

ANALISIS MATERI METABOLISME SMA BERBASIS TPACK (TECHNOLOGICAL, PEDAGOGICAL, AND CONTENT KNOWLEDGE)

Analysis of Metabolism Materials in Senior High School Based on TPACK (Technological, Pedagogical, and Content Knowledge)

Utari Akhir Gusti^{a*}, Anissa Salsyabila Rahmi^a

^a Pendidikan Biologi, Universitas Pendidikan Indonesia, Kota Bandung, Indonesia

*Corresponding author: utariakhir@gmail.com

Abstrak

Perkembangan teknologi di dunia pendidikan mendorong guru untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dengan mengangkat pendekatan TPACK untuk menghasilkan kehidupan pendidikan yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis TPACK pada materi metabolisme tingkat SMA. Penelitian ini mengadopsi pendekatan deskriptif kualitatif dengan tujuan menggambarkan dan memahami integrasi TPACK dalam pembelajaran metabolisme. Penelitian ini melibatkan analisis materi, kurikulum, pendekatan, metode, model, dan media pembelajaran yang digunakan dalam pembelajaran metabolisme. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, wawancara guru, dan analisis rencana pembelajaran. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya penemuan beragam metode, model, dan media yang digunakan untuk mengajarkan materi metabolisme. Penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi peserta didik, sarana dan prasarana. Pengembangan kompetensi guru dalam TPACK menjadi penting untuk meningkatkan kualitas pembelajaran yang efektif dan menyenangkan bagi peserta didik, sehingga menstimulus perubahan hasil belajar ke arah positif.

Kata kunci: Metabolime, TPACK, SMA.

Abstract

Technological developments in the world of education encourage teachers to improve the quality of learning by adopting the TPACK approach to produce a better educational life. This study aims to carry out TPACK analysis on high school-level metabolic material. This study adopted a qualitative descriptive approach with the aim of describing and understanding the integration of TPACK in metabolic learning. This research involves analysis of materials, curriculum, approaches, methods, models and learning media used in metabolism learning. Data collection was carried out through literature studies, teacher interviews, and lesson plan analysis. The results of this research found various methods, models and media used to teach metabolism material. Its use can be adjusted to the needs and conditions of students, facilities, and infrastructure. Developing teacher competency in TPACK is important to improve the quality of learning that is effective and enjoyable for students. Thus, stimulating changes in learning outcomes in a positive direction.

Keywords : Metabolism, TPACK, Senior High School

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus maju telah mendorong para guru untuk mengembangkan kemampuannya di bidang pengetahuan dan keterampilan yang beragam guna menjalankan proses pembelajaran yang efektif. Hal ini didukung dengan yang dikemukakan oleh Suyamto et al. (2020), perkembangan teknologi pendidikan di awal tahun 2006 berorientasi menjabarkan teknologi guna mengatasi permasalahan belajar agar lebih terarah dan terkendali. Kualitas pembelajaran bergantung pada guru sebagai elemen penting, maka perlu meningkatkan kualitas guru untuk memperbaiki hal tersebut dengan bantuan teknologi agar lebih mudah untuk melaksanakan pembelajaran yang efektif dan menyenangkan. Guru profesional wajib memenuhi standar dan kompetensi sesuai Undang-Undang No. 14 tahun 2005, dimana kompetensi yang harus dimiliki meliputi pedagogik, kepribadian, sosial, professional, serta teknologi (Chang et al., 2013). Perlu adanya sebuah pengetahuan yang dapat mendukung pendidik dalam memperdalam kompetensi tersebut. Pembelajaran juga berkaitan dengan peningkatan kualitas hidup. Dengan memperoleh pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai yang relevan, individu dapat meningkatkan kualitas hidup mereka dan memperbaiki kondisi sosial ekonomi di sekitar mereka. Oleh karena itu, pembelajaran menjadi penting untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan menciptakan kehidupan yang lebih baik. Peningkatan kualitas pembelajaran berhubungan erat dengan TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*).

