



Penguatan Pembelajaran Kimia Industri Melalui Dukungan Modul Ajar Berbasis Kebutuhan Industri di SMK Negeri 1 Air Putih

Pravil Mistryanto Tambunan^{1*}, Aldella Makhfiza², Masdi³, Rara Pramudhita⁴, Yessi Febriani⁵, Desi Natalia Siahaan⁶, Syarifah Nadia⁷

^{1,4-7} Universitas Tjut Nyak Dhien, Indonesia

² PT Bakrie Renewable Chemicals, Indonesia

³ SMK Negeri 1 Air Putih, Indonesia

email: pravil@utnd.ac.id¹

Article Info :

Received:

05-07-2026

Revised:

20-07-2026

Accepted:

26-07-2026

Abstract

The misalignment between vocational education curricula and dynamic industrial requirements contributes significantly to graduate unemployment in the chemical manufacturing sector. This study evaluates a community engagement program designed to strengthen industrial chemistry instruction through the collaborative development and handover of industry integrated teaching modules at SMK Negeri 1 Air Putih in partnership with PT Bakrie Renewable Chemicals. Utilizing a non-empirical, participatory implementation framework, the intervention focused on upstream instructional enhancement without experimental sampling. The program generated a standardized annual teaching module encompassing effective lesson planning, industrial case studies, and safety protocols, thereby shifting instructional approaches toward case based and project based learning. Strategic institutional synergy established clear roles, placing pedagogical design under teacher ownership while the corporate partner provided technical context and document production support. A sustainable roadmap incorporating expert validation, periodic content updates, and digital media integration was established to maintain curriculum relevance. The findings demonstrate that upstream instructional support effectively bridges the school to work transition and reinforces vocational learning quality.

Keywords: Vocational Education, Curriculum Alignment, Industrial Chemistry, Teaching Module, School Industry Partnership.

Abstrak

Ketidakselarasan antara kurikulum pendidikan kejuruan dan tuntutan industri yang dinamis berkontribusi signifikan terhadap tingginya angka pengangguran lulusan di sektor manufaktur kimia. Penelitian ini mengevaluasi program keterlibatan masyarakat yang dirancang untuk memperkuat pengajaran kimia industri melalui pengembangan kolaboratif dan penyerahan modul pengajaran terintegrasi industri di SMK Negeri 1 Air Putih, bekerja sama dengan PT Bakrie Renewable Chemicals. Dengan memanfaatkan kerangka kerja implementasi partisipatif non-empiris, intervensi ini berfokus pada peningkatan pengajaran hulu tanpa pengambilan sampel eksperimental. Program ini menghasilkan modul pengajaran tahunan yang terstandarisasi, mencakup perencanaan pelajaran yang efektif, studi kasus industri, dan protokol keselamatan, sehingga mengarahkan pendekatan pengajaran ke arah pembelajaran berbasis kasus dan berbasis proyek. Sinergi kelembagaan yang strategis menetapkan peran yang jelas, di mana desain pedagogis menjadi tanggung jawab guru, sementara mitra perusahaan menyediakan konteks teknis dan dukungan produksi dokumen. Sebuah peta jalan berkelanjutan yang menggabungkan validasi ahli, pembaruan konten berkala, dan integrasi media digital telah ditetapkan untuk menjaga relevansi kurikulum. Temuan ini menunjukkan bahwa dukungan pengajaran hulu secara efektif menjembatani transisi dari sekolah ke dunia kerja serta memperkuat kualitas pembelajaran kejuruan.

Kata kunci: Pendidikan Kejuruan, Penyelarasan Kurikulum, Kimia Industri, Modul Pengajaran, Kemitraan Sekolah-Industri.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Transformasi pendidikan kejuruan dalam era Industri 4.0 menuntut reorientasi mendasar pada model pembelajaran pedagogis guna menjembatani dinamika kebutuhan sektor manufaktur dengan kualifikasi lulusan sekolah kejuruan (Singh et al., 2024). Di tingkat global, penyesuaian kurikulum dan rekonstruksi sistem pendidikan teknik tidak lagi hanya berfokus pada transfer pengetahuan teknis statis, melainkan pada integrasi keselamatan kerja, otomasi, serta prinsip keberlanjutan lingkungan yang

relevan dengan transformasi industri modern (Zhang et al., 2024; Vyas et al., 2025). Sinkronisasi kurikulum antara institusi pendidikan vokasi dan mitra industri menjadi kunci dalam memastikan bahwa kompetensi yang diajarkan selaras secara presisi dengan kebutuhan nyata pasar kerja (Sudalyo & Prasetyaningrum, 2024). Kendati demikian, efektivitas adaptasi kurikulum tersebut amat bergantung pada kesiapan infrastruktur pedagogis serta kapasitas sumber daya manusia di lingkungan sekolah, khususnya peran tenaga pendidik dan laboratorium pendukung (Setiawan et al., 2025; Suwandi & Musyarapah, 2026). Strategi seperti penerapan *case-based* dan *project-based learning* terbukti mampu meningkatkan kemampuan adaptif serta kompetensi siswa (Yuliana et al., 2024), namun penguatannya sering kali terkendala oleh minimnya perangkat ajar kontekstual yang dirancang bersama industri.

