KAMBOTI: Jurnal Sosial dan Humaniora *(eISSN: 2746-475X)*
Volume 7, Nomor 1, Hal: 79-90

Integrasi Pendekatan Saintifik dan STEM untuk Menguatkan Keterampilan 4C dalam Pembelajaran Biologi Materi Enzim di SMK Kesehatan

Ivatul Laily Kurniawati[1], Intan Kaimudin[2], dan Pramita Wally[3]
[1]FIP Universitas Negeri Malang, Malang, Jawa Timur, Indonesia
[2] FKIP Universitas Muhammadiyah Maluku, Ambon, Maluku, Indonesia
[3] FKIP Universitas Muhammadiyah Maluku, Ambon, Maluku, Indonesia
Correspondence: laily.ivatul.fip@um.ac.id

Article Info

Article history:
Submitted : 14-04-2026
Accepted : 11-11-2026
Published : 19-11-2026

Keywords:
Biology Learning; Enzymes; Health Vocational School; Scientific Approach; STEM;

Copyright & License:

How to cite this article:
How to cite this article:
Ivatul Laily Kurniawati, Intan Kaimudin, & Pramita Wally, (2026). Integrasi Pendekatan Saintifik dan STEM untuk Menguatkan Keterampilan 4C dalam Pembelajaran Biologi Materi Enzim di SMK Kesehatan. *Kamboti: Jurnal Sosial dan Humaniora.*7(1), 79–90

https://doi.org/10.51135/kambotivol7issue1page79-90

Abstract

Biology education in health vocational schools requires students to develop conceptual understanding alongside twenty-first-century competencies. However, enzyme concepts are often challenging because the underlying biological processes are abstract and cannot be observed directly. This study aims to describe the implementation of a scientific approach integrated with Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in enzyme learning and examine students' cognitive learning outcomes and 4C skills (critical thinking, creativity, collaboration, and communication). A quantitative, pre-experimental one-group pretest–posttest design was employed with Grade XII pharmacy and nursing students at SMK Al-Wathan Ambon. Data were collected through cognitive achievement tests and structured observations of 4C skills. The findings indicate improved cognitive learning outcomes following the implementation of the integrated scientific–STEM approach. Observations also revealed favorable performance across the 4C dimensions, particularly collaboration and communication. Contextual case studies, simple simulations, data interpretation, design activities, and presentations supported students' engagement with enzyme concepts. Although the absence of a control group limits causal interpretation, the findings suggest that the integrated scientific–STEM approach offers a promising instructional strategy for facilitating contextual biology learning and developing twenty-first-century competencies in health vocational education

I. PENDAHULUAN

Pendidikan biologi pada jenjang vokasi, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) bidang kesehatan, berperan strategis dalam menyiapkan lulusan yang kompeten dan siap kerja. Selain menguasai konsep ilmiah, siswa perlu mengembangkan keterampilan abad ke-21, yaitu berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (4C). Pembelajaran sains pada abad ke-21 perlu dirancang secara kontekstual dan lintas disiplin agar siswa mampu mengaitkan konsep dengan permasalahan nyata (Dare et al., 2019).

Materi enzim merupakan salah satu konsep biologi yang abstrak dan menantang, terutama bagi siswa SMK. Pemahamannya memerlukan keterpaduan pengetahuan biologi dan kimia serta kemampuan menalar proses mikroskopis yang tidak dapat diamati secara langsung. Pembelajaran enzim secara konvensional dilaporkan berisiko menimbulkan miskonsepsi dan pemahaman yang dangkal (Irani et al., 2020; Mustami,

2022). Kondisi serupa dilaporkan pada pembelajaran biologi di SMK Al-Wathan Ambon, yang masih didominasi ceramah dan diskusi terbatas dengan keterlibatan aktif siswa yang relatif rendah (Laporan PPK SMK Al-Wathan, 2024).

Pendekatan saintifik dalam Kurikulum 2013 bertujuan mendorong siswa belajar melalui tahapan proses ilmiah, mulai dari mengamati hingga mengomunikasikan hasil temuan (Reigeluth et al., 2017; Utami et al., 2016). Pendekatan ini sejalan dengan pembelajaran berbasis inkuiri yang dilaporkan dapat mengembangkan keterampilan proses sains dan pemahaman konseptual (Hosnah et al., 2017). Namun, penerapan pendekatan saintifik dapat bersifat prosedural dan belum sepenuhnya mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi apabila tidak dipadukan dengan strategi pembelajaran yang sesuai (Selamat, 2023).

Integrasi pendekatan saintifik dengan pembelajaran STEM (science, technology, engineering, and mathematics) merupakan salah satu strategi untuk mengatasi keterbatasan tersebut (Freeman et al., 2014). Pembelajaran STEM menekankan keterpaduan sains, teknologi, rekayasa, dan matematika melalui pemecahan masalah kontekstual, sehingga berpotensi mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa (Chow et al., 2018). Sejumlah penelitian juga melaporkan manfaat pembelajaran biologi berbasis STEM bagi pemahaman konsep, keterampilan proses sains, dan keterampilan abad ke-21 (Saragih et al., 2025; Syarah et al., 2021).