TPACK sebagai upaya integrasi antara pengetahuan dan keterampilan secara menyeluruh dengan pemanfaatan teknologi. TPACK adalah kerangka kerja yang mencoba memahami hubungan antara pengetahuan tentang pengajaran (*pedagogical knowledge*) dan penggunaan teknologi (*technology knowledge*). TPACK digunakan untuk mengilustrasikan pengetahuan yang diperlukan oleh guru untuk dapat mengintegrasikan teknologi dengan efektif dalam proses pengajaran. Selama satu dekade terakhir, konsep TPACK dengan cepat menjadi kerangka acuan utama dalam pendidikan terutama terjadi ketika program-program pendidikan guru mulai mengubah kurikulum guna mempersiapkan calon guru agar mahir dalam pemanfaatan teknologi (Kaplon-Schilis & Lyublinskaya, 2015). Bertujuan untuk membantu guru meningkatkan kebiasaan berpikir teknologi, TPACK mendorong para guru untuk mahir menggunakan komputasi dan alat komunikasi (Handayani et al., 2023) untuk membantu siswa dalam memahami konsep serta bersifat kontekstual sehingga dapat dihubungkan dengan kehidupan sehari-hari agar pembelajaran lebih bermakna. Oleh sebab itu, pola pengembangan kompetensi guru dengan TPACK merupakan jalan yang sesuai untuk menjamin terlaksananya pembelajaran yang sesuai dengan tuntutan dan perubahan yang terjadi.

Biologi merupakan mata pelajaran yang diberikan pada tingkat SMA khususnya pada jurusan IPA. Biologi memiliki berbagai materi yang dapat dikatakan kompleks salah satunya materi biologi molekuler. Materi ini tergolong sulit diamati secara langsung (Saparuddin et al., 2021; Wasdili et al., 2020; Rizka et al., 2017). Biasanya guru menjelaskan dengan metode ceramah dan diskusi. Namun hal itu tidak sesuai dengan harapan atau target pembelajaran. Sehingga, guru dituntut tidak hanya mampu dalam bidang materi namun juga bisa berinovasi dalam TPACK ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian Pedagogi pada materi biologi molekuler dan bioteknologi beserta TPACK sebagai upaya mendorong pembelajaran yang efektif. Penelitian yang menganalisis penggunaan TPACK dalam pembelajaran telah banyak dilakukan namun belum ada yang meneliti pada materi metabolisme (Gusti dkk, 2023; Rosalina, 2021). Oleh karena itu, penting untuk dilakukan

identifikasi TPACK pada materi metabolisme. Sehingga menjadi pedoman dan bacaan bagi guru biologi SMA/MA.

Material dan Metode

Jenis penelitian ini merupakan deskriptif kualitatif. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif untuk mendapatkan wawasan yang mendalam tentang pengetahuan TPACK. Data dikumpulkan dari studi literatur yang relevan baik dari artikel, wawancara guru, maupun analisis RPP yang digunakan. Hasil analisis yang diperoleh digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk rekomendasi TPACK materi metabolisme SMA/MA bagi guru. Penelitian deskriptif kualitatif dianggap sebagai metode yang tepat karena bertujuan untuk menggambarkan dan memahami fenomena atau masalah tertentu secara mendalam dan komprehensif. Metode ini lebih fokus pada pemahaman mendalam tentang konteks, makna, dan interpretasi dari suatu situasi atau fenomena (Merriam & Tisdell, 2016). Hasil penelitian diperoleh gambaran TPACK yang tepat pada materi metabolisme yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi guru.