Diskursus literatur terkini menunjukkan bahwa penguatan kompetensi siswa vokasi sangat dipengaruhi oleh strategi pedagogis berbasis pemecahan masalah riil dan dukungan operasional laboratorium yang optimal (Suwandi & Musyarapah, 2026; Yuliana et al., 2024). Penyelarasan kurikulum secara intensif antara sekolah dan institusi pasangan juga terbukti efektif meminimalkan ketimpangan *skill mismatch* (Sudalyo & Prasetyaningrum, 2024). Selain itu, program pelatihan kompetensi guru melalui kerangka *Teaching Factory* (TEFA) telah terbukti mampu mentransformasi pola pengajaran prosedural menjadi proses pembelajaran bernilai produksi ilmiah dan berorientasi pasar (Setiawan et al., 2025). Pada domain pendidikan teknik manufaktur dan keahlian kimia, integrasi otomatisasi serta standar keselamatan terkini terbukti berhasil meningkatkan kesiapan kerja serta kesadaran siswa terhadap aspek keberlanjutan dan reduksi emisi karbon (Singh et al., 2024; Vyas et al., 2025; Zhang et al., 2024). Sintesis mendalam terhadap literatur-literatur ini menegaskan bahwa keberhasilan inovasi pendidikan vokasi bersumber dari keterhubungan linier antara kesiapan pengajar, kecukupan fasilitas praktik, dan relevansi materi pembelajaran.

Meskipun literatur secara konsisten menekankan pentingnya kurikulum selaras dan pembelajaran berbasis produksi, masih terdapat celah empiris dan konseptual yang signifikan dalam ranah pengabdian masyarakat. Sebagian besar intervensi terdahulu berfokus pada pelatihan guru secara terpisah (Setiawan et al., 2025), restrukturisasi makro kurikulum tingkat institusi (Sudalyo & Prasetyaningrum, 2024; Zhang et al., 2024), atau penerapan metode pembelajaran umum tanpa perangkat ajar operasional khusus yang terikat pada sektor industri tertentu (Yuliana et al., 2024). Terdapat keterbatasan dalam literatur mengenai bagaimana kolaborasi lintas sektor antara sekolah menengah kejuruan dan perusahaan industri dapat secara langsung menghasilkan instrumen pedagogis mikro berupa modul ajar yang dirancang spesifik sesuai standar operasional industri lokal. Inkonsistensi juga terlihat dari belum optimalnya pengintegrasian peran tenaga teknis laboratorium dengan dokumen ajar berbasis kebutuhan nyata dunia kerja (Suwandi & Musyarapah, 2026), sehingga transisi teknologi industri mutakhir menuju ruang kelas kejuruan sering kali terhambat di tingkat implementasi harian.

Kesenjangan konseptual dan praktis ini membawa implikasi serius terhadap keberlanjutan mutakhir pendidikan vokasi di daerah, tempat kesenjangan antara fasilitas sekolah dan standar industri sering kali membatasi kesiapan kerja lulusan. Apabila proses pembelajaran di kelas kejuruan terus mengandalkan modul instruksional umum yang terlepas dari konteks teknis industri mitra, maka akselerasi modernisasi pendidikan kejuruan yang diusung oleh standar internasional (Singh et al., 2024; Vyas et al., 2025) akan berhenti sebagai wacana teoritis. Kebutuhan untuk menyediakan perangkat ajar yang merefleksikan proses industri aktual secara terstruktur menjadi sangat mendesak demi menjamin bahwa peningkatan kompetensi guru dan optimalisasi laboratorium (Setiawan et al., 2025; Suwandi & Musyarapah, 2026) dapat diartikulasi langsung ke dalam pengalaman belajar siswa sehari-hari secara terukur dan berkelanjutan.