Laporan implementasi awal pembelajaran materi enzim melalui pendekatan saintifik terintegrasi STEM di SMK Al-Wathan Ambon menunjukkan indikasi hasil yang positif (Laporan PPK SMK Al-Wathan, 2024). Unsur science digunakan untuk memahami mekanisme reaksi enzim, technology melalui sumber belajar digital, engineering melalui perancangan skema kerja enzim, dan mathematics melalui analisis data percobaan. Kegiatan tersebut dilaporkan mendorong partisipasi belajar dan memberi kesempatan bagi siswa untuk mempraktikkan keterampilan 4C. Temuan awal ini mengindikasikan potensi integrasi saintifik–STEM dalam pembelajaran konsep biologi yang abstrak pada pendidikan vokasi kesehatan.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas manfaat pendekatan saintifik dan STEM, terdapat beberapa celah penelitian. Kajian STEM dalam pembelajaran biologi pada literatur yang dirujuk lebih banyak berfokus pada jenjang SMA umum atau pendidikan tinggi, sehingga implementasinya pada SMK kesehatan yang memiliki tuntutan kompetensi vokasional spesifik masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut (Bastian et al., 2025; Mustafa et al., 2020). Studi-studi terdahulu cenderung menitikberatkan pengukuran pada hasil belajar kognitif, sedangkan penelaahan terhadap empat dimensi keterampilan abad ke-21, berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi, secara simultan masih terbatas pembahasannya (Thibaut et al., 2018). Berdasarkan sintesis literatur yang digunakan, integrasi sistematis antara tahapan pendekatan saintifik dan unsur rekayasa (*engineering*) dalam kegiatan STEM, khususnya pada materi enzim, belum diulas secara komprehensif. Bertolak dari temuan dan keterbatasan pada studi-studi sebelumnya tersebut, penelitian ini memosisikan kebaruannya (*novelty*) melalui penerapan model integrasi tahapan saintifik dan kegiatan berbasis STEM pada materi enzim yang dirancang secara kontekstual untuk pembelajaran vokasi kesehatan (Bastian et al., 2025).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan implementasi pendekatan saintifik terintegrasi STEM pada materi enzim serta mengkaji hasil belajar kognitif dan keterampilan 4C siswa. Kajian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan pembelajaran biologi vokasi yang kontekstual dan memberikan gambaran praktis mengenai penerapan pendekatan lintas disiplin di SMK kesehatan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pra-eksperimental satu kelompok pretest–posttest (one-group pretest–posttest design) (Dahlan & Kurniawati, 2021). Desain ini diterapkan pada satu kelas tanpa kelompok kontrol. Penelitian bertujuan mendeskripsikan penerapan pendekatan saintifik terintegrasi STEM pada pembelajaran biologi materi enzim serta membandingkan hasil belajar kognitif sebelum dan sesudah pembelajaran. Keterampilan 4C diamati menggunakan rubrik selama

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

pelaksanaan pembelajaran. Dengan desain ini, perubahan skor dapat dideskripsikan, tetapi tidak dapat diatribusikan secara pasti pada perlakuan karena tidak tersedia kelompok pembanding.

Penelitian dilaksanakan di SMK Al-Wathan Ambon pada semester ganjil tahun ajaran 2024/2025. Subjek penelitian adalah 19 siswa kelas XII pada program keahlian kesehatan (Farmasi dan Keperawatan), terdiri atas lima siswa laki-laki dan 14 siswa perempuan. Pemilihan subjek menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kesesuaian materi enzim dengan kebutuhan kompetensi keahlian serta keterlibatan siswa dalam pembelajaran biologi. Materi ini relevan dengan pemahaman biokatalisator dalam aplikasi kefarmasian dan keperawatan (Mustafa et al., 2020).

Penelitian dilaksanakan melalui empat tahap: (1) perencanaan pembelajaran melalui penyusunan RPP dan LKPD berbasis pendekatan saintifik terintegrasi STEM; (2) pelaksanaan pembelajaran melalui kegiatan mengamati, menanya, mencoba, menalar, mendesain, dan mengomunikasikan yang dipadukan dengan unsur STEM; (3) pengumpulan data selama dan setelah pembelajaran; serta (4) analisis dan evaluasi hasil.

Pembelajaran materi enzim dilaksanakan menggunakan pendekatan saintifik terintegrasi STEM dengan tahapan yang mengadaptasi Kurikulum 2013 dan pembelajaran STEM terpadu. Rincian tahapan dan aktivitas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Pembelajaran Saintifik–STEM

Tahap Saintifik	Aktivitas Pembelajaran	Integrasi STEM
Mengamati	Siswa mengamati fenomena gangguan pencernaan melalui video/ilustrasi	Science
Menanya	Siswa merumuskan pertanyaan tentang peran enzim dalam pencernaan	Science
Mencoba	Siswa melakukan simulasi/percobaan sederhana kerja enzim	Science
Menalar	Siswa menganalisis hasil percobaan dan mengaitkannya dengan teori	Mathematics
Mendesain	Siswa merancang bagan/skema mekanisme kerja enzim	Engineering
Mengomunikasikan	Siswa mempresentasikan hasil diskusi dan refleksi	Technology (media) dan Communication (4C)

Rangkaian tahapan ini dirancang untuk mendorong keterlibatan siswa, keterampilan proses sains, dan pemahaman konseptual dalam pembelajaran biologi (Saragih et al., 2025). Integrasi STEM pada tahap menalar dan mendesain memberikan kesempatan bagi siswa untuk menghubungkan konsep biologi dengan pemecahan masalah kontekstual sesuai dengan karakteristik pendidikan vokasi (Patricia & Hairen, 2025).

