materi pelajaran untuk presentasi, menyediakan berbagai fitur yang dapat meningkatkan daya tarik visual, serta dirancang untuk kemudahan penggunaannya (Siagian dkk., 2019: 156). Menggunakan *Power Point* dalam mengajar genetika bisa efektif apabila teknik pengajarannya sesuai, memungkinkan pembangunan kemampuan kognitif, afektif, dan kinestetik secara harmonis. *Articulate Storyline* dianggap sebagai pilihan lain yang bisa menggantikan metode ajar tradisional, dengan potensi meningkatkan kapasitas kognitif para siswa (Dewi *et al*, 2018). Penggunaan media *Articulate Storyline* dapat meningkatkan hasil belajar siswa pada substansi genetika (Putri *et al*, 2022). Memanfaatkan permainan

edukatif dengan tema genetika sebagai alat bantu pembelajaran bisa menjadi pilihan alternatif yang menyediakan pengalaman belajar yang menarik dan menyenangkan bagi siswa. Penggunaan game ini juga berpotensi untuk memperkuat pemahaman mereka tentang konsep-konsep genetika (Wibowo & Ramadhani, 2019). Game edukasi merupakan media permainan yang dirancang untuk merangsang serta meningkatkan daya pikir dan konsentrasi Siswa dalam pemecahan masalah (Purnomo *et al*, 2016).

Penggunaan media AR pada substansi genetik untuk memvisualisasikan DNA manusia. Menggunakan media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* sangat efektif dalam proses pembelajaran dan dapat meningkatkan motivasi siswa dalam pembelajaran. AR menggabungkan unsur hiburan yang dapat menstimulasi minat siswa untuk belajar dan berinteraksi, sambil memberikan pengalaman yang realistis dan melibatkan interaksi langsung dengan teknologi melalui penggunaan semua indera (Mustaqim, 2016). Laboratorium virtual adalah kumpulan alat laboratorium virtual yang dikemas dalam bentuk perangkat lunak komputer interaktif dan multimedia. Saat dijalankan pada komputer, virtual lab ini mampu meniru aktivitas dalam laboratorium seolah-olah pengguna benar-benar berada di laboratorium nyata. Ini termasuk dua elemen utama, yaitu simulasi dan animasi. Penggunaan laboratorium virtual memfasilitasi siswa dalam memahami aktivitas laboratorium biologi yang mungkin sulit dilakukan secara langsung karena kendala biaya atau kondisi tertentu (Baruno, 2021). Penggunaan modul yang sesuai dengan kecerdasan masing-masing siswa dapat meningkatkan pemahaman konsep siswa pada substansi Genetika (Nisa dan setiawan, 2018). E-LKPD merupakan bahan ajar yang dapat Membantu meningkatkan Kualitas pembelajaran. E-LKPD Membantu siswa memperoleh pemahaman lebih dalam tentang konsep genetika serta dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kemampuan pemecahan masalah dan meningkatkan motivasi belajar (Irawan *et al*, 2023).

Berikut ini disajikan data beberapa media pembelajaran yang digunakan untuk membelajarkan konsep genetika:



Gambar 4. Diagram Media Pembelajaran Pada Materi Genetika

KESIMPULAN DAN SARAN

Keberhasilan proses pembelajaran tergantung pada kemampuan Guru untuk merencanakan pelajaran dengan baik agar Siswa dapat memahami materi dengan jelas. Pembelajaran yang efektif dicapai ketika Guru memiliki berbagai pengetahuan, antara lain merumuskan tujuan pembelajaran yang jelas, desain alat evaluasi yang tepat, pemilihan materi ajar yang sesuai dengan tujuan pelajaran dan alat evaluasi, merencanakan pengalaman belajar Siswa, serta kemampuan untuk membimbing Siswa dalam memahami materi pelajaran secara mendalam dan bermakna.

