



JURNAL PENDIDIKAN, SOSIAL DAN HUMANIORA

Available online at <https://teewanjurnal.com/index.php/carong>

eISSN: [3089-2082](#) & pISSN:

Vol. 1, No. 4, Tahun 2025

Hal. 567-579

doi.org/10.62710/carong.xxix

Pengembangan Model Pembelajaran *Problem Based Learning* (Pbl) Terintegrasi Artificial Intelligence Untuk Meningkatkan Literasi Sains Dan Keterampilan Vokasional Siswa

Setria Majuita¹, Lukman El Hakim², Rizhal Hendi Ristanto³

Universitas Negeri Jakarta¹

Universitas Negeri Jakarta²

Universitas Negeri Jakarta³

*Email Korespodensi: setriamajuita@gmail.com

Sejarah Artikel:

Diterima 18-11-2025

Disetujui 21-11-2025

Diterbitkan 30-12-2025

ABSTRACT

21st century education demands innovation in learning models that can develop critical thinking, collaborative, creative, and digital literacy skills. In the context of vocational education, particularly chemistry learning in vocational high schools, the main challenges lie in low student engagement and limited application of technology in the learning process. This study aims to examine and develop an Artificial Intelligence (AI)-integrated Problem-Based Learning (PBL) model as an innovative alternative relevant to 21st-century learning needs. The study uses a library research method by examining various scientific sources such as journals, books, and previous research results focusing on the application of PBL and AI in education. The results of the study show that the integration of PBL with AI can improve the effectiveness of chemistry learning in vocational schools through contextual, interactive, and adaptive learning experiences. This model is able to encourage the development of science literacy, vocational skills, and student readiness for work through the application of smart technology in solving real problems. The implementation of this model requires an increase in teachers' capacity in digital literacy and AI-based learning design. It is recommended that vocational schools gradually adopt an AI-based PBL learning approach with the support of teacher training and adequate technological infrastructure in order to realize innovative, effective, and highly competitive chemistry learning in the digital age.

Keywords: Problem-Based Learning; Artificial Intelligence; Science Literacy; Vocational Skills.

ABSTRAK

Pendidikan abad ke-21 menuntut inovasi dalam model pembelajaran yang mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, serta literasi digital. Dalam konteks pendidikan vokasional, khususnya pembelajaran kimia di SMK, tantangan utama terletak pada rendahnya keterlibatan siswa dan keterbatasan penerapan teknologi dalam proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengembangkan model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) terintegrasi Artificial Intelligence (AI) sebagai alternatif inovatif yang relevan dengan kebutuhan pembelajaran abad ke-21. Penelitian menggunakan metode *library research* dengan menelaah berbagai sumber

ilmiah seperti jurnal, buku, dan hasil penelitian terdahulu yang berfokus pada penerapan PBL dan AI dalam pendidikan. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi PBL dengan AI dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran kimia di SMK melalui pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan adaptif. Model ini mampu mendorong pengembangan literasi sains, keterampilan vokasional, serta kesiapan kerja siswa melalui penerapan teknologi cerdas dalam penyelesaian masalah nyata. Implementasi model ini menuntut peningkatan kapasitas guru dalam literasi digital dan desain pembelajaran berbasis AI. Disarankan agar sekolah vokasional mengadopsi pendekatan pembelajaran berbasis PBL-AI secara bertahap dengan dukungan pelatihan guru dan infrastruktur teknologi yang memadai guna mewujudkan pembelajaran kimia yang inovatif, efektif, dan berdaya saing tinggi di era digital.

Kata Kunci: *Problem-Based Learning*; Artificial Intelligence; Literasi Sains; Keterampilan Vokasional.

PENDAHULUAN

Hasil asesmen internasional menunjukkan bahwa pencapaian literasi sains pelajar Indonesia masih tertinggal dibandingkan banyak negara, sehingga memperlihatkan kebutuhan mendesak untuk inovasi pedagogis. Temuan PISA 2018 menempatkan skor sains Indonesia jauh di bawah rata-rata OECD dan menyoroti rendahnya proporsi siswa yang mencapai level keterampilan sains menengah ke atas, sebuah sinyal bahwa kemampuan siswa mengaplikasikan pengetahuan sains pada masalah dunia nyata perlu ditingkatkan (OECD, 2019)

Dalam konteks pendidikan vokasional (SMK), tantangan tersebut menjadi lebih kompleks lulusan SMK tidak hanya membutuhkan literasi sains, tetapi juga keterampilan vokasional yang relevan dengan kebutuhan industri (technical skills, safety, problem solving dan digital literacy). Laporan UNESCO-UNEVOC dan kajian kebijakan nasional menegaskan perlunya kurikulum dan metode pembelajaran yang lebih kontekstual dan “link-and-match” dengan dunia kerja agar lulusan siap menghadapi tuntutan industri modern (Unesco-Unevoc, 2020)

Pendidikan kimia di SMK sering menghadapi kendala khusus, konsep yang bersifat abstrak, keterbatasan fasilitas laboratorium dan kecenderungan pembelajaran berorientasi hafalan sehingga sulit membangun kemampuan aplikatif dan pemecahan masalah. Oleh sebab itu diperlukan model pembelajaran yang menempatkan masalah autentik dan praktik kontekstual sebagai pusat proses pembelajaran agar konsep kimia menjadi bermakna bagi aktivitas vokasional (Arsyad et al., 2024)

Problem-Based Learning (PBL) muncul sebagai salah satu pendekatan yang relevan karena menempatkan masalah nyata sebagai pemicu pembelajaran—mendorong siswa melakukan investigasi, kolaborasi, dan refleksi sehingga cocok untuk membangun literasi sains serta keterampilan pemecahan masalah ilmiah. Berbagai kajian sistematis dan penelitian empiris pada pembelajaran kimia menunjukkan bahwa PBL efektif meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi, pemecahan masalah, dan transfer konsep bila dilaksanakan dengan scaffolding yang memadai (Laila, 2024)