Hasil dan Diskusi

1. Analisis Materi

Berdasarkan hasil analisis CoRes (*Content Representation*) pada ide besar 1 yaitu pengertian metabolisme, pengertian enzim, struktur enzim, sifat-sifat enzim, mekanisme kerja enzim (*lock and key theory* dan *induced fit theory*), dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja enzim. Pada ide besar 2 yaitu terdapat pengertian katabolisme, macam-macam katabolisme, prinsip serta tahapan respirasi aerob (glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus krebs, dan transport elektron), pengertian fermentasi, dan macam-macam fermentasi. Sedangkan, konsep yang terdapat pada ide besar 3 jauh lebih luas lagi yaitu pengertian anabolisme, macam-macam anabolisme (fotosintesis dan kemosintesis), prinsip fotosintesis, tempat berlangsungnya fotosintesis, tahap-tahap fotosintesis faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis, perbedaan reaksi terang dan reaksi gelap pada fotosintesis, dan prinsip kemosintesis. Konsep tersebut penting dipelajari siswa karena berkaitan dengan bagaimana dimanfaatkannya suatu proses di dalam tubuh sebagai komponen penting dalam susunan tubuh makhluk hidup.

Kesulitan siswa yang mungkin dialami pada saat belajar konsep ini yaitu konsep yang diajarkan cenderung abstrak, tidak kontekstual, pembelajaran akan cenderung *teacher-centered* karena materi yang termasuk sulit, serta siswa akan sulit dalam memahami dan membedakan masing-masing proses. Hal tersebut selaras dengan penelitian yang dilakukan yang mengungkapkan bahwa salah satu kesulitan peserta didik yaitu materi yang abstrak karena tidak dapat diamati secara langsung (Zulaiha, 2016). Pengetahuan awal yang harus dikuasai oleh siswa untuk mempermudah dalam mempelajari konsep ini adalah struktur dan organel sel, konsep metabolisme serta materi struktur dan fungsi jaringan tumbuhan serta metabolisme.

Faktor keberhasilan guru dalam menyampaikan konsep ini adalah dilihat dari pemilihan pendekatan, metode, dan model pembelajaran yang tepat serta ketersediaan media pembelajaran yang representatif. Pada penggunaan media pembelajaran dapat memaksimalkan penggunaan teknologi seperti video youtube, video pembelajaran animasi, dapat juga memanfaatkan website di internet sebagai sumber tambahan. Apabila teknologi tersebut tidak terdapat dalam sekolah, guru dapat secara konvensional menggunakan kunci dan gembok untuk menggambarkan kerja enzim pada peserta didik. Guru juga dapat

menggambarkan alur sintesis secara manual dan dibarengi penjelasan dengan bahasa yang digunakan singkat, jelas dan mudah dipahami. Cara mengetahui siswa memahami penjelasan konsep dapat dengan cara tes pengetahuan secara lisan maupun tulisan, dengan cara memberikan tes pengetahuan melalui google form yang berisikan soal pilihan ganda beserta jawaban yang dipilih.

2. Analisis Kurikulum

Materi biologi molekuler pada kurikulum 2013 mencakup sub-materi tentang metabolisme tercantum ke dalam jenjang SMA kelas XII. Dalam hal ini, metabolisme terfokus kepada tiga topik yaitu enzim, anabolisme, dan katabolisme. Sesuai dengan KD **3.2 Menjelaskan proses metabolisme sebagai reaksi enzimatik dalam makhluk hidup** maka keluasan dan kedalaman materi metabolisme sebagai berikut.

Tabel 1. Keluasan dan Kedalaman Pengetahuan

Keluasan	Kedalaman
Menjelaskan prinsip dasar enzim dan metabolisme sebagai reaksi enzimatik dalam makhluk hidup	Pengertian metabolisme, pengertian enzim, struktur enzim, sifat-sifat enzim, mekanisme kerja enzim (<i>lock and key theory</i> dan <i>induced fit theory</i>) dan faktor-faktor yang mempengaruhi kerja enzim
Menjelaskan proses katabolisme yang terdiri dari respirasi aerob dan respirasi anaerob/fermentasi menyangkut bahan, proses, tempat berlangsung dan hasilnya	Pengertian katabolisme, macam-macam katabolisme, prinsip serta tahapan respirasi aerob (glikolisis, dekarboksilasi oksidatif, siklus krebs dan transport elektron), pengertian fermentasi dan macam-macam fermentasi (fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat)
Menjelaskan proses anabolisme yang terdiri dari fotosintesis dan kemosintesis menyangkut bahan, proses, tempat berlangsung dan hasilnya	Pengertian anabolisme, macam-macam anabolisme (fotosintesis dan kemosintesis), prinsip fotosintesis, tempat berlangsungnya fotosintesis, tahap-tahap fotosintesis (reaksi terang dan reaksi gelap), faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis, perbedaan reaksi terang dan reaksi gelap pada fotosintesis, dan prinsip kemosintesis