Instrumen pengumpulan data meliputi:

1. Tes hasil belajar kognitif berupa soal pilihan ganda terstruktur berjumlah 20 soal yang digunakan pada pretest dan posttest untuk mengukur pemahaman konsep enzim. Penskoran tes hasil belajar kognitif pada 20 butir soal pilihan ganda dilakukan menggunakan rubrik penskoran. Kriteria pemberian skor pada setiap butir soal ditetapkan sebagai berikut: skor 5 diberikan apabila peserta didik menjawab benar pada pilihan konsep sekaligus alasan pendukungnya dan skor 0 diberikan apabila Jawaban salah atau tidak dijawab. Berdasarkan kriteria tersebut, skor mentah maksimum adalah 100 dan skor minimum adalah 0, sehingga skor perolehan peserta didik langsung merepresentasikan nilai akhir pada rentang 0–100.

   Tes hasil belajar telah diuji validitas dan reliabilitas. Hasil uji valditas dan reliabilitas dapat dilihat pada Tabel 2a dan 2b.

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Tabel 2A. Hasil Uji Validitas

No Soal		SkorTotal	No Soal		SkorTotal
Soal1	Pearson Correlation	0,802**	Soal11	Pearson Correlation	0,811**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal2	Pearson Correlation	0,826**	Soal12	Pearson Correlation	0,826**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal3	Pearson Correlation	0,826**	Soal13	Pearson Correlation	0,826**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal4	Pearson Correlation	0,811**	Soal14	Pearson Correlation	0,826**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal5	Pearson Correlation	0,826**	Soal15	Pearson Correlation	0,811**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal6	Pearson Correlation	0,802**	Soal16	Pearson Correlation	0,826**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal7	Pearson Correlation	0,826**	Soal17	Pearson Correlation	0,811**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal8	Pearson Correlation	0,802**	Soal18	Pearson Correlation	0,811**
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal9	Pearson Correlation	0,695*	Soal19	Pearson Correlation	0,811**
	Sig. (2-tailed)	0, 035		Sig. (2-tailed)	0,000
	N	25		N	25
Soal10	Pearson Correlation	0,826**	Soal20	Pearson Correlation	0,439*
	Sig. (2-tailed)	0,000		Sig. (2-tailed)	0,028
	N	25		N	25

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabel 2b. Hasil Uji Reliabilitas

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	25	100.0
	Excluded[a]	0	.0
	Total	25	100.0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			
Reliability Statistics			
Cronbach's Alpha		N of Items	
0.651		50	

Uji validitas dan reliabilitas instrumen tes hasil belajar kognitif dilakukan terhadap 50 butir soal dengan melibatkan 25 responden ($N = 25$) pada taraf signifikansi 5% ($r_{tabel} = 0{,}40$). Berdasarkan hasil uji validitas pada Tabel 2A, sebanyak 20 butir soal memperoleh nilai r_{hitung} antara 0,47 hingga 0,84 ($r_{hitung} > 0{,}40$) sehingga dinyatakan valid. Selanjutnya, hasil uji reliabilitas menunjukkan bahwa seluruh data responden ($N = 25$; 100%) valid untuk diproses dan diperoleh nilai koefisien *Cronbach's Alpha* sebesar 0,651. Mengacu pada kriteria reliabilitas ($> 0{,}60$), nilai tersebut menunjukkan bahwa

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

instrumen tes memiliki konsistensi internal yang baik dan dinyatakan reliabel untuk digunakan dalam pengambilan data penelitian.

2. Lembar observasi keterampilan 4C untuk menilai berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi selama pembelajaran.

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif, meliputi rata-rata skor dan persentase ketuntasan belajar (Arikunto, 2013; Sugiyono, 2019).

Lembar observasi keterampilan 4C disusun sebagai rubrik penilaian empat tingkat (skor 1–4) yang mencakup delapan indikator. Indikator dan deskriptor penilaian disajikan pada Tabel 4. Instrumen rubrik ini digunakan secara langsung oleh peneliti dan satu orang pengamat pendamping (*co-observer*) untuk mengukur ketercapaian keterampilan 4C peserta didik selama proses pembelajaran berbasis pendekatan saintifik-STEM berlangsung. Untuk menjaga objektivitas dan keajegan data, kedua penilai mengamati seluruh peserta didik secara serentak menggunakan lembar penilaian dan pedoman penskoran yang sama pada setiap pertemuan. Sebelum pengambilan data dilakukan, kedua penilai telah menyamakan persepsi terkait kriteria deskriptor tiap indikator agar prosedur pengamatan berjalan secara konsisten di seluruh kelas/kelompok, dan hasil penilaian dari kedua penilai tersebut selanjutnya dirata-ratakan untuk memperoleh skor akhir keterampilan 4C masing-masing peserta didik.