Implementasi PBL bukan tanpa kendala: PBL membutuhkan sumber belajar yang kaya, monitoring guru yang intensif, waktu lebih panjang, dan kemampuan manajemen kelas untuk memfasilitasi kelompok belajar. Keterbatasan infrastruktur dan variasi kompetensi guru di SMK seringkali menghambat skala dan kualitas implementasi PBL sehingga perlu adanya mekanisme pendukung agar PBL dapat berjalan efektif di konteks vokasional (Arifiani et al., 2025)

Perkembangan Artificial Intelligence (AI) di bidang pendidikan menawarkan peluang besar untuk mengatasi beberapa keterbatasan PBL: sistem tutoring cerdas (ITS), chatbot edukatif, platform adaptive learning, dan simulasi laboratorium virtual dapat menyediakan scaffolding, umpan balik real-time, personalisasi materi, serta analitik pembelajaran yang membantu guru memantau perkembangan

siswa secara efisien. Tinjauan sistematis terbaru menegaskan bahwa AIED berpotensi meningkatkan efektivitas pembelajaran apabila integrasinya dirancang secara pedagogis (Wang et al., 2024)

Secara spesifik untuk pendidikan kimia, literatur mutakhir menunjukkan penggunaan AI pada simulasi eksperimen, analisis data eksperimen, pengenalan citra (mis. warna larutan/hasil reaksi), dan tutor virtual yang dapat menjelaskan konsep kimia atau memandu prosedur laboratorium skala kecil. Kajian khusus pada aplikasi AI dalam pendidikan kimia mengindikasikan bahwa AI tidak hanya berperan sebagai alat, tetapi juga menjadi bagian kurikulum yang membekali siswa dengan literasi teknologi yang relevan untuk dunia industri (Erümit & Sarialioğlu, 2025)

Integrasi PBL dan AI (AI-supported PBL) menjanjikan sinergi PBL menyediakan konteks autentik dan aktivitas investigatif, sedangkan AI menyediakan scaffolding digital (simulasi, feedback adaptif, sumber data terkurasi) yang mempercepat proses investigasi dan mengurangi beban logistik. Dalam konteks SMK, kombinasi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan literasi sains tetapi juga memperkuat keterampilan vokasional misalnya kemampuan troubleshooting peralatan, analisis kualitas produk, dan penerapan protokol keselamatan yang dapat dimodelkan melalui skenario PBL berbasis simulasi AI (Lin et al., 2023)

Meski potensi tersebut besar, kajian literatur juga menunjukkan adanya kekurangan penelitian empiris yang mengembangkan dan memvalidasi model pembelajaran PBL terintegrasi AI khusus untuk konteks SMK/vokasional terutama penelitian yang menguji efeknya pada literasi sains sekaligus keterampilan vokasional secara terpadu. Di Indonesia, sementara penelitian PBL pada pembelajaran kimia relatif berkembang, studi yang benar-benar memformalkan integrasi AI ke dalam desain PBL untuk SMK masih relatif terbatas dan butuh pengembangan model yang kontekstual, terukur, serta mudah diterapkan (Muhammad Habib Ash Shiddiqi et al., 2025)

Peneliti ingin melakukan penelitian literatur tentang pengembangan Model Pembelajaran Problem-Based (PBL) Terintegrasi Artificial Intelligence untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Vokasional Siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini disusun menggunakan metode kepustakaan (*library research*) dimana metode ini dilakukan dengan menghimpun berbagai sumber data yang didapat dari referensi bacaan yang relevan (Evanirosa, 2022). Metode kepustakaan digunakan untuk memperoleh landasan teoritis yang kuat mengenai pengembangan model pembelajaran Problem-Based Learning (PBL) yang terintegrasi dengan Artificial Intelligence (AI) dalam upaya meningkatkan literasi sains dan keterampilan vokasional siswa. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah menyusun model konseptual berdasarkan hasil kajian dan sintesis teori dari berbagai penelitian sebelumnya, bukan melalui eksperimen lapangan. Dalam penelitian kepustakaan, data yang dikumpulkan bersumber dari buku-buku ilmiah, jurnal nasional dan internasional bereputasi, prosiding konferensi, laporan penelitian, serta dokumen resmi pendidikan yang membahas tentang model PBL, integrasi AI dalam pendidikan, literasi sains, serta pembelajaran vokasional. Penelusuran literatur dilakukan melalui basis data elektronik seperti Google Scholar, ScienceDirect, Springer Link, ERIC, ResearchGate, dan DOAJ.

Langkah-langkah penelitian kepustakaan ini meliputi empat tahapan utama, yaitu:

1. Identifikasi sumber literatur, dengan menentukan kriteria literatur yang relevan, kredibel, dan terkini.
2. Pengumpulan data pustaka, yaitu mengunduh, membaca, dan mencatat informasi penting dari setiap sumber yang berhubungan dengan variabel penelitian.
3. Analisis dan sintesis isi, yakni menelaah secara mendalam gagasan, hasil penelitian, dan teori dari berbagai sumber untuk menemukan pola, hubungan, serta kesenjangan penelitian yang ada.
4. Perumusan model konseptual, yaitu menyusun model pembelajaran PBL terintegrasi AI berdasarkan hasil sintesis teori dan bukti empiris dari berbagai literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Konsep Dasar Pembelajaran Abad ke-21 dan Pendidikan Vokasional

a. Tantangan Pendidikan Abad ke-21

Pembelajaran abad ke-21 menuntut peserta didik memiliki kompetensi yang lebih dari sekadar penguasaan konten. Di era globalisasi, digitalisasi dan perubahan cepat di dunia kerja, pendidikan harus menyiapkan siswa untuk menghadapi ketidakpastian, kompleksitas, dan persaingan internasional. Menurut studi, kerangka kompetensi abad ke-21 Indonesia mencakup aspek 4C: *critical thinking*, *creative thinking*, *collaboration*, dan *communication*, serta literasi teknologi/informasi dan karakter (Afandi et al., 2019)