Pada bagian keterampilan KD **4.2 Menyusun laporan hasil percobaan tentang mekanisme kerja enzim**. Keterampilan ini merupakan bagian penting dari pembelajaran ilmiah yang berfokus pada pemahaman lebih mendalam tentang enzim, katalisator biologis yang berperan dalam berbagai proses kimia di dalam organisme.

Tabel 2. Keluasan dan Kedalaman Kompetensi Keterampilan

Keluasan	Kedalaman
Menyusun laporan hasil percobaan tentang mekanisme kerja enzim, fotosintesis, dan respirasi anaerob	Melaksanakan percobaan uji coba enzim katalase, uji fermentasi alkohol, percobaan ingenhousz, dan percobaan sachs.

Dalam konteks ini, siswa akan terlibat dalam serangkaian kegiatan eksperimental yang dirancang untuk menguji dan mengamati mekanisme kerja enzim. Proses ini mendorong siswa untuk mengembangkan berbagai keterampilan, termasuk kemampuan

mengamati, merencanakan dan melaksanakan eksperimen dengan cermat. Selain itu, keterampilan berpikir analitis juga ditekankan dalam proses menyusun laporan hasil percobaan.

3. Analisis Pendekatan

Proses penerapan pendekatan saintifik. Pada hari pertama guru hanya mengajarkan metode, tidak ada kegiatan asosiasi dan komunikasi selama proses pembelajaran. Dan pada pertemuan kedua, proses pendekatan saintifik sudah mulai terlihat jelas. Kegiatan observasional ini ditunjukkan ketika siswa mendengar, memperhatikan, dan melihat kelompok lain melakukan demonstrasi. Kelompok demo menunjukkan gambar, kata-kata dan video tentang apa itu Metabolisme. Nuri (2018) melakukan hal yang sama dengan mengamati guru untuk membantu siswa mengamati sumber belajar dalam bentuk buku dengan membacakan materi, menunjukkan gambar/video, membimbing siswa untuk mendengarkan penjelasan guru dan presentasi kelompok lainnya.

Menurut Permendikbud Nomor 81 A Tahun 2013, tahapan 5M kegiatan metode ilmiah merupakan kegiatan kemahasiswaan. Sehingga kegiatan bertanya memberikan status kepada siswa sebagai subjek bertanya. Dalam kegiatan pengumpulan data, siswa menggunakan buku teks, internet, dan buku pedoman lainnya. Beberapa soal yang tidak dapat dijawab oleh siswa, dibantu oleh guru. Menurut Permendikbud Nomor 81A Tahun 2013, Kegiatan Pengumpulan Data Siswa dapat melakukan survei, percobaan, membaca sumber lain, mengamati objek atau kejadian, kegiatan dan wawancara untuk memperoleh informasi.

Selama kegiatan berjejaring, guru memberikan kesempatan kepada siswa untuk mencoba dan mengeksplorasi kemampuannya dalam menjawab pertanyaan teman. Pada saat ini, hubungan komunikasi antar mahasiswa untuk analisis data terlihat baik, berbeda dengan pertemuan pertama dimana sebagian besar mahasiswa bekerja secara mandiri. Kegiatan asosiatif yang dipelajari oleh Najakh (2018) dilakukan dengan memecahkan masalah pada buku pelajaran maupun masalah yang diberikan oleh guru, yang dapat dilakukan secara berkelompok maupun individu. Memungkinkan siswa memperoleh informasi tambahan dari internet atau buku lain, semua diperoleh dari tahap pengumpulan data. Sedangkan kegiatan asosiatif yang dikaji oleh Nuri (2018) dilakukan dengan cara menarik kesimpulan secara bersama-sama. Menurut Permendikbud No. 81 A Tahun 2013, kegiatan komunikasi dapat dilakukan dengan menyampaikan hasil pengamatan, kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis dan melalui media.