Tabel 3. Rubrik Penilaian Keterampilan 4C (Skala 1–4)

Critical Thinking **(Berpikir Kritis)**	**Indikator**	**Menganalisis & Merumuskan Masalah**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak mampu mengidentifikasi atau merumuskan masalah dari studi kasus/fenomena yang disajikan.
	Skala 2 (Kurang)	Mampu mengidentifikasi masalah, namun perumusan masalah belum fokus atau kurang tepat.
	Skala 3 (Baik)	Mampu mengidentifikasi dan merumuskan masalah ilmiah secara tepat dan kontekstual.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Mampu merumuskan masalah secara cermat, mendalam, dan mengaitkannya dengan konsep ilmiah/klinis secara tepat.
	Indikator	**Menalar & Menginterpretasi Data**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak mampu menganalisis data hasil simulasi/percobaan enzim.
	Skala 2 (Kurang)	Mampu menganalisis data, namun kesimpulan yang ditarik kurang logis atau tidak sesuai data.
	Skala 3 (Baik)	Mampu menganalisis data percobaan dan menarik kesimpulan yang logis sesuai teori.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Mampu menganalisis data secara kritis, mengidentifikasi pola/tren, dan menyusun argumen berbasis bukti (*evidence-based*).
Creativity **(Kreativitas)**	**Indikator**	**Merancang Skema / Model (Engineering)**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak mampu merancang skema atau bagan kerja enzim.
	Skala 2 (Kurang)	Mampu membuat skema, tetapi hanya meniru contoh tanpa ada variasi atau kejelasan alur.
	Skala 3 (Baik)	Mampu merancang skema kerja enzim dengan alur yang runtut, jelas, dan kreatif.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Mampu merancang skema kerja enzim yang inovatif, estetik, komunikatif, serta terstruktur secara sistematis.
	Indikator	**Memecahkan Masalah (Problem Solving)**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak memberikan gagasan/ide solusi dalam tugas berbasis kasus.
	Skala 2 (Kurang)	Memberikan gagasan solusi, tetapi kurang relevan atau sulit diterapkan.
	Skala 3 (Baik)	Memberikan gagasan solusi yang relevan dan dapat diterapkan untuk menyelesaikan masalah.

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

	Skala 4 (Sangat Baik)	Memberikan beberapa alternatif solusi yang orisinal, aplikatif, dan kontekstual dengan dunia vokasi/kesehatan.
***Collaboration* (Kolaborasi)**	**Indikator**	**Partisipasi & Kontribusi Tim**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Pasif, tidak berkontribusi dalam diskusi maupun penyelesaian tugas kelompok.
	Skala 2 (Kurang)	Kurang aktif, hanya mengerjakan tugas jika diminta oleh anggota kelompok lain.
	Skala 3 (Baik)	Aktif berpartisipasi dan menjalankan peran/tugas yang menjadi tanggung jawabnya dalam kelompok.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Sangat aktif, mengambil inisiatif, serta membantu anggota tim lain untuk mencapai tujuan bersama.
	Indikator	**Kerja Sama & Membangun Kesepakatan**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Cenderung acuh atau memaksakan kehendak pribadi dalam kelompok.
	Skala 2 (Kurang)	Mendengarkan anggota lain, namun enggan menerima masukan atau sudut pandang yang berbeda.
	Skala 3 (Baik)	Mampu menghargai pendapat anggota tim dan bekerja sama mencapai kesepakatan bersama.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Mampu memfasilitasi diskusi, menghargai keberagaman ide, dan membangun sinergi tim yang harmonis.
***Communication* (Komunikasi)**	**Indikator**	**Penyampaian Ide Lisan / Presentasi**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak berani berbicara atau menyampaikan gagasan dengan tidak jelas/runtut.
	Skala 2 (Kurang)	Menyampaikan gagasan/hasil diskusi secara lisan, tetapi kurang runtut atau kurang percaya diri.
	Skala 3 (Baik)	Mempresentasikan hasil diskusi secara jelas, runtut, dan menggunakan istilah ilmiah yang tepat.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Mempresentasikan materi secara sistematis, komunikatif, percaya diri, dan responsif terhadap pertanyaan/tanggapan.
	Indikator	**Penggunaan Media / Visual (Technology)**
	Skala 1 (Sangat Kurang)	Tidak memanfaatkan media visual/digital dalam menyampaikan informasi.
	Skala 2 (Kurang)	Menggunakan media visual, tetapi penyajian informasi terlalu padat atau kurang informatif.
	Skala 3 (Baik)	Menggunakan media visual/digital dengan rapi dan membantu penyampaian informasi.
	Skala 4 (Sangat Baik)	Menggunakan media digital/visual secara efektif, menarik, interaktif, dan memperjelas pemahaman konsep.

Pedoman penilaian dan perhitungan skor disajikan sebagai berikut.

$$Total\ Skor\ Perolehan = \sum \quad (Skor\ dari\ setiap\ indikator\ yang\ diamati)$$

Keterangan:

Skor minimum: 8 (8 indikator × skor 1).
Skor maksimum: 32 (8 indikator × skor 4).