Penelitian dan program pengabdian masyarakat ini mengambil posisi strategis dalam meretas batas keterisolasian antara dunia pendidikan kejuruan dan dunia industri melalui pendekatan *co-creation* perangkat instruksional. Riset ini memperluas kerangka penyelarasan kurikulum (Sudalyo & Prasetyaningrum, 2024) dan skema TEFA (Setiawan et al., 2025) dengan mentransformasikannya ke dalam wujud konkret pendampingan penyusunan dan penyediaan Modul Ajar Rencana Pembelajaran Efektif di SMK Negeri 1 Air Putih yang disesuaikan secara langsung dengan kebutuhan teknis industri mitra. Posisi keilmuan penelitian ini menggeser paradigma intervensi pendidikan kejuruan yang semula bersifat *top-down* atau berbasis pelatihan umum menjadi intervensi berbasis produk pedagogis yang kontekstual, terintegrasi dengan aspek keselamatan serta teknologi produksi mutakhir yang relevan dengan perkembangan industri modern (Singh et al., 2024; Zhang et al., 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan secara kritis proses penguatan pembelajaran kimia industri melalui perancangan, penyesuaian, serta penyerahan Modul Ajar Berbasis Kebutuhan Industri di SMK Negeri 1 Air Putih dengan dukungan PT Bakrie Renewable Chemicals. Secara teoretis, artikel ini memberikan kontribusi pada perluasan literatur keterlibatan masyarakat dan industri (*community engagement*) dengan menawarkan model kolaborasi partisipatif hulu-hilir dalam penyusunan bahan ajar kejuruan yang aplikatif. Secara metodologis, studi ini memberikan contoh formulasi intervensi pengabdian masyarakat berbasis evaluasi kualitatif-deskriptif yang mengintegrasikan pemetaan kebutuhan mitra, penyelarasan standar operasional industri, dan penguatan kelembagaan sekolah secara terstruktur untuk menjamin keberlanjutan dampak pedagogis.

METODE

Berdasarkan ketersediaan data pada laporan program pengabdian kepada masyarakat ini, intervensi dikategorikan sebagai non-empiris. Program ini berfokus pada pengadaan luaran fisik berupa bahan ajar dan penguatan kerja sama kelembagaan tanpa melibatkan skema eksperimental, pengambilan sampel individu, serta pengumpulan data kuantitatif hasil belajar seperti *pre-test* maupun *post-test*. Perencanaan program diawali dengan identifikasi masalah secara mendalam terkait kesenjangan bahan ajar kimia di sekolah kejuruan yang kerap kurang relevan dengan dinamika industri modern serta kebutuhan kontekstual siswa (Purtadi et al., 2024). Menjawab tantangan tersebut dan sejalan dengan regulasi nasional mengenai percepatan revitalisasi pendidikan vokasi melalui penyelarasan kurikulum hulu ke hilir (Republik Indonesia, 2016, 2022), intervensi ini menerapkan pendekatan kolaboratif-partisipatif yang menempatkan unit sekolah sebagai pemilik utama perangkat pedagogis. Pendekatan implementasi dilaksanakan dalam lima tahapan sistematis yang mencakup: pemetaan kebutuhan modul pada Kelas Khusus Kimia Industri SMK Negeri 1 Air Putih; penyusunan naskah Modul Ajar Rencana Pembelajaran Efektif tahun ajaran 2025–2026 oleh tim pendidik sekolah; penyelarasan konteks teknis dan dukungan produksi dokumen oleh PT Bakrie Renewable Chemicals; pencetakan serta penyerahan resmi modul fisik; hingga tahap refleksi bersama guna memastikan pemanfaatan modul sebagai panduan utama proses belajar mengajar.

Refleksi terhadap seluruh alur kegiatan menunjukkan bahwa penempatan dukungan industri pada penyediaan perangkat instruksional hulu mampu menghadirkan bentuk kemitraan yang konkrit dan berdampak langsung pada operasional pembelajaran harian. Partisipasi aktif komunitas terwujud secara partisipatif melalui pembagian peran yang seimbang, tempat tim pengajar memegang kendali atas perancangan substansi pedagogis sementara mitra industri memberikan penguatan orientasi relevansi kerja dan fasilitasi operasional. Guna menjamin keberlanjutan dampak, dirancang strategi pengembangan bertahap yang mencakup rencana validasi isi oleh ahli, pemutakhiran kasus industri secara periodik, integrasi teknologi digital dan materi interaktif secara bertahap guna mendukung transformasi media pembelajaran vokasi (John, 2026; Kurniawan et al., 2026), serta evaluasi dampak efektivitas pembelajaran secara berkala.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekonstruksi Kurikulum dan Penyelarasan Kebutuhan Industri pada Pembelajaran Kimia Vokasi

Dinamika pengangguran terdidik di tingkat regional maupun nasional menunjukkan urgensi penguatan relevansi kurikulum pendidikan kejuruan. Data ketenagakerjaan mencatat tingkat pengangguran terbuka nasional berada pada angka 4,68 persen, sedangkan di Sumatera Utara kelompok lulusan sekolah menengah kejuruan menyumbang angka pengangguran sebesar 5,32 persen (Badan Pusat Statistik, 2026; Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara, 2025). Kesenjangan kualifikasi tersebut mengindikasikan bahwa materi pembelajaran di ruang kelas belum sepenuhnya merespons kriteria teknis yang dibutuhkan lapangan kerja. Penyelarasan perangkat instruksional menjadi langkah strategis untuk memperkecil jarak antara luaran pendidikan vokasi dan standar operasional dunia usaha.