4. Analisis Model

Berbagai macam model pembelajaran mulai dari konvensional sampai dengan yang integratif digunakan pada materi metabolisme. Pembelajaran biologi bukan semata persoalan menceritakan, tetapi diharuskan untuk menciptakan kegiatan belajar yang aktif dan dapat menyenangkan bagi siswa sehingga pembelajaran biologi lebih bermakna. Semakin majunya ilmu pengetahuan, para pendidik sudah mulai berlomba-lomba untuk menciptakan suasana pembelajaran yang menyenangkan melalui model pembelajaran yang digunakan. Model pembelajaran merupakan rancangan pola pembelajaran yang dibuat guru agar pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa (Hasbullah, 2018). Widodo (2021) mendefinisikan model pembelajaran sebagai tata urutan logis untuk membelajarkan siswa.

Berdasarkan hasil pencarian literatur, didapatkan beberapa model yang banyak digunakan pada pembelajaran metabolisme diantaranya berupa *Problem Based Learning* (PBL) (Hasbullah, 2018; Aisyah, 2021)), *Group Investigation* (Fatimah, 2018; Nur, 2020), *Student Team Achievement Division* (STAD) (Firman, 2019; Ali, 2021), Model

Pembelajaran Inkuiri (Fais, 2015; Ardianti, 2016; Mashur, 2019), dan *Discovery Learning* (Wahab & Sundari, 2018; Sinaga, 2020; Abdurahman, 2021; Norita, 2023).

Model pembelajaran *Discovery Learning* banyak digunakan oleh guru pada pembelajaran metabolisme karena dianggap mengarahkan peserta didik untuk memahami konsep, arti, dan hubungan melalui proses intuitif untuk akhirnya sampai kepada suatu kesimpulan (Wahab & Sundari, 2018). Materi metabolisme juga cocok disandingkan dengan proses penyelidikan ilmiah yang sering disebut inkuiri yang tujuannya untuk mengembangkan kemampuan proses ilmiah siswa (Widodo, 2021). Tingkatan belajar yang paling tinggi adalah belajar pemecahan masalah. Belajar pemecahan masalah tujuan utamanya bukan untuk memecahkan masalah yang sedang dihadapi, tetapi mempelajari keterampilan memecahkan masalah sehingga apabila menghadapi masalah baru siswa dapat memecahkannya (Widodo, 2021). Sama seperti model pembelajaran sebelumnya, melalui penerapan model pembelajaran *Group Investigation* yang merupakan salah satu tipe model pembelajaran kooperatif juga diharapkan siswa mampu lebih aktif dalam memecahkan masalah, berdiskusi sesuai dengan kelompoknya dan pada akhir pembelajaran siswa mempresentasikan apa yang telah mereka temukan (Nur, 2020). Model pembelajaran kooperatif memang banyak digunakan oleh para guru, termasuk salah satunya tipe STAD yang mampu meningkatkan keterampilan sosial siswa dan hasil belajarnya karena dalam pembelajarannya dengan kelompok-kelompok kecil yang disusun secara heterogen (Firman, 2019).

5. Analisis Metode

Metode merupakan teknis untuk membelajarkan siswa, artinya siswa mendapatkan pelajaran melalui pelaksanaan metode pembelajaran. Walaupun suatu model tidak mempersyaratkan penggunaan metode tertentu, akan tetapi pemilihan metode hendaknya mempertimbangkan model. Misalnya, apabila guru akan menggunakan model inkuiri tentu saja metode ceramah bukanlah pilihan yang tepat. (Widodo, 2021). Metode yang digunakan dalam pembelajaran metabolisme yaitu metode diskusi, praktikum/praktik (Muhammad et al., 2014). Penelitian yang dilakukan oleh (Martini, 2016) menggunakan metode demonstrasi dalam membelajarkan materi metabolisme. Metode yang banyak digunakan guru dalam beberapa penelitian yaitu metode eksperimen (Hasna, 2014). Hal ini dikarenakan bahwa metode eksperimen dapat membantu peserta didik lebih aktif dalam proses pembelajaran. Selain itu, metode ini juga membantu siswa dalam menemukan sendiri dan mengkonstruksi pengetahuan melalui eksperimen yang dilakukan oleh peserta didik.