Salah satu tantangan adalah integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam pembelajaran: guru dan sekolah harus mampu memanfaatkan media digital, adaptasi metode, dan mengembangkan literasi digital siswa. Dalam konteks Indonesia, artikel menyebutkan bahwa keterampilan abad ke-21 belum sepenuhnya terintegrasi secara efektif di sekolah menengah (Sumanik & Indrawati, 2024)

Kurikulum di Indonesia telah mencoba menyesuaikan dengan tuntutan ini, seperti dalam implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pengembangan karakter dan kompetensi abad ke-21. Namun, banyak sekolah menghadapi kendala seperti kesiapan infrastruktur, kompetensi guru, dan budaya belajar yang masih berpusat pada guru (Saa, 2024)

Dalam pembelajaran sains khususnya, integrasi pendekatan seperti STEM (Science-Technology-Engineering-Mathematics) telah terbukti mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21. penelitian literatur di Indonesia menunjukkan bahwa pendekatan STEM (termasuk PBL, inquiry) sangat berhubungan dengan peningkatan kemampuan *critical thinking*, *communication*, *collaboration*, *creativity* (Lafifa et al., 2023)

Pendidikan abad ke-21 menuntut transformasi dari pembelajaran tradisional menuju pembelajaran yang lebih aktif, berbasis proyek, berbasis teknologi, kontekstual, dan berpusat pada siswa. Sekolah harus mampu mengadaptasi metode dan lingkungan belajar agar siswa tidak hanya menghafal, tetapi juga berpikir, bekerja sama, berkomunikasi, dan mengolah informasi di era digital.

b. Karakteristik Pendidikan Vokasional

Pendidikan vokasional (termasuk sekolah menengah kejuruan atau SMK) memiliki karakteristik khusus berbeda dengan pendidikan umum. Tujuannya adalah menyiapkan peserta didik untuk langsung masuk ke dunia kerja atau industri, sehingga aspek keterampilan teknis (technical skills), keterampilan kognitif, dan sikap kerja (work ethic) menjadi sangat penting. Sebuah kajian menyatakan bahwa pendidikan vokasional di Indonesia harus menyesuaikan dengan kebutuhan dunia kerja melalui *link and match*, kolaborasi industri, dan kurikulum yang relevan (Loso Judijanto, 2024)

Karakteristik umum pendidikan vokasional meliputi:

- a) Penekanan pada praktik dan pengalaman kerja langsung, bukan hanya teori.
- b) Kurikulum yang berorientasi kompetensi dan kebutuhan industri.
- c) Kolaborasi antara sekolah, industri, dan dunia kerja untuk memastikan keterkaitan antara pembelajaran dan lapangan.
- d) Fokus pada hasil kerja yang dapat digunakan oleh lulusan (employability), bukan hanya kelulusan akademis.
- e) Keterkaitan antara teknologi, inovasi, dan adaptasi terhadap perubahan sektor industri.

Pendidikan vokasional di Indonesia menghadapi sejumlah masalah. Misalnya, fasilitas yang belum memadai, guru kurang terlatih dalam praktik industri, dan kurangnya keterkaitan nyata dengan dunia kerja. Studi menyebutkan bahwa “some of the challenges faced were the inadequate facilities, teachers and industry support.” (Pambudi, 2020)

Salah satu ulasan menyatakan bahwa pendidikan vokasional harus dikembangkan agar relevan dengan pengembangan manusia produktif, kreatif, dan inovatif tidak sekadar menghasilkan lulusan yang siap kerja, tapi juga mampu beradaptasi dan mengembangkan diri. Pendidikan vokasional idealnya menciptakan ekosistem pembelajaran yang sangat kontekstual dengan dunia kerja, mengintegrasikan teknologi terkini, mendorong kolaborasi industri-akademia, dan menumbuhkan sikap profesional serta adaptif pada siswa.

c. Tantangan Pembelajaran Kimia di SMK

Pembelajaran kimia di tingkat SMK menghadapi sejumlah tantangan yang spesifik, terutama karena sifat materi kimia yang abstrak, kebutuhan laboratorium atau alat praktikum, dan tekanan untuk menghubungkan teori dengan praktik vokasional. Sebuah penelitian di sekolah kejuruan menunjukkan bahwa guru kimia mengalami kendala dalam mengimplementasikan kurikulum karena keterbatasan media dan laboratorium (Lestari et al., 2025)

Dalam konteks SMK, guru kimia harus membekali siswa tidak hanya dengan pengetahuan kimia, tetapi dengan keterampilan vokasional yang terkait misalnya mengolah bahan kimia rumah tangga, analisis produksi industri skala kecil, atau pengelolaan keselamatan kerja. Namun banyak penelitian menyebut bahwa pembelajaran masih sering bersifat transaksional (guru menjelaskan, siswa mencatat) dan kurang melibatkan kerja praktis yang kontekstual (Sumanik & Indrawati, 2024)

Pendekatan pembelajaran seperti *Learning Cycle 4E-RE* telah dicoba untuk SMK namun menunjukkan bahwa ada hambatan seperti variabilitas kompetensi siswa, kekurangan fasilitas dan kurangnya persiapan guru (Dinihari et al., 2021). Konteks vokasional menuntut pembelajaran kimia yang lebih aplikatif dan terhubung dengan dunia industri. Namun satu ulasan menyatakan bahwa masih banyak sekolah vokasional yang belum berhasil menjembatani gap antara teori kimia dan praktik industri, sehingga lulusan masih belum siap kerja sesuai harapan (Punuh et al., 2023)

II. Problem Based Learning (PBL)

a. Pengertian Problem Based Learning (PBL)

Metode pembelajaran berbasis masalah (PBL) membantu siswa meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kemampuan memecahkan masalah, dan kemampuan belajar mandiri dengan menggunakan masalah dalam dunia nyata. Menurut Arend (Arends, 2012) *Problem Based Learning* merupakan model pembelajaran yang menyajikan masalah-masalah nyata sebagai konteks bagi peserta didik untuk belajar berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah serta memperoleh pengetahuan yang esensial. Pembelajaran berbasis masalah adalah pendekatan pembelajaran yang menekankan pada proses penyelesaian masalah secara ilmiah, melatih siswa berpikir sistematis dan kritis terhadap fenomena yang sedang dipelajari (Tibahary, A. R., & Muliana, 2018)