Hasil analisis menunjukkan berbagai pendekatan, model, metode dan media pembelajaran yang efektif dan dapat digunakan dalam pembelajaran biologi, khususnya materi genetika. Melalui pembuatan *Content Representation*, Guru dapat menunjukkan pemahamannya tentang pentingnya suatu materi, tujuan pembelajaran, serta ruang lingkup dan kedalaman materi, dan strategi dalam membelajarkan konsep. Dengan berdasar pada TPACK (*Technological Pedagogical and Content Knowledge*), akan lebih memudahkan Guru dalam memilih metode pengajaran yang efektif untuk membantu siswa dalam memahami materi genetika yang abstrak dan dianggap sulit. Temuan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi guru dalam menerapkan TPACK pada pembelajaran genetika.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu mengkaji lebih dalam lagi mengenai pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran genetika, dimana saat penulis melakukan pengkajian masih sangat terbatas menemukan artikel tentang pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran genetika. Selain itu, juga diperlukan pengkajian lebih lanjut mengenai pembelajaran berdiferensiasi dalam mengajarkan konsep genetika, dengan tidak hanya berfokus pada gaya belajar peserta didik namun juga memperhatikan

kemampuan belajar peserta didik yang terdiri dari *slow learner* dan *fast learner*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih Penulis kepada Dosen Pengampu Matakuliah Kajian Pedagogi Bapak Dr. rer.nat. Adi Rahmat, M.Si dan Prof. Dr. Riandi, M.Si Departemen Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia, yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan artikel ini mulai dari awal pembuatan hingga selesainya

DAFTAR PUSTAKA:

- Adiatma, L. H., Pranoto & Wahid, A. (2020). Aplikasi Visual Dna Manusia Menggunakan Augmented Reality Sebagai Sarana Media Pembelajaran. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*. 4 (1). 162-168. <https://doi.org/10.36040/jati.v4i1.2359>.
- Agustami, R. P., Wiyanto & Alimah, S. (2017). Persepsi Guru dan Siswa Terhadap Pembelajaran IPA Terpadu Serta Implikasinya di SMP. *Journal of Innovative Science Education*. 6 (1). 96 – 103.
- Aina, M. (2017). Peningkatan Kemampuan Kognitif dan Afektif Siswa Pada Materi Substansi Genetik Menggunakan Model Picture and Picture dan Media Audiovisual Serta Papan Tempel di Kelas XII SMA Negeri 11 Muaro Jambi. *Biodik Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*. 3 (2). 60-72. <https://doi.org/10.22437/bio.v3i2.5498>.
- Aini, M. (2023). Implementasi Pembelajaran STEM Terhadap Keterampilan Komunikasi Oral pada Materi Genetika. *SCIENING: Science Learning Journal*. 4(2). 208 – 2013. <https://doi.org/10.53682/slj.v4i2.8189>.
- Amiruddin, A., Simajuntak, R., Meliala, H. P., Tarigan, N. & Ketaren, A. (2023). Perbandingan Kurikulum 2013 dan Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*. 5 (1). 5487 – 5492. <https://doi.org/10.31004/jpdk.v5i1.11934>.
- Anggriani, E. (2020). Peningkatan Hasil Belajar Biologi Pokok Bahasan Kode Genetik Dan Sintesis Protein Melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad Siswa Kelas Xii Ipa 4 Sma Negeri 4 Pasuruan Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2016/2017. *Jurnal Revolusi Pendidikan*. 3 (2). 10 – 16. <https://ejurnalkotamadiun.org/index.php/JUR EVDIK/article/view/524>.