6. Analisis Media

Media pembelajaran mengacu pada segala bentuk sarana atau alat yang digunakan oleh pendidik untuk memfasilitasi proses pembelajaran dengan tujuan mendukung pemahaman dan pengajaran materi pelajaran secara efektif (Arends & Kilcher, 2019). Media pembelajaran melibatkan penggunaan berbagai jenis media, seperti gambar, audio, video, serta alat bantu presentasi untuk meningkatkan interaksi dan pemahaman siswa terhadap materi pelajaran. Media pembelajaran dapat membantu mengatasi variasi gaya belajar siswa dan memberikan visualisasi yang lebih jelas serta menghidupkan materi pelajaran (Mayer, 2014). Media membantu guru dalam menjelaskan materi sehingga diperlukan analisis media pembelajaran sebelum dirancang (Apriyeni & Utari, 2021; Gusti & Syamsurizal, 2021; Gusti dkk, 2022; Dewi dkk, 2019). Penggunaan media pembelajaran yang tepat dapat meningkatkan daya serap dan retensi informasi siswa, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif.

Media yang digunakan dalam pembelajaran metabolisme berdasarkan analisis RPP guru yaitu Foto/video tentang metabolisme, Worksheet atau lembar kerja (siswa), Lembar penilaian, PPT. Penelitian juga telah banyak melakukan pengembangan media pembelajaran pada materi metabolisme dengan tujuan membantu guru dalam mengajarkan materi tersebut. Adapun pengembangan media yang telah dilakukan yaitu game edukasi, komik, e-learning, virtual laboratorium, booklet, multimedia, LKPD, Augmented Reality. Semua media tersebut dapat berfungsi dengan baik apabila digunakan pada konten yang tepat. Sehingga guru dituntut untuk mampu menggunakan media secara tepat dalam pembelajaran.

Kesimpulan

Analisis TPACK pada materi metabolisme di SMA dapat digunakan guru untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik dan memaksimalkan proses pembelajaran di kelas. Dengan penggunaan pendekatan, model, metode, dan media yang tepat akan menghasilkan pembelajaran yang aktif dan menyenangkan. Selain itu, analisis materi dengan Cores dan analisis kurikulum perlu dilakukan untuk memaksimalkan pembelajaran.