Persentase capaian keterampilan 4C dihitung dengan rumus berikut:

$$Skor\ Akhir\ (\%) = \left(\frac{Total\ Skor\ Perolehan}{Total\ Skor\ Maksimum\ (32)}\right) \times 100\%$$

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Kategori capaian keterampilan 4C:
- 75,00% – 100,00% : Sangat Baik
- 60,00% – 74,99% : Baik
- 25,00% – 59,99% : Kurang
- 0,00% – 24,99% : Sangat Kurang

Validitas isi instrumen dinilai melalui penelaahan ahli *(expert judgment)* oleh dua pakar pendidikan biologi. Reliabilitas observasi diuji melalui kesepakatan antarpenilai *(inter-rater reliability)* oleh dua pengamat selama pembelajaran. Koefisien Cohen's kappa yang dilaporkan sebesar 0,82.

Ketuntasan belajar klasikal dihitung dengan rumus berikut:

$$Ketuntasan\ (\%) = \frac{Jumlah\ siswa\ tuntas}{Jumlah\ seluruh\ siswa} \times 100\%$$

Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) yang digunakan sebagai acuan keberhasilan hasil belajar kognitif pada materi enzim ditetapkan sebesar 75 sesuai dengan standar ketuntasan mata pelajaran yang telah ditetapkan oleh pihak SMK Kesehatan. Nilai batas ketuntasan tersebut dirumuskan berdasarkan analisis terhadap kompleksitas kompetensi dasar, daya dukung fasilitas laboratorium maupun media pembelajaran, serta karakteristik kemampuan awal (*intake*) peserta didik. Berdasarkan acuan tersebut, seorang peserta didik dikategorikan tuntas belajar secara individu apabila nilai akhir yang diperoleh pada tahap *posttest* mencapai ≥ [75], sementara ketuntasan klasikal dinyatakan tercapai apabila sekurang-kurangnya 85% dari total peserta didik di kelas memperoleh nilai yang memenuhi standar ketuntasan minimal.

Perbedaan hasil belajar sebelum dan sesudah pembelajaran dianalisis menggunakan uji t berpasangan (paired-samples t-test). Normalitas data diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk, yang sesuai untuk sampel berukuran kecil (Dahlan & Kurniawati, 2021). Jika asumsi normalitas terpenuhi ($p > 0,05$), digunakan uji t berpasangan; jika tidak terpenuhi ($p \leq 0,05$), digunakan uji Wilcoxon signed-rank sebagai alternatif nonparametrik. Pengujian statistik menggunakan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Nilai $p < 0,05$ digunakan sebagai dasar untuk menyatakan adanya perbedaan yang signifikan secara statistik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Hasil Belajar Kognitif

Ringkasan hasil belajar kognitif disajikan pada Tabel 4, sedangkan perbandingan rerata pretest dan posttest ditampilkan pada Gambar 1.

Tabel 4. Ringkasan Statistik Hasil Belajar Kognitif (n = 19)

Tahap Pengukuran	Rerata (Mean)	Standar Deviasi (SD)	Uji Normalitas (SW; p)	Nilai t (df=18)	Nilai p	Ukuran Efek (Cohen's d)
Sebelum Perlakuan	62,00	8,45	0,948 ($p = 0,362$)	10,24	$p < 0,001$	2,35 ($Large$)
Setelah Perlakuan	82,00	6,12	0,961 ($p = 0,580$)			

Sumber: Laporan PPK SMK Al-Wathan, (2024)

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



Analisis deskriptif menunjukkan bahwa rerata skor hasil belajar kognitif meningkat dari 62,00 pada pretest menjadi 82,00 pada posttest. Perubahan tersebut juga tergambar pada Gambar 1.

Uji normalitas Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa skor pretest ($W = 0{,}948$; $p = 0{,}362$) dan posttest ($W = 0{,}961$; $p = 0{,}580$) memenuhi asumsi normalitas. Analisis uji t berpasangan menunjukkan perbedaan rerata skor hasil belajar kognitif ($|t(18)| = 10{,}24$; $p < 0{,}001$). Ukuran efek yang dilaporkan adalah Cohen's $d = 2{,}35$ dan termasuk kategori besar. Peningkatan pemahaman konsep ini sejalan dengan kerangka konseptual pembelajaran STEM terintegrasi yang menekankan bahwa keterkaitan antara penyelidikan ilmiah (*scientific inquiry*), desain rekayasa (*engineering design*), dan pembelajaran berpusat pada peserta didik dalam konteks nyata mampu memperkuat penguasaan konsep sains secara mendalam (Kelley & Knowles, 2016; Thibaut et al., 2018). Temuan ini menunjukkan peningkatan skor hasil belajar kognitif dalam kelompok yang diamati, tetapi interpretasinya tetap dibatasi oleh desain pra-eksperimental tanpa kelompok kontrol.