PBL merupakan suatu pendekatan pembelajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi peserta didik untuk belajar tentang cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang esensial dari materi pelajaran. PBL merupakan pembelajaran berdasarkan teori kognitif yang didalamnya termasuk teori belajar konstruktivisme (Hermansyah, 2020)

b. Tujuan Model Pembelajaran Problem Based Learning

Tujuan utama pembelajaran ialah memfasilitasi perolehan pengetahuan dan keterampilan, sehingga mendorong terjadinya transformasi perilaku peserta didik, baik kualitas maupun kuantitasnya. Perubahan perilaku mencakup beberapa aspek seperti perolehan informasi, pengembangan keterampilan, dan kepatuhan terhadap standar masyarakat, yang semuanya secara kolektif membentuk sikap siswa.

Tujuan utama model pembelajaran berbasis masalah adalah untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis, analitis, sistematis dan logis siswa dengan memetakan data empiris untuk mencari solusi atau permasalahan guna meningkatkan sikap ilmiah. Model pembelajaran berbasis masalah juga meningkatkan kemandirian belajar dan keterampilan sosial sehingga siswa dapat secara kolaboratif menemukan informasi, strategi, dan sumber belajar yang tepat untuk memecahkan suatu masalah.

Menurut Arends, PBL adalah model pembelajaran yang menempatkan siswa pada masalah autentik sehingga mereka dapat:

- Menyusun pengetahuan sendiri
- Menumbuhkan keterampilan belajar mandiri
- Bekerja dalam kelompok untuk mencari solusi

- d. Mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Arends, 2013)

c. Manfaat Model Pembelajaran Problem Based Learning

Model PBL juga mempunyai berbagai manfaat yaitu:

- Meningkatkan retensi memori dan meningkatkan pemahaman komprehensif tentang materi pelajaran difasilitasi melalui pengalaman belajar yang lebih mendalam, di mana murid diberi kesempatan untuk mengajukan pertanyaan dan terlibat dalam pembelajaran mendalam. Dengan demikian, murid bisa menangkap materi dengan lebih efektif.
- Meningkatkan konsentrasi pada bidang pengetahuan terkait.
- Menumbuhkan watak berpikir kritis dan kontemplasi reflektif pada diri murid.
- Memelihara pengembangan kerja tim, kepemimpinan, dan bakat sosial.
- Membina perolehan dan penyempurnaan keterampilan belajar yang penting.
- Menginspirasi murid dengan menyoroti potensi pendekatan pedagogi problem based learning untuk meningkatkan minat dan keterlibatan (Amir, 2016)

d. Karakteristik Model Pembelajaran Problem Based Learning

Menurut Departemen Pendidikan nasional, ciri utama model pembelajaran berbasis masalah adalah memusatkan perhatian pada suatu masalah atau pertanyaan yang bersifat otentik, interdisipliner, memerlukan kolaborasi penelitian dan menghasilkan suatu produk. Dalam model pembelajaran berbasis masalah, masalah menjadi titik tolak pemahaman konsep dan prinsip serta peningkatan keterampilan pemecahan masalah.

Model Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) adalah serangkaian kegiatan pembelajaran di mana siswa harus menyelesaikan rangkaian tugas yang melibatkan keterlibatan aktif. Dalam PBL, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan dengan mendengarkan dan mencatat informasi. Sebaliknya, dalam pembelajaran berbasis masalah, siswa perlu terlibat secara aktif dalam proses berpikir, berkomunikasi, mencari, serta mengolah informasi untuk kemudian sampai pada kesimpulan.

Untuk mengatasi masalah tersebut disarankan menerapkan pembelajaran berbasis masalah, model ini mengedepankan peran sentral masalah dalam proses pembelajaran. Dalam konteks ini, proses belajar tidak dapat terjadi tanpa adanya masalah yang menjadi fokusnya. Penyelesaian masalah dilakukan dengan menerapkan pemikiran yang bersifat ilmiah, yang mencakup kedua jenis pemikiran, yakni deduktif dan induktif. Proses kognitif dilakukan secara empiris dan metodis. Metodologi empiris memerlukan pemecahan masalah berlandaskan fakta dan bukti yang bisa diverifikasi, sedangkan metodologi sistematis melibatkan penerapan penalaran ilmiah melalui serangkaian proses yang terstruktur (Sanjaya, 2009)

e. Prinsip-Prinsip dalam Problem Based Learning

Ada beberapa prinsip yang membentuk praktik pembelajaran berbasis masalah. Menurut (Smith et al., 2022), dasar model pembelajaran PBL adalah:

- Adanya masalah yang harus diselesaikan. Prinsip utama ini, menurut Hosnan, berfungsi sebagai alat untuk meningkatkan pengetahuan peserta didik dan keterampilan berpikir kritis mereka sehingga mereka dapat menyelesaikan masalah sehari-hari.
- Belajar adalah proses pembangunan, bukan penerimaan. Guru meminta siswa menemukan jawaban atas masalah mereka sendiri. Guru hanya membantu siswa menyelesaikan masalah dan meningkatkan pengetahuan mereka secara individu, berpasangan, atau berkelompok.
- Proses pembelajaran dipengaruhi oleh pengetahuan tentang pengetahuan (metakognisi). Metakognisi merupakan keterampilan inti belajar seperti menentukan tujuan, memilih strategi, dan mengevaluasi tujuan dalam pembelajaran berbasis masalah. Keberhasilan pemecahan masalah dan belajar bergantung pada kemampuan metakognitif siswa.
- Guru hanya membantu, bukan memberikan semua informasi yang dibutuhkan siswa untuk

memecahkan masalah. Peserta didik diberi kesempatan untuk mencari sendiri, yang akan membantu mereka belajar dan meningkatkan kemampuan mereka untuk berpikir kritis.