- Aia, E. (2020). Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Materi Genetik Melalui Model Pembelajaran *Student Team Achievement Division* di Kelas XII MIPA 5 SMA Negeri 19 Palembang. *Jurnal Edukasi*. 6 (1). 25 – 36. <https://doi.org/10.51836/je.v6i1.19>.
- Aqil, M. (2017). Analisis Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Fotosintesis di SMA Negeri 1 Karanganyar. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 16 (2). 145 – 152.
- Aripin, A. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa pada Materi Sistem Ekskresi Manusia. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 17 (2). 189 – 196. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v18i2.36132>
- Asia, E. (2020). Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Materi Genetik Melalui Model Pembelajaran *Student Team Achievement Division* Di Kelas XII Mipa 5 Sma Negeri 19 Palembang. *Jurnal Edukasi*. 6 (1). 25-36. <https://doi.org/10.51836/je.v6i1.19>.
- Azzahra, U. Arsih, F. & Alberida H. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Project-Based Learning (Pjbl) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi: Literature Review. *BIOCHEPHY: Journal of Science Education*. 3 (1). 49 – 60. <https://doi.org/10.52562/biochephy.v3i1.550>.
- Baruno, A. (2021). Peningkatan Kemampuan Berpikir Analisis pada Materi Genetik Melalui Model Pembelajaran Guided Inquiry Terintegrasi Virtual Lab. *Ideguru : Jurnal Karya Ilmiah Guru*. 6 (2). 176-182. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v6i2.202>.
- Bimantara, A., Susantini, E., & Lisdiana, L. (2014). Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (Lks) Berbasis Keterampilan Proses Dasar Pada Materi Ekstraksi Dna Kelas XII. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 3 (1). 310 – 313.
- Fadillah, E, N., Angraini, E. (2018). Pengembangan Modul Praktikum Genetika Berbasis Keterampilan Proses Sains Untuk Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi. *Edubiotik*. 3 (1). 34-42. <https://dx.doi.org/10.33503/ebio.v3i01.77>.
- Febriani, W., Syamsurizal, Ristiono & Selaras, G. H. (2023). Validasi Pengembangan Modul Ajar Substansi Genetika berbasis Problem Based Learning. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 7 (2). 15716 – 15721.
- Fitriyah, A. & Ramadhani, S. D. (2021). Pengaruh Pembelajaran STEAM berbasis Pjbl (Project Based Learning) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif dan Berpikir Kritis Siswa. 10 (1). 209 – 226. <https://doi.org/10.24252/ip.v10i1.17642>.
- Gusti, U. K., Rahmi A. S. Sunandar, A. Rahmat, A., Kusnadi & Riandi. (2023). Analisis TPACK (Technological, Pedagogical, And Content Knowledge) pada Materi Bioteknologi SMA/MA. 3 (1). 65 – 75. <https://doi.org/10.25299/baej.2023.13057>.
- Hardiantini, L, R., Nitiasih, P, K. & Saputra, P, E, D. (2023). Pengembangan Materi Tambahan Bagi Siswa Cepat Belajar SMP Kelas 8. *Jurnal Ikatan Keluarga Alumni Undiksa*. 21 (2). 71-79.
- Hasanah, I. H. (2017). Upaya Meningkatkan Prestasi Belajar Siswa Pada Kompetensi Dasar Prinsip-Prinsip Hereditas Melalui Pendekatan Analogi Di Kelas Xii Ipa 1 Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Ciamis. *Jurnal Wahana Pendidikan*. 4(1). 122-131. <http://dx.doi.org/10.25157/wa.v4i1.390>.
- Hidayah, N, S. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD Berbantuan Peta Konsep Terhadap Peningkatan Aktivitas dan Hasil Belajar Biologi Siswa SMA Negeri 2 Siak Hulu Pada Materi Genetika. *Journal of Natural Science and Integration*. 2(2). 216 - 228. DOI: 10.24014/jnsi.v2i2.8091.
- Inayah, N., Hidayat, M, T. & Nur, M. (2020). Efektivitas Pembelajaran Berorientasi Pendekatan Saintifik Pada Materi Hereditas Terhadap Kreativitas Ilmiah Siswa Sma. *Jurnal Penelitian Pendidikan Sains*. 10 (1). 1857-1873. DOI: 10.26740/jpps.v10n1.p1857-1873.
- Irawan, D. S. S., Pagarra, H., & Adnan. (2023). Pengembangan E-LKPD Berbasis Pendekatan Saintifik pada Pokok Bahasan Materi Genetik Kelas XII SMA/MA. *Jurnal Amal Pendidikan*. 4(1). 21-32. DOI: 10.36709/japend.v4i1.36.
- Isrika, R., Siburian, J. & Hamidah, A. (2022). Uji Kelayakan Panduan Praktikum Genetika Materi DNA Berbasis Inkuiri Terbimbing. *Diklabio*. 6 (1). 24-32. <https://doi.org/10.33369/diklabio.6.1.24-32>.