2. Keterampilan Abad ke-21 (4C)

Hasil observasi menunjukkan bahwa keempat aspek keterampilan 4C berada pada kategori sangat baik, dengan skor tertinggi pada kolaborasi, diikuti komunikasi, kreativitas, dan berpikir kritis. Selama pembelajaran, siswa mengikuti diskusi, menyampaikan pendapat, dan mempresentasikan analisis mekanisme kerja enzim. Ringkasan skor observasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Observasi Keterampilan 4C

Aspek 4C	Rata-rata Skor (%)	Kategori
Critical Thinking	81,2	Sangat Baik
Creativity	83,5	Sangat Baik
Collaboration	86,4	Sangat Baik
Communication	84,7	Sangat Baik
Rata-rata total	**83,95**	**Sangat Baik**

Sumber: Laporan PPK SMK Al-Wathan, (2024)

B. Pembahasan

1. Implementasi Pendekatan Saintifik–STEM

Peningkatan rerata skor hasil belajar kognitif dan capaian observasi keterampilan 4C dapat dibahas dalam kaitannya dengan keterpaduan tahapan saintifik dan unsur STEM. Kegiatan mengamati dan menanya berkaitan dengan science; pemanfaatan sumber digital mendukung technology; perancangan bagan mekanisme enzim melibatkan engineering; sedangkan analisis data melatih mathematics. Keterpaduan ini memberikan konteks pembelajaran yang berpotensi memfasilitasi pemahaman konsep secara lebih

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

bermakna.

Pada tahap mengamati, siswa mempelajari fenomena kontekstual berupa gangguan pencernaan dan peran enzim melalui video, ilustrasi, serta studi kasus sederhana. Kegiatan ini bertujuan mengaktifkan pengetahuan awal siswa dan mengarahkan perhatian pada konsep yang dipelajari. Pembelajaran kontekstual dapat membantu siswa menghubungkan konsep dengan situasi yang relevan dengan kehidupannya (Reigeluth et al., 2017). Dalam konteks SMK kesehatan, pembahasan kasus pencernaan berpotensi meningkatkan relevansi pembelajaran, minat belajar, dan literasi sains siswa.

Pada tahap menanya, siswa merumuskan pertanyaan mengenai mekanisme kerja enzim, faktor yang memengaruhi aktivitasnya, serta keterkaitannya dengan kesehatan manusia. Kegiatan ini mendorong siswa berperan aktif dalam pembelajaran dan melatih berpikir kritis melalui identifikasi masalah serta perumusan dugaan awal. Redhana (2019) menegaskan bahwa kemampuan mengajukan pertanyaan ilmiah merupakan salah satu indikator berpikir kritis dalam pembelajaran sains.

Tahap mencoba dilaksanakan melalui simulasi atau percobaan sederhana mengenai kerja enzim. Siswa mengumpulkan data, mengamati perubahan, dan mencatat hasil kegiatan dalam LKPD. Aktivitas ini mendukung pengembangan keterampilan proses sains, seperti mengamati, mengukur, dan menginterpretasikan data. Pengalaman praktikum dapat membantu siswa membangun pemahaman konseptual melalui pengalaman langsung (Lestari et al., 2022).

Pada tahap menalar, siswa membandingkan data percobaan, mengidentifikasi pola, dan menarik kesimpulan. Unsur mathematics diterapkan melalui pengolahan data sederhana dan interpretasi hasil. Aktivitas ini melatih penalaran analitis serta membantu siswa menghubungkan konsep dengan bukti yang diperoleh. Kurniawati et al. (2025) menyatakan bahwa penalaran berbasis data dapat mendukung kemampuan siswa membangun argumen ilmiah.

Pada tahap mendesain, siswa menyusun bagan atau skema mekanisme kerja enzim berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Aktivitas ini dimaksudkan untuk mengintegrasikan unsur engineering dan mengembangkan kreativitas melalui representasi konsep. Dalam pembelajaran STEM, kegiatan desain memberi ruang bagi siswa untuk menerapkan pengetahuan dalam bentuk model atau alternatif solusi yang dapat didiskusikan bersama. Pamela et al. (2017) menegaskan bahwa aktivitas desain merupakan inti dari pembelajaran STEM karena mendorong siswa untuk mengaplikasikan pengetahuan dalam bentuk produk atau solusi. Dampak pembelajaran yang diperoleh siswa adalah siswa didorong untuk mengembangkan kreativitas dan kemampuan rekayasa sederhana, memperkuat transfer pengetahuan (*knowledge transfer*), serta meningkatkan keterampilan *problem solving*.

Pada tahap mengomunikasikan, siswa menyajikan hasil diskusi dan skema melalui media digital atau presentasi lisan. Kegiatan ini memanfaatkan teknologi sebagai media penyampaian dan melatih komunikasi ilmiah serta kolaborasi. Umpan balik dan refleksi memberikan kesempatan bagi siswa untuk memperjelas argumentasi dan pemahaman konsep. Haruna dan Nahadi (2021) membahas peran argumentasi dan berpikir kritis dalam pembelajaran sains.

Integrasi tahapan saintifik dan komponen STEM membentuk rangkaian kegiatan dari aktivasi pengetahuan awal hingga konstruksi dan komunikasi pengetahuan. Setiap tahap dirancang untuk mendukung pemahaman konseptual, keterampilan proses sains, dan keterampilan abad ke-21. Kajian Thibaut et al. (2018) juga membahas praktik pembelajaran STEM terintegrasi pada pendidikan menengah.