- e) Kondisi sosial dan kontekstual mempengaruhi pembelajaran. Peserta didik dilatih untuk memahami pengetahuan dan menerapkannya dalam proses pemecahan masalah kontekstual dan sosial selama PBL.

f. Langkah-langkah Model Problem Based Learning

Langkah-langkah Model Pembelajaran Berbasis Masalah yang diusulkan oleh ahli pendidikan Amerika John Dewey. Berikut ini adalah enam langkah pembelajaran berbasis masalah yang dia tunjukkan:

1. Merumuskan masalah
Guru membimbing siswa untuk menentukan masalah mana yang akan dipecahkan selama pembelajaran, meskipun sebenarnya guru telah menetapkan masalah tersebut.
2. Menganalisis masalah
langkah di mana siswa meninjau masalah secara kritis dari berbagai sudut pandang.
3. Merumuskan hipotesis
langkah di mana siswa merumuskan berbagai kemungkinan solusi berdasarkan pengetahuan yang mereka miliki.
4. Mengumpulkan data
langkah di mana siswa mencari dan menjelaskan berbagai informasi yang diperlukan untuk memecahkan masalah.
5. Pengujian hipotesis
langkah di mana siswa merumuskan dan mengambil kesimpulan berdasarkan apakah hipotesis diterima atau tidak.
6. Merumuskan rekomendasi pemecahan masalah
langkah di mana siswa menjelaskan rekomendasi apa yang dapat dilakukan berdasarkan rumusan hasil pengujian hipotesis dan rumusan kesimpulan (Syamsidah, S., & Hamidah, 2018)

g. Sintaks Model Pembelajaran Problem Based Learning

Sintaks Pembelajaran berbasis Masalah (PBL) adalah langkah-langkah atau prosedur yang digunakan dalam mengimplementasikan pendekatan pembelajaran ini, yang berfokus pada pemecahan masalah sebagai cara untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa. Berikut merupakan sintaks Model Pembelajaran Problem Based Learning (Syamsidah, S., & Hamidah, 2018)

- a) Fase Pendahuluan (Observasi Awal)
 - 1) Mendengarkan penjelasan guru.
 - 2) Membentuk kelompok yang heterogen
 - 3) Berpartisipasi dalam kegiatan apersepsi (menanya).
 - 4) Menggunakan pengalaman hidup untuk menganalisis masalah awal yang diberikan (menalar).
- b) Fase Perumusan Masalah
 - 1) Membuat rumusan permasalahan
 - 2) Mendengarkan dan mencatat masalah yang dikemukakan oleh guru (mengamati dan menanya).
 - 3) Menyimak penjelasan guru tentang cara melakukan kegiatan menemukan
- c) Fase Merumuskan Strategi Alternatif
 - 1) Menulis hipotesis atau dugaan sementara
- d) Fase Pengumpulan Data (Menerapkan Strategi)
 - 1) Melakukan eksperimen berdasarkan LKM (mencoba), sambil mengumpulkan data dan menganalisis data yang ditemukan (menalar).
 - 2) Tulis hasil eksperimen pada LKS

- e) Fase Diskusi
 - 1) Berbicara (menyatakan pendapat tentang hasil percobaan) antar kelompok
 - 2) Bertanya jika ada hal yang tidak dipahami (menalar).
- f) Fase Kesimpulan dan Evaluasi
 - 1) Menghasilkan kesimpulan

III. Integrasi Artificial Intelligence (AI) dalam Pendidikan Kimia

Penerapan Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam pendidikan kimia menawarkan potensi yang besar untuk membantu pembelajaran konsep kimia yang abstrak dan kompleks melalui berbagai pendekatan teknologi. Dalam pendidikan kimia, AI dapat digunakan untuk personalisasi pembelajaran misalnya menyesuaikan kecepatan, gaya belajar, dan tingkat kesulitan bagi setiap siswa sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efisien dan efektif (Sparkhanova Nurzhama, 2025). Alat-alat AI juga dapat digunakan untuk memvisualisasikan bahan ajar kimia yang sulit dipahami, seperti struktur molekuler, reaksi kimia, dan interaksi atom, yang membantu siswa dalam membuat hubungan antara abstraksi dan realitas (Agung et al., 2025)

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa integrasi AI dalam pendidikan kimia telah mendukung peningkatan pemahaman siswa dan motivasi belajar. Sebagai contoh, studi sistematis oleh Erumit & Sarialioğlu (2025) menemukan bahwa penerapan aplikasi AI dalam pendidikan sains dan kimia selama tahun 2014-2024 menunjukkan tren positif: AI membantu pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas dan kolaborasi (2025). Penggunaan AI dalam pembelajaran kimia menyediakan alat bantu interaktif yang memfasilitasi akses bahan, membuat pembelajaran lebih menarik, meningkatkan kualitas pembelajaran dan motivasi mahasiswa Pendidikan Kimia (Akbar, 2024).

Penerapan AI dalam pendidikan kimia juga menghadapi tantangan yang cukup signifikan. Misalnya, infrastruktur teknologi yang belum memadai seperti koneksi internet yang stabil, perangkat keras dan perangkat lunak terkini masih menjadi hambatan di beberapa institusi. Studi di Nigeria (Adejo, 2025). menunjukkan bahwa meskipun persepsi siswa dan dosen terhadap alat AI dalam pengajaran kimia cukup positif, namun terdapat hambatan infrastruktur yang cukup besar. Isu etika seperti bias gender/ras, plagiarisme, akurasi konten yang dihasilkan AI, dan kecenderungan siswa menjadi terlalu bergantung pada konten AI juga muncul sebagai perhatian utama (Erümit & Sarialioğlu, 2025).