- Jannah, M. (2023). Literatur Review: Telaah Pembelajaran Biologi Materi Genetika Di Sekolah Menengah Atas. *Normalita*. 11 (3). 548-553.
- Kapughu, N. M., Sumampouw, H. M. & Manoppo, J. S. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Genetika Audiovisual Menggunakan *Drosophila Melanogaster* Pada Konsep Pola Pewarisan Sifat di SMA Negeri 9 Manado. *JSPB BIOEDUSAINS*. 4 (2). 146 – 156.
- Lase, K. N. (2021). Implementasi Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Mind Mapping Pada Mata Kuliah Genetika. *Jurnal Edumaspul*. 5 (2). 2580-0469. <https://doi.org/10.33487/edumaspul.v5i2.2976>.
- Lauren, I., Harahap, F. & Gultom, T. (2016). Uji Kelayakan Penuntun Praktikum Genetika Berbasis Keterampilan Proses Sains Berdasarkan Ahli Materi dan Ahli Desain. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 6 (1). 206 – 2012.
- Lidi, M. W. & Haud, M. H. (2019). Penggunaan Media Animasi pada Mata Kuliah Biologi Dasar untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Motivasi Mahasiswa Materi Genetika. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*. 3 (1). 1 – 9. <https://doi.org/10.32502/dikbio.v3i1.1886>.
- Marleni, N. (2021). Peningkatan Keterampilan Pemecahan Masalah Peserta Didik dengan LKPD berbasis Inkuiri pada Materi Persilangan Mendel. *Indonesian Journal of Teacher Education*. 2 (1). 204 – 208.
- Mertha I., Raksun, A. Syachruddin, A. & Bahri, S. (2020). Pelatihan Pembuatan Preparat Kromosom Politen *Drosophila Melanogaster* Pada Guru - Guru biologi di Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA* 3(2):181-188. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v3i2.522>.
- Minakh, N. & Susantini, E. (2023). Kelayakan E-Flipbook berbasis *Hands-minds on Activity* untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir kritis pada Materi Genetika. *Bioedu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 12 (3). 664 – 672. <https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n3.p664-672>.
- Mufidah, Y, I. (2018). Pengembangan Kemampuan CoRes (*Content Representation*) Calon Guru PAI dalam Meningkatkan Kemampuan Merangsang Siswa Berpikir Kritis pada Mahasiswa Semester VII STIT Raden Wijaya Mojokerto *PROGRESSA Journal of Islamic Religious Instruction*. 2 (1). 103-110.
- Munawaroh, S. (2022). Upaya Meningkatkan Keaktifan dan Hasil Belajar IPA Materi Pewarisan Sifat Menggunakan *Discovery Learning* Berbantuan Kartu Genetika. Prosiding The 3rd Annual Conference on Madrasah Teachers (ACoMT). 5 (12). 115 – 124.
- Mustamin, K. (2022). Penerapan Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investigation untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Biologi. *Jurnal Galeri Pendidikan*. 3 (1). 112 – 121.
- Mustaqim, I. (2016). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*. 13 (2). 174 – 183. <http://dx.doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v13i2.8525>.
- Nainggolan, W, A., Sipahutar, M., Ramadhani, M, A., Thania, O, E. & Tanjung, I, F. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa Pada Materi Genetika di MAS 1 Yaspi Labuhan Deli. *Biodik*. 9 (1). 79-86. <https://doi.org/10.22437/bio.v9i1.19206>.
- Novembriyanto, D., Ratnasari, E. & Prastiwi, M. S. (2015). Kelayakan Media Slide Power Point Animated Interactive Pada Pokok Bahasan Sintesis Protein Untuk Sma Kelas XII. *BioEdu: Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 4 (1). 685 – 688.
- Nugraha, T. S. (2023). Kurikulum Merdeka untuk Pemulihan Krisis Pembelajaran. *Inovasi Kurikulum*. 9 (2). 251 – 262. <http://dx.doi.org/10.17509/jik.v19i2.45301>.
- Nurmalasari, Aidah, R. S., Diputri, R. L. D. Widiyanti, S., Suryanda, A., Pudparini, F. Dewahrani, Y. R. & Rini, S. D. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Kotak Kromosom (KOKRO) pada Materi Kromosom Kelas XII Sekolah Menengah Atas. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*. 6 (1). 863 – 869. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i1.6145>.
- Noviati, W. (2020). Kesulitan Pembelajaran Online Mahasiswa Pendidikan Biologi di Tengah Pandemi Covid19. *Jurnal Pendidikan MIPA*. 10(1). 7 – 11. DOI: 10.37630/jpm.v10i1.258.
- Pramana, M. W. A., Jampel, I. N. & Pudjawan, K. (2020). Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Melalui E-Modul Berbasis Problem Based