Daftar Pustaka

- Abdurahman, A. (2021). Upaya Peningkatan Keaktifan dan Prestasi Belajar Siswa dengan Menerapkan Model Pembelajaran Discovery pada Mata Pelajaran Biologi Materi Metabolisme Sel di SMAN 1 Palibelo Semester 1 Tahun Pelajaran 2020/2021. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 1(2), 286–304. <https://doi.org/10.53299/jppi.v1i2.60>
- Aisyah, S. (2021). Meningkatkan penguasaan materi metabolisme mata pelajaran biologi dengan menggunakan model problem based learning madrasah aliyah negeri sampang. *Jurnal Ekonomi Syairah Dan Hukum Islam*, 4, 2722–8460.
- Ali, J. (2021). Penerapan Metode Pembelajaran Kooperatif Tipe STAD untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Prestasi Belajar Proses Metabolisme Pada Siswa Kelas XII IPA-1. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 82–94. <https://doi.org/10.51878/learning.v1i1.195>
- Apriyeni, O., & Gusti, U. A. (2021). Urgensi Pengembangan Booklet tentang Materi Bakteri untuk Siswa Kelas X SMA. *Journal Of Biology Education*, 4(1), 23.
- Ardianti, S. D. (2016). Pengaruh Modul Tematik Inquiry-Discovery Terhadap Hasil Belajar Siswa Materi Metabolisme Pembentuk Bioenergi. *REFLEKSI EDUKATIKA*, 5(2). <https://doi.org/10.24176/re.v5i2.584>
- Arends, R. I., & Kilcher, A. (2019). Teaching for student learning: Becoming an accomplished teacher. *Routledge*.
- Chang, M. C., Shaeffer, S., Al-Samarrai, S., Ragatz, A. B., de Ree, J., & Stevenson, R. (2013). Indonesia as a case study for comprehensive teacher reform. In *Teacher Reform in Indonesia: The Role of Politics and Evidence in Policy Making* (pp. 13–37). The World Bank. http://dx.doi.org/10.1596/978-0-8213-9829-6_ch1
- Dewi, C. S., Suprpto, P. K., & Badriah, L. (2019). Peranan media sparkol videoscibe terhadap hasil belajar kognitif siswa lintas minat biologi. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 4(2), 93-100.
- Fais, A. (2015). Pengembangan perangkat pembelajaran materi metabolisme dengan menggunakan model inkuiri terbimbing di SMA Alhikmah Surabaya.

- Fatimah, S. (2018). Peningkatan keterampilan proses sains dan hasil belajar metabolisme melalui group investigation. *Jurnal Penelitian Pendidikan Indonesia (JPPI)*, 3(1).
- Firman, F. (2019). Peningkatan Hasil Belajar Biologi Materi Proses Metabolisme Organisme dengan Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Stad (Student Team Achievement Divition) pada Siswa Kelas XII MIPA1 SMA Negeri 2 Barru, Kabupaten Barru. *Jurnal Pemikiran dan Pengembangan Pembelajaran*, 1(1).
- Gusti, U. A., & Syamsurizal, S. (2021). Analisis urgensi pengembangan booklet pada materi struktur dan fungsi jaringan tumbuhan kelas XI SMA/MA. *Borneo Journal of Biology Education (BJBE)*, 3(1), 59-66.
- Gusti, U. A., & Syamsurizal, S. (2021). Validity Test of Plant Tissue Structure and Function Booklet for Students in Grade XI Senior High School.
- Gusti, U. A., Rahmi, A. S., Sunandar, A., & Rahmat, A. (2023). Analisis TPACK (Technological, Pedagogical, And Content Knowledge) pada Materi Bioteknologi SMA/MA. *Biology and Education Journal*, 3(1), 65-75.
- Gusti, U.A., Rismawati, R., Artha, H. W., & Noviandri, N. (2022). Analisis Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Literasi Lingkungan untuk Peserta Didik Sekolah Dasar. *IBERS: Jurnal Pendidikan Indonesia Bermutu*, 1(1), 1-7.
- Handayani, T., Aprilia, N., Susanti, A., & Alpendi, A. (2023). Analisis technological pedagogical content knowledge (tpack) calon guru biologi universitas ahmad dahlan. *BIODEUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 14(1), 16–20. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24127/bioedukasi.v14i1.7769>
- Hasbullah, H. (2018). Peningkatan Hasil Belajar Kognitif Biologi Menggunakan Model Problem Base Learning Berbasis Powtoon Siswa Kelas XII IPA 7 SMAN 1 Metro Semester Ganjil Tahun Pelajaran 2017/2018. *BIOEDUKASI (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 9(2), 124. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v9i2.1623>
- Hasna, H. (2014). Penerapan Metode Eksperimen Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pelajaran Biologi Materi Metabolisme Sel Dengan Menggunakan Percobaan Sach Dan Percobaan Ingenhouzs. *Jurnal Serambi Ilmu*, 15(1).
- Kaplon-Schilis, A., & Lyublinskaya, I. (2015). Exploring Changes in Technological Knowledge (TK), Pedagogical Knowledge (PK), Content Knowledge (CK) and TPACK of Pre-service, Special Education Teachers Taking Technology-based Pedagogical Course. *Conference: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference At: Las Vegas, NV, 1*.
- Martini, S. (2016). Metode Demonstrasi Interaktif Berbasis Inkuiri dalam Pembelajaran Konsep Metabolisme pada Siswa Kelas XII SMA Angkasa Bandung. *Jurnal Mangifera Edu*, 1(1).
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori Belajar Konstruktivisme dan Implikasinya dalam Pendidikan dan Pembelajaran. *GHAITSA: Islamic Education Journal*, 2(1).
- Mashur, M. A. (2019). *Pengembangan modul belajar inkuiri terbimbing berbantuan multimedia pada materi metabolisme sel dan pengaruhnya terhadap literasi sains, keterampilan berpikir kritis, serta hasil belajar siswa kelas XII SMA*.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Merriam, S. B., & Tisdell, E. J. (2016). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. John Wiley & Sons.