Dalam konteks pengembangan tenaga pendidik, penelitian oleh Yildirim & Akcan (2024) menekankan pentingnya model pengembangan profesional yang dirancang khusus untuk guru kimia dalam mengintegrasikan AI ke dalam pembelajaran kimia. Model ini menyebutkan bahwa guru perlu memiliki literasi AI, kompetensi menggunakan alat AI, perencanaan pembelajaran berbasis AI, serta mempertimbangkan aspek etika dalam penggunaannya (Yildirim & Akcan, 2024)

Aplikasi AI dalam pendidikan kimia juga telah muncul dalam bentuk-bentuk konkret seperti e-book interaktif berdasarkan alat AI, storytelling kimia berbantu AI untuk siswa kelas menengah (contoh: pembuatan e-book untuk materi senyawa kimia menggunakan ChatGPT, Gemini, dan CanvaAI) yang menunjukkan bagaimana AI dapat memfasilitasi kreativitas dan motivasi siswa (Nugraha & Harsono, 2024)

IV. Literasi Sains

Literasi sains digambarkan oleh OECD PISA 2025 sebagai kapasitas individu untuk terlibat dalam wacana ilmiah, menggunakan pengetahuan sains untuk pengambilan keputusan yang informed, dan menerapkan kompetensi saintifik dalam konteks kehidupan nyata (OECD, 2025). Tiga kompetensi utama literasi sains meliputi: (1) memberikan penjelasan ilmiah tentang fenomena, (2) menilai dan merancang penyelidikan ilmiah, serta (3) menginterpretasikan data dan bukti ilmiah secara kritis. Pengetahuan praktikum kimia berbasis data AR dan AI dapat memperluas literasi sains siswa dengan memfasilitasi visualisasi konsep abstrak pada level submikroskopik, mendorong inquiry-based learning, dan memperkuat koneksi antara teori dan praktik (Ripsam & Nerdal, 2024)

Kemampuan seseorang untuk membaca, memahami, mengevaluasi, dan menggunakan informasi dan pengetahuan sains untuk membuat keputusan yang tepat dan berpikir kritis tentang masalah ilmiah (seperti kesehatan, lingkungan, dan teknologi) disebut literasi sains. Salah satu definisi literasi sains adalah "kemampuan untuk membaca, memahami, mengevaluasi, dan menggunakan informasi dan pengetahuan sains dalam kehidupan sehari-hari." Definisi lain menyebut bahwa literasi sains meliputi identifikasi pertanyaan ilmiah, memperoleh pengetahuan baru, menjelaskan fenomena ilmiah, serta menarik simpulan berdasar fakta dan bukti (OECD dalam Organisation for Economic Co-operation and Development; National Research Council). (Lodl, K., & Balschweid, 2018)

Menurut standar nasional di Amerika Serikat, literasi sains didefinisikan sebagai "knowledge and understanding of scientific concepts and processes required for personal decision making, participation in civic and cultural affairs, and economic productivity". Komponen-komponen penting ini mencakup kemampuan untuk menjelaskan fenomena secara ilmiah, mengevaluasi dan merancang penelitian ilmiah, dan menafsirkan data dan bukti untuk membuat kesimpulan yang tepat.

Pentingnya literasi sains sangat besar dalam konteks masyarakat modern yang penuh dengan informasi, teknologi, dan tantangan global seperti perubahan iklim, pandemi, dan kemajuan teknologi. Dengan literasi sains yang baik, individu dapat memahami informasi sains yang disajikan, membedakan antara klaim ilmiah yang valid dan yang hoaks atau tidak berdasar, serta mampu berpartisipasi dalam diskusi publik atau kebijakan yang berkaitan dengan sains dan teknologi. Dalam konteks pendidikan, literasi sains bukan sekadar penguasaan fakta atau konsep sains saja, tetapi juga pengembangan keterampilan berpikir kritis, komunikasi ilmiah, dan aplikasi pengetahuan sains dalam kehidupan sehari-hari (Lodl, K., & Balschweid, 2018)

Manfaat literasi sains meliputi: (1) meningkatkan pemahaman individu terhadap dunia di sekitarnya bagaimana fenomena alam dan teknologi bekerja; (2) memperkuat kemampuan memecahkan masalah berdasarkan bukti dan logika; (3) mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik, termasuk dalam aspek kesehatan, lingkungan, dan teknologi; (4) meningkatkan partisipasi warga dalam isu-publik yang berkaitan dengan sains dan teknologi; (5) memperluas peluang karir pada era yang semakin didominasi oleh ilmu pengetahuan dan teknologi. (Lodl, K., & Balschweid, 2018)

V. Keterampilan Vokasional (Vocational Skills)

Keterampilan vokasional mencakup kompetensi teknis, keterampilan praktis, kemampuan pemecahan masalah, dan keselamatan kerja yang dibutuhkan untuk memasuki dunia kerja. Pendidikan vokasi di SMK harus adaptif terhadap perkembangan teknologi dan kebutuhan industri 4.0, dengan menekankan pembelajaran berbasis kerja (work-based learning) dan pengembangan kompetensi abad ke-21. Small-scale chemistry memberikan keterampilan praktis yang relevan dengan kebutuhan industri, seperti efisiensi penggunaan bahan, pengelolaan limbah, dan keselamatan kerja, dengan biaya operasional yang sangat rendah (Hidayah, 2020).

Pendidikan vokasional pada tingkat SMK, khususnya dalam bidang kimia, memiliki peran yang sangat strategis dalam membekali siswa dengan keterampilan yang langsung relevan dengan dunia usaha dan dunia industri (DUDI). Kurikulum jurusan kimia di SMK dirancang berdasarkan kebutuhan kompetensi kerja di industri kimia, termasuk kompetensi teknis seperti pengendalian proses kimia, analisis laboratorium, pengolahan bahan kimia, maupun penggunaan aplikasi teknologi informasi yang mendukung proses produksi dan pengolahan kimia (Febriana et al., 2021). Dalam hal ini, keterampilan vokasional mencakup tiga dimensi utama: (1) keterampilan teknis spesifik bidang kimia, (2) keterampilan adaptif seperti pemecahan masalah, teknologi digital, dan inovasi, serta (3) keterampilan sosial dan hidup (soft skills) seperti kolaborasi, komunikasi, dan etos kerja (Bahrun, 2020).