- Learning. *Jurnal Edutech Undiksha*. 8(2). 17 – 32. DOI: 10.23887/jeu.v8i2.28921.
- Putri, C. E. B. Sunaryo & Kristianto, S. (2022). Efektivitas Media Pembelajaran Interaktif Articulate Storyline dengan Media Powerpoint Terhadap Hasil Belajar Materi Substansi Genetika Siswa Kelas XII. *Journal of Natural Science and Learning*. 1 (1). 30 – 36.
- Purnomo, F.A, Eko. H. P., Taufiqurrahman, N. P., Firma. S, & Inda, P. L. (2016). Pembuatan Game Edukasi Petualangan Si Gemul Sebagai Pembelajaran Pengenalan Daerah Solo Raya pada Anak. *Jurnal Simetris UNS*. 7 (2). 619 – 626.
- Rahmadani, W., Harahap, F. & Gultom, T. (2017). Analisis Faktor Kesulitan Belajar Biologi Siswa Materi Bioteknologi di SMA Negeri Se-Kota Medan. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 6 (2). 279 – 285. <https://doi.org/10.24114/jpb.v6i2.6546>.
- Rahim, S, P, A., Samsudin, M, A., Ismail, M, E., Talib, C, A., Amiruddin, M, H. (2020) Undergraduates' Interest Towards Learning Genetics Concepts Through Integrated STEM Problem Based Learning Approach. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*. 22 (12). 1125-1149. <http://dx.doi.org/10.35631/IJEPC.748003>.
- Radjabessy, S. A. (2019). Meningkatkan Hasil Belajar Ipa Materi Genetika Melalui Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Pada Kelas Ix-3 Smp Negeri 2 Kota Ternate. *Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*. 8 (1). 81-103. <http://dx.doi.org/10.33387/dpi.v8i1.1381>.
- Rais, M. A., Amin, M. & Lukiaty, B. (2021). Pengembangan Pembelajaran Genetika Berbasis Inkuiri Berdasarkan Hasil Penelitian Analisis Variasi Gen Laju Ovulasi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian dan Pengembangan*. 6 (10). 1562 – 1566. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i10.15054>.
- Riyanti, T. Irmawanty & Fadhillah, N. (2022). Pengaruh Model Reciprocal Teaching Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Konsep Substansi Materi Genetik Di Sman 2 Luwu Utara Sulawesi Selatan. *Jurnal Pendidikan*. 23 (1). 16 – 23. <http://dx.doi.org/10.33830/jp.v23i1.2845.2022>.
- Roini, C. (2013). Analisis Perencanaan Pembelajaran Genetika Berpendekatan Konsep Pada Perangkat Pembelajaran Buatan Guru Sma Se-Kota Ternate. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*. 10 (1). 1 – 5.
- Rusakova, A. & Baranova, S. (2021). The Inclusion Of Non-Tenured Staff In Institutional Quality Culture. *Human, Technologies and Quality of Education*. 1 (11). 766 – 779. <https://doi.org/10.22364/htqe.2021.60>.
- Rz, R. I., Siburian, J. & Hamidah, A. (2022). Uji Kelayakan Panduan Praktikum Genetika Materi DNA berbasis Inkuiri Terbimbing. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*. 6(1). 24 – 32. <https://doi.org/10.33369/diklabio.6.1.24-32>.
- Saenab, S., Nurhayati dan Hamka. (2016). Humorous Power Point: Integrasi Humorous Power Point: Integrasi Humor dalam Pembelajaran Genetika. *Jurnal Biology Science & Education*. 5 (2). 112 – 14. <https://doi.org/10.33477/bs.v5i2.491>.
- Sachyani, D., Waxman, P. T., Sadeh, I., Herman, S., Ferber, M. L., Yaacobi, M, Chores, O., Link, E., Masa, S. R., Ginsburg, S. & Zion, M. (2023). Teachers' views of Future-Oriented Pedagogy as part of inquiry-based molecular biology teaching in high school biology laboratories. *Journal of Biological Education*. 20 (2). 1-22. DOI: 10.1080/00219266.2023.2174157.
- Sahidin, L., Kadir., Salim. & Prajono, R. (2022). Eksplorasi TPACK dalam Mendukung Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Jurnal Pendidikan Matematika*. 13 (2). 212-227. <https://doi.org/10.36709/jpm.v13i2.15>.
- Setiawati, G. A. D. (2019). Lesson Study dalam Mata Kuliah Genetika Melalui Model Problem Based Learning pada Program Studi Pendidikan Biologi UNMAS Denpasar. *Indonesian Journal of Educational Science (IJES)*. 1 (2). 63 – 71. <http://dx.doi.org/10.31605/ijes.v1i2.257>.
- Siami, N, W. & Ana, R, F, R. (2023). Analisis Faktor Penyebab Siswa Teridentifikasi Lamban Belajar di SDN 1 Bono Kecamatan Boyolangu Kabupaten Tulungagung. *Iventa : Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*. 7 (2). 167-177. <https://doi.org/10.36456/iventa.7.2.a7810>.
- Siregar, S. (2013). Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Berbasis Media Animasi Terhadap