Pendekatan tersebut memberikan kesempatan bagi siswa untuk mempelajari konsep abstrak melalui pengalaman yang lebih kontekstual. Dalam konteks SMK kesehatan, kegiatan tersebut relevan untuk melatih penerapan konsep dan kompetensi vokasional, khususnya ketika materi enzim dihubungkan dengan fenomena dalam pelayanan kesehatan.

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

2. Keterampilan Abad ke-21 (4C)

Hasil observasi menunjukkan rata-rata capaian keterampilan 4C sebesar 83,95% (kategori sangat baik). Skor tertinggi terdapat pada kolaborasi (86,4%), diikuti komunikasi (84,7%), kreativitas (83,5%), dan berpikir kritis (81,2%). Capaian kolaborasi dan komunikasi yang relatif tinggi menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran menyediakan kesempatan bagi siswa untuk bekerja dalam tim, berkomunikasi, dan menyelesaikan tugas secara bersama. Keterampilan tersebut relevan dengan pendidikan vokasi, khususnya layanan kesehatan yang membutuhkan koordinasi dan komunikasi efektif.

Diskusi kelompok, perancangan skema mekanisme kerja enzim, dan presentasi hasil mendorong siswa untuk berbagi peran serta menyepakati penyelesaian tugas. Dalam pembelajaran STEM, aktivitas berbasis desain dan pemecahan masalah kontekstual juga dapat melatih kerja sama (Thibaut et al., 2018).

Keterampilan komunikasi diamati melalui kegiatan presentasi hasil diskusi dan penjelasan mekanisme kerja enzim secara runtut. Kegiatan ini memberi kesempatan bagi siswa untuk melatih komunikasi ilmiah, baik secara lisan maupun visual. Penggunaan media presentasi juga menjadi salah satu indikator pengamatan pada rubrik keterampilan 4C.

Capaian kolaborasi dan komunikasi tersebut relevan dengan prinsip belajar melalui praktik dan kerja sama (learning by doing dan learning by working together). Tsai et al. (2018) mengembangkan model pembelajaran iSTEM yang dapat menjadi bahan perbandingan konseptual. Dalam pendidikan kesehatan, kemampuan berkomunikasi dan bekerja sama penting untuk mendukung praktik layanan yang terkoordinasi.

Selain itu, kegiatan menanya dan menalar memberi ruang bagi latihan berpikir kritis, sedangkan tahap mendesain memberi kesempatan untuk mengekspresikan kreativitas melalui representasi mekanisme kerja enzim. Keempat dimensi 4C diamati selama pembelajaran; namun, tanpa pengukuran awal, perubahan keterampilan 4C tidak dapat disimpulkan secara langsung.

Secara umum, hasil observasi ini dapat dibahas bersama penelitian Lafifa et al. (2023) dan Li et al. (2020) mengenai pembelajaran STEM dan keterampilan abad ke-21. Interpretasinya tetap perlu mempertimbangkan ukuran sampel, rancangan satu kelompok, dan sifat observasional pengukuran 4C.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mendeskripsikan penerapan pendekatan saintifik terintegrasi STEM pada pembelajaran materi enzim di SMK kesehatan. Setelah penerapan pembelajaran, rerata skor hasil belajar kognitif meningkat dari 62,00 menjadi 82,00. Hasil observasi keterampilan 4C menunjukkan kategori sangat baik, dengan rata-rata 83,95%. Rangkaian kegiatan yang memadukan science, technology, engineering, dan mathematics memberikan pengalaman belajar kontekstual pada materi enzim.

Temuan tersebut menunjukkan perubahan skor kognitif setelah pembelajaran dan capaian observasi 4C yang tinggi pada kelompok yang diteliti. Namun, karena penelitian tidak menggunakan kelompok kontrol dan tidak melaporkan pengukuran awal keterampilan 4C, hasilnya belum cukup untuk membuktikan hubungan kausal atau peningkatan keterampilan 4C. Kesimpulan ini dibatasi pada konteks kelas dan data yang dilaporkan.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan terkait pelaksanaan, analisis, dan pelaporan penelitian ini.

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

DAFTAR PUSTAKA

Bastian, A., Sari, E., Awal, R., Whayuni, S., & Chahyadi, E. (2025). STEM Integration Training in Learning for Teachers of SMK Kesehatan Proskill Indonesia Pekanbaru and Tualang Pelatihan Integrasi STEM dalam Pembelajaran untuk Guru SMK Kesehatan Proskill Indonesia Pekanbaru dan Tualang.*Dinamisia; Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 9*(3). 949-958, hppps;//doi.org/10.31849/579bd950

Chow, E. H. C., Keyes, P. C., Ho, K., Lee, P. A. W. M., Lee, W., & Fong, N. (2018). *Development of a colorimetric Measurement Mobile App for Active Learning in Analytical Chemistry*. *International Association for Development of the Information Society*, Paper presented at the International Association for Development of the Information Society (IADIS) International Conference on Mobile Learning (14th, Lisbon, Portugal, Apr 14-16, 2018), https://eric.ed.gov/?id=ED590378

Dahlan, M., & Kurniawati, I. L. (2021). *Statistik Pendidikan untuk Universitas*. Rajawali Pers.