Keterampilan teknis spesifik bagi siswa SMK jurusan kimia antara lain kemampuan melakukan analisis kualitas bahan atau produk, mengoperasikan peralatan laboratorium dan pabrik, serta menerapkan prinsip keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di lingkungan industri kimia. Namun demikian, di era industri 4.0, tuntutan industri semakin berkembang: lulusan harus mampu menggunakan aplikasi digital, mengolah data statistik, menjalankan sistem otomatisasi, serta mengoptimalkan teknologi informasi dalam proses kimia (Febriana et al., 2021). Pembelajaran

vokasional jurusan kimia tidak hanya mengajarkan teori dan praktik laboratorium tradisional, tetapi juga integrasi teknologi dan aplikasi berbasis TI untuk mendukung kesiapan kerja yang lebih tinggi.

Selain kompetensi teknis dan adaptif, aspek keterampilan sosial/karakter juga tidak boleh diabaikan. Penelitian pada siswa SMK jurusan Teknik Kimia Industri menunjukkan bahwa faktor seperti *self-efficacy* (keyakinan diri) dan keterampilan kerja tim (teamwork) berpengaruh signifikan terhadap kesiapan kerja lulusan vokasi (Diniarti et al., 2025). Siswa yang tidak hanya memiliki keterampilan teknis, tetapi juga memiliki rasa percaya diri, mampu bekerja dalam tim, dan dapat beradaptasi dengan lingkungan kerja akan memiliki keunggulan kompetitif saat memasuki dunia kerja. Tantangan bagi pendidikan vokasional kimia di SMK kemudian terletak pada bagaimana menyusun program pembelajaran yang seimbang antara aspek teknis, adaptif/teknologi, dan sosial/kewirausahaan.

Dalam pelaksanaan pembelajaran di SMK kimia, penyiapan sarana-prasarana laboratorium, bengkel kimia industri, dan kerja sama dengan industri menjadi sangat penting agar proses “belajar sambil bekerja” (teaching factory, magang, partner industri) dapat terlaksana dengan baik. Melalui praktek kerja lapangan, siswa dapat mengalami langsung bagaimana standar kerja industri diterapkan, dan memperoleh sertifikasi kompetensi yang diakui oleh lembaga profesional (Kementerian Perindustrian, 2024). Lulusan SMK jurusan kimia tidak hanya siap secara teknis, tetapi juga siap bekerja dan bersaing di pasar kerja atau bahkan membuka usaha mandiri.

KESIMPULAN

Model Problem-Based Learning (PBL) dan AI telah dikembangkan untuk menjadi solusi inovatif untuk menjawab tantangan pembelajaran abad ke-21 di pendidikan vokasional, khususnya di bidang kimia di sekolah menengah kejuruan (SMK). Integrasi PBL dan AI memungkinkan pengalaman belajar yang kontekstual, interaktif, dan adaptif untuk memenuhi kebutuhan industri 4.0. Diharapkan bahwa sinergi keduanya akan meningkatkan literasi sains, kreativitas, dan keterampilan vokasional siswa sehingga mereka tidak hanya siap secara akademik tetapi juga kompeten secara profesional.

Penelitian ini menunjukkan bahwa kesiapan guru, infrastruktur teknologi, dan desain pedagogis yang relevan dengan karakteristik vokasional sangat berpengaruh pada keberhasilan penerapan model PBL-AI. Agar guru dapat menggunakan AI secara moral dan efektif dalam pembelajaran, mereka harus memiliki pengetahuan tentang AI yang cukup. Peluang untuk mengembangkan kurikulum berbasis teknologi yang selaras dengan prinsip link and match dunia industri juga muncul dengan penerapan model ini. Oleh karena itu, pengembangan model pembelajaran PBL yang dibantu AI bukan hanya akan meningkatkan kualitas pendidikan sains dan vokasi, tetapi juga merupakan langkah strategis untuk menghasilkan generasi yang inovatif, adaptif, dan berdaya saing di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejo, L. O. (2025). Evaluating the Effectiveness and Challenges of Artificial Intelligence Tools in Chemistry Instruction at the Federal University of Education, Zaria. *Faculty of Natural and Applied Sciences Journal of Mathematics, and Science Education*, 6(4), 16–35. <https://doi.org/10.63561/fnas-jmse.v6i4.907>
- Afandi, Sajidan, Akhyar, M., & Suryani, N. (2019). Development frameworks of the Indonesian partnership 21 st -century skills standards for prospective science teachers: A Delphi study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 89–100. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i1.11647>
- Agung, T. D., Astari, A., Musdansi, D. P., Piawi, K., & N, J. R. (2025). Analisis Penggunaan AI (Artificial Intelligence) dalam Pembelajaran. *JEDCHEM (Journal Education and Chemistry)*, 7(2), 64–69.
- Akbar, S. (2024). *Literacy: Journal of Education and Social Science Application Of Artificial Intelligence (AI) In Learning Chemistry Literacy : Journal of Education and Social Science*. 1, 41–45.
- Amir, M. T. (2016). *Inovasi pendidikan melalui problem based learning*. Prenada Media.
- Arends. (2013). *Model –Model Pembelajaran*. Kencana Prenada Media Grup.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach (9th ed.)*.
- Arifiani, I., NurulH, L., & Rahmawan, S. (2025). Problem Based Learning (PBL) Learning Model for Increasing Learning Motivation in Chemistry Subject: Literature Review with Bibliometric Analysis. *ASEAN Journal for Science Educatio*, 4(1), 17–30.
- Arsyad, M., Guna, S., & Barus, S. (2024). International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation Enhancing Chemistry Education through Problem-Based Learning: Analyzing Student Engagement, Motivation, and Critical Thinking. *International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation*, 2(3), 110–117.
- Bahrin, I. M. (2020). *Redesain bidang keahlian dan program keahlian SMK pada revolusi industri 4.0*. Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kemendikbud.
- Diniarti, S. K., Marniati, M., Anifah, L., & Buditjahjanto, I. G. P. A. (2025). Peran Self-Efficacy dan Keterampilan Kolaboratif terhadap Kesiapan Kerja Siswa SMK Teknik Kimia Industri di Era Kompetensi Global. *JiIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(7), 8642–8648. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i7.8713>
- Dinihari, P., Effendy, E., Rahayu, S., & Dasna, I. W. (2021). Evaluation of learning cycle 4E-RE to improve chemistry learning of vocational high school students. *Journal of Technical Education and Training*, 13(2), 108–114. <https://doi.org/10.30880/jtet.2021.13.02.010>
- Erümit, A. K., & Sarialioğlu, R. Ö. (2025). Artificial intelligence in science and chemistry education: a systematic review. *Discover Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00622-3>
- Evanirosa, C. B. dkk. (2022). *METODE PENELITIAN KEPUSTAKAAN (LIBRARY RESEACH)* (Zaedun Na'im (ed.)).
- Febriana, W., Sari, F., & Desyanti. (2021). Peningkatan keterampilan siswa jurusan teknik kimia SMK taruna persada dumai berbasis teknologi informasi Improving the skills of students majoring in chemical engineering at SMK taruna persada dumai based on information technology. *Masyarakat Berdaya Dan Inovasi*, 3(1), 47–52.
- Hermansyah. (2020). Problem Based Learning in Indonesian Learning. *Social, Humanities, and Educations Studies (SHEs): Conference Series*, 3(3), 2257–2262.
- Hidayah, F. F. dk. (2020). European Journal of Educational Research. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1591–1603.
- Kementerian Perindustrian. (2024). *Keunggulan vokasi SMK: Pilihan cerdas untuk masa depan*. BPSDMI Kemenperin. <https://bpsdmi.kemenperin.go.id/artikel/keunggulan-vokasi-smk-pilihan-cerdas-untuk-masa-depan-karier>