- Pemahaman Konsep, Sikap Ilmiah Dan Asesmen Kinerja Siswa Pada Konsep Sintesis Protein. *Jurnal EduBio Tropika*. 1 (2). 60-100.
- Sulistiawati, Lubis, P. M. H., Hakim, L., Sulistyowati, R., Sugiarti, Lia, L. & Lefudin. (2022). Penyusunan Proposal Penelitian Tindakan Kelas (Ptk) Dalam Pembelajaran E-Learning Bagi Guru Smk Pembangunan Ypt Palembang. *Wahana Dedikasi*. 5(1). 71 – 80. <http://dx.doi.org/10.31851/dedikasi.v5i1.7026>.
- Wahyuningsih, I. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Group Investigation Terhadap Hasil Belajar IPA. Natural: *Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*. 4 (1). 26 – 33. <https://doi.org/10.30738/natural.v4i1.1861>.
- Wibowo, F. M. & Ramadhani, M. A. (2019). Rancang Bangun Game Edukasi Biologi untuk Peningkatan Pemahaman Materi Genetika. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. 3 (3). 349-356. <https://doi.org/10.29207/resti.v3i3.1058>.
- Wijayanto, B. (2017). Urgensi Technological Pedagogical Content Knowledge (Tpack) Dalam Pembelajaran Geografi. *Jurnal Buana*. 6(1). 54-60. DOI: 10.24036/geografi/vol6-iss1/178
- Zainuddin, M. Wardhani, S. & Hidayat, S. (2023). Peningkatan Hasil Belajar dan Sikap Ilmiah Peserta Sisik pada Materi Genetika melalui Sikap Ilmiah Peserta didik pada Materi Genetika melalui Model *Cooperative Learning Tipe Peer Tutoring*. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6(2). 447 – 458. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v6i2.6329>.
- Zulfiana., Indana, S. (2022). Pengembangan E-Lkpd Berbasis Kwl (*Know-Want-Learned*) Materi Substansi Genetik Untuk Melatihkan Keterampilan Literasi Sains Peserta Didik. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*. 11 (2). 481-491. DOI: 10.26740/bioedu.v11n2.p481-491