- Muhammad, N., Djufri, D., & Muhibbuddin, M. (2014). Penerapan model concept attainment terhadap hasil belajar siswa pada materi metabolisme. *Biologi Edukasi: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 6(1).
- Norita, M. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Pada Pembelajaran IPA Untuk Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Siswa Kelas VIII E di SMPN 12 Kota Bengkulu. *LEARNING: Jurnal Inovasi Penelitian Pendidikan Dan Pembelajaran*, 2(4), 351–361. <https://doi.org/10.51878/learning.v2i4.1792>
- Nur, E. (2020). Peningkatan Hasil Belajar Siswa Melalui Model Pembelajaran Group Investigation Pada Materi Metabolisme Kelas XII MIPA 1 SMA Negeri 1 Makassar. *Binomial*, 3(2), 27–38. <https://doi.org/10.46918/binomial.v3i2.668>
- Rizka, C., Harahap, F., & Edi, S. (2017). *Analisis kebutuhan mahasiswa pada mata kuliah bioteknologi di universitas negeri medan*.
- Rosalina, L. (2021). *Meningkatkan Kemampuan Analisis Peserta Didik pada Materi Sistem Saraf melalui Pembelajaran Blended Learning berbasis TPACK* (Doctoral dissertation, FKIP UNPAS).
- Saparuddin, S., Lestari, U., & Suarsini, E. (2021). Persepsi dan Kebutuhan Mahasiswa Calon Guru Biologi terhadap Media Pembelajaran Bioteknologi. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 6(5), 720. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i5.14782>
- Sinaga, S. (2020). Penerapan Model Pembelajaran Discovery Learning Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dan Hasil Belajar Biologi Siswa Kelas VIII-6 SMP Negeri 1 Tebing Tinggi. *School Education Journal PGSD FIP UNIMED*, 10(4), 379–388. <https://doi.org/10.24114/sejgsd.v10i4.20960>
- Suyamto, J., Masykuri, M., & Sarwanto, S. (2020). Analisis Kemampuan TPACK (*Technoligical, Pedagogical, and Content, Knowledge*) Guru Biologi Sma Dalam Menyusun Perangkat Pembelajaran Materi Sistem Peredaran Darah. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(1), 46. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i1.41381>
- Wahab, N., & Sundari, S. (2018). Model discovery learning dalam pembelajaran biologi metabolisme untuk meningkatkan aktivitas sains dan hasil belajar siswa kelas xii-ipa i di sma negeri 4 kota ternate. *Seminar Nasional Biologi Kepulauan, 1*.
- Wasdili, F. A. Q., Romlah, S., & Novilla, A. (2020). *Pengenalan Materi Biologi Molekuler Melalui Pemeriksaan PCR (Polymerase Chain Reaction) Pada Siswa Sekolah Menengah Atas di Kabupaten Bandung Barat*.
- Widodo, A. (2021). *Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam: Dasar-dasar untuk Praktik*. UPI Press.
- Zulaiha, S. (2016). Pendekatan contextual teaching and learning (CTL) dan implementasinya dalam rencana pembelajaran PAI MI. *BELAJEA: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(1).