- Lafifa, F., Rosana, D., Suyanta, S., Nurohman, S., & Dwi Astuti, S. R. (2023). Integrated STEM Approach to Improve 21st Century Skills in Indonesia: A Systematic Review. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 3(2), 252–267. <https://doi.org/10.53889/ijses.v3i2.219>
- Laila, E. (2024). *Problem-Based Learning: A Systematic Literature Review of Chemistry Education Research in Indonesia*. 1(1), 261–270.
- Lestari, D., Oktiani, R., Lutfianasari, U., & Imaduddin, M. (2025). Chemistry Teachers' Perspectives on the Implementation of Interdisciplinary Science Projects in Vocational Schools: Challenges and Strategic Solutions. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 10(1), 76–91. <https://doi.org/10.15575/jtk.v10i1.37830>
- Lin, C. C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review. *Smart Learning Environments*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>
- Lodl, K., & Balschweid, M. (2018). *What is science literacy and why is it important?* SDN UNL News. <https://sdn.unl.edu/news/what-science-literacy-and-why-it-important>
- Loso Judijanto. (2024). *A SNAPSHOT OF INDONESIAN VOCATIONAL EDUCATION AND THE 21ST CENTURY SKILLS CHALLENGE*. 4(3), 804–815.
- Muhammad Habib Ash Shiddiqi, Purwaningsih, D., & Pujiana, E. (2025). Research Trends in the Application of Problem Based Learning Model in chemistry learning in Indonesia: A Systematic Literature Review. *IJCER (International Journal of Chemistry Education Research)*, 9, 74–83. <https://doi.org/10.20885/ijcer.vol9.iss1.art8>
- Nugraha, C. A., & Harsono, R. J. (2024). Chemistry Storytelling with AI: A Descriptive Research of Ebook Creation for Grade 10 Students. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 7(3), 149. <https://doi.org/10.17977/um038v7i32024p149>
- OECD. (2019). Country Note–Result from PISA 2018 Indonesia. *Oecd*, 1–10.
- Pambudi, N. A. (2020). Vocational Education in Indonesia: History, Development, Opportunities and Challenges. *Children and Youth Services Review*.
- Punuh, G., Katuuk, D. A., Rawis, J. A. M., & Rotty, V. N. J. (2023). Vocational Education Management: Multi-Case Study at SMK Center of Excellence Bitung City, Manado City, Tomohon City North Sulawesi Province. *International Journal of Information Technology and Education*, 3(1), 61–93. <https://doi.org/10.62711/ijite.v3i1.140>
- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2024). Augmented reality for chemistry education to promote the use of chemical terminology in teacher training. *Frontiers in Psychology*, 15(July), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1392529>
- Saa, S. (2024). Merdeka Curriculum: Adaptation of Indonesian Education Policy in the Digital Era and Global Challenges. *Revista de Gestao Social e Ambiental*, 18(3), 1–24. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-168>
- Sanjaya, W. (2009). *Model Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Kencana.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., & Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/educsci12100728>
- Sparkhanova Nurzhamal. (2025). THE EFFECTIVENESS OF USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CHEMISTRY LESSONS. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14.
- Sumanik, N. B., & Indrawati, N. (2024). *Indonesian Journal of Educational Development (IJED) CHEMISTRY LEARNING TRANSFORMATION: YOUTUBE INTEGRATED INTERACTIVE VIDEO TO IMPROVE*. 5(3), 346–357.
- Syamsidah, S., & Hamidah, H. (2018). *Buku model problem based learning*.
- Tibahary, A. R., & Muliana, M. (2018). Model-model pembelajaran inovatif. *Scolae: Journal of*

Pedagogy, 54–64.

Unesco-Unevoc. (2020). *TVET Country Profile: Indonesia*. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.03.005>

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252(PA), 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>

Yildirim, B., & Akcan, A. T. (2024). AI-Professional Development Model for Chemistry Teacher: Artificial Intelligence in Chemistry Education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 161–182. <https://doi.org/10.55549/jeseh.741>