Dare, E. A., Roehrig, G. H., Ellis, J. A., Rouleau, M. D., & Whalen, E. A. R. (2019). Understanding Current Practices of Integrated STEM Education in K–12 Science Classrooms. *International Journal of STEM Education*, *6*(1), 1–20, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssep/46/0/46_57/_article/-char/ja/

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(23), 8410–8415. https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111

Haruna, A., & Nahadi. (2021). Menjelajahi Hubungan Level Argumentasi dengan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa dalam Menyelesaikan Soal Ikatan Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *15*(1), 2686–2694, https://doi.org/10.15294/jipk.v15i1.24156

Hosnah, Wildah M., et al. 2017. Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Terhadap Hasil Belajar Fisika Di SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika Universitas Jember*, vol. 6, no. 2, 2017, pp. 196-200, doi:10.19184/jpf.v6i2.5020.

I.N. Selamat. (2023). Pengembangan bahan ajar pencemaran tanah dan sampah berbasis socio-scientific issue. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran IPA Indonesia*, *11*(1), 1–9. https://doi.org/10.23887/jppii.v11i1.60843

Irani, Nafisha & Zulyusri, Zulyusri & Darussyamsu, Rahmawati. (2020). Miskonsepsi Materi Biologi SMA dan Hubungannya dengan Pemahaman Siswa. Jurnal Biolokus. *3*(2). http://dx.doi.org/10.30821/biolokus.v3i2.823

Mustafa, P. S., & Winarno, M. E. (2020). Penerapan Pendekatan Saintifik dalam Aktivitas Belajar Pendidikan Jasmani, Olahraga, dan Kesehatan di SMK Negeri 4 Malang. *JURNAL PENJAKORA*, *7*(2), 78–92. https://doi.org/10.23887/penjakora.v7i2.25633

Kamal, I., Firmansyah, E. A., Rafiah, K. K., Rahmawan, A. F., & Rejito, C. (2020). *Pembelajaran di Era 4.0*. *November*, 265–276.

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kurniawati, I. L., Setyosari, P., Dasna, I. W., & Praherdhiono, H. (2025). Integrating PBL and Flipped Classroom to Enhance Students' Argumentation and Self-Directed Learning. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia (JPBI)*, *11*(1), 360–369, https://doi.org/10.22219/jpbi.v11i1.37430

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

Laporan PPK SMK Al Wathan. 2024. Pendidikan Biologi UM Maluku.

Lestari, S. A., Supriadi, B., & Harijanto, A. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem-Based Learning) terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, *11*(1), 34–40.

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., Froyd, J. E., & Nite, S. B. (2020). Research and Trends in STEM Education: a Systematic Analysis of Publicly Funded Projects. *International Journal of STEM Education*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40594-020-00213-8

Mustami, M. K. (2022). Analisis Miskonsepsi Siswa pada Pokok Bahasan Enzim dengan Menggunakan Tes

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Diagnostik Pilihan Ganda Beralasan. *Al-Ahya*, *4*(1), 1–11, https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/alahya/article/view/36487

Pamela, B., Anderson, B., Moore, G. W., & Slate, J. R. (2017). *Ethnicity/Race: a Multiyear Statewide Study*. *17*(8).

Patricia, P., & Hairen, P. E. L. L. (2025). Strategi Pembelajaran Berbasis STEM Dalam Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Biologi Siswa SMA. *Journal of Management educational Social Science Information and Relegion, 2*(1), 163–169, https://doi.org/10.57235/mesir.v2i1.5619

Redhana, I. W. (2019). Mengembangkan Keterampilan Abad ke-21 dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, *13*(1), https://doi.org/10.15294/jipk.v13i1.17824

Reigeluth, C. M., Beatty, B. J., & Myers, R. D. (2017). *Instructional-Design Theories and Models, Volume IV: The Shift to Learner-Centered Instruction* (IV). Taylor and Francis.

Saragih, D.M. *et al.* (2025). Systematic Literature Review: STEM Integrated Biology Learning Based on 21st Century Learning Models. *BIO-INOVED: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*. *7*(1). 125. 10.20527/bino.v7i1.21061.

Syarah, M. M., Rahmi, Y. L., Darussyamsu, R., Studi, P., Biologi, P., & Padang, U. N. (2021). Analisis Penerapan Pendekatan STEM pada Pembelajaran Biologi MIA. *BIO-EDU : Jurnal Pendidikan Biologi*, *6*(3), 236–243, https://doi.org/10.32938/jbe.v6i3.1260

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. and Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Jourrnal of STEM Education, 3*(1), 02. https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

Tsai, H. Y., Chung, C. C., & Lou, S. J. (2018). Construction and Development of iSTEM Learning Model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(1), 15–32. https://doi.org/10.12973/ejmste/78019

Utami, B., Saputro, S., Ashadi, & Masykuri, M. (2016). Scientific Literacy in Science Lesson. *Prosiding ICTTE FKIP UNS 2015*, *1*(1), 125–133.

KAMBOTI is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.