Upaya menutup jurang ketidaksesuaian tersebut menuntut transformasi mendasar pada struktur bahan ajar yang digunakan di sekolah kejuruan. Pembelajaran sains terapan seperti kimia industri kerap mengalami kendala keterpisahan antara teori akademik mendasar dan aplikasi teknis di lapangan (Purtadi et al., 2024). Penguatan kapasitas lulusan memerlukan pemetaan ulang terhadap kompetensi inti agar setiap unit materi mencerminkan prosedur standar keselamatan, analisis

laboratorium, serta norma kerja manufaktur modern. Landasan hukum nasional melalui Instruksi Presiden Nomor 9 Tahun 2016 serta Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2022 memberikan mandat eksplisit bagi revitalisasi pendidikan vokasi secara menyeluruh (Republik Indonesia, 2016, 2022).

Implementasi kebijakan revitalisasi menuntut kemitraan sinergis antara institusi pendidikan dan pelaku industri hilir secara berkesinambungan. Penyelarasan kurikulum yang berjalan secara partisipatif terbukti meningkatkan efektivitas transfer pengetahuan ilmiah ke dalam konteks praktis (Gehrig et al., 2026). Sekolah menengah kejuruan tidak lagi berada pada posisi pasif sebagai penerima standar, melainkan menjadi perancang aktif yang mengintegrasikan dinamika industri ke dalam perangkat pembelajaran harian. Integrasi bahan ajar berbasis kebutuhan nyata lapangan kerja memberikan kerangka kerja yang jelas bagi guru untuk mengarahkan pembelajaran secara lebih terukur.

Orientasi pedagogis berbasis industri memperkuat kesiapan kerja serta kepercayaan diri siswa saat memasuki lingkungan produksi nyata. Pemahaman mendalam mengenai proses manufaktur kimia memerlukan media instruksional yang mampu menyederhanakan kompleksitas teori menjadi langkah kerja praktis (Zhang et al., 2024). Edisi bahan ajar yang dirancang secara kontekstual membantu peserta didik mengenali keterkaitan antara prinsip reaksi kimia dan efisiensi proses pabrikasi. Penguatan aspek teknis ini secara langsung mendukung terbentuknya efikasi diri serta keterampilan kolaboratif yang diperlukan dalam ekosistem industri global (Diniarti et al., 2025).

Analisis konseptual terhadap struktur kurikulum memperlihatkan pentingnya kategorisasi elemen kompetensi yang diturunkan dari kebutuhan riil dunia kerja. Penyelarasan bahan ajar mencakup aspek keselamatan kerja, teknik analisis sampel, hingga pemahaman kepatuhan lingkungan. Kerangka kerja penyesuaian materi ini dirumuskan berdasarkan tinjauan kriteria industri manufaktur kimia modern. Rincian domain kompetensi dan indikator penyelarasan kurikulum disajikan dalam kerangka analitis berikut.

Tabel 1. Kerangka Analisis Penyelarasan Kompetensi Kimia Industri Berbasis Kebutuhan Dunia Kerja

Domain Kompetensi	Indikator Penyelarasan Kurikulum	Orientasi Capaian Vokasi
Keselamatan dan Kesehatan Kerja	Kepatuhan prosedur penanganan bahan berbahaya dan mitigasi risiko proses	Budaya K3 berstandar industri manufaktur
Analisis Laboratorium Terapan	Penguasaan instrumen pengujian mutu dan standardisasi reagen kimia	Ketepatan pengukuran kuantitatif dan kualitatif
Operasi Teknik Kimia	Pemahaman aliran proses produksi dan unit operasi manufaktur	Penguasaan tata kelola proses industri
Tata Kelola Lingkungan Industri	Pengolahan limbah kimia dan penerapan prinsip efisiensi energi	Kepatuhan pada standar keberlanjutan

Sumber Data: Diolah berdasarkan sintesis konseptual regulasi revitalisasi vokasi dan standar industri manufaktur (Fitriyana et al., 2024; Republik Indonesia, 2022; Zhang et al., 2024)

Struktur kompetensi pada Tabel 1 menegaskan bahwa integrasi kurikulum vokasi harus mencakup dimensi keahlian teknis dan aspek keselamatan kerja yang komprehensif. Penerapan standar K3 yang terintegrasi dalam bahan ajar membantu membentuk pola pikir profesional peserta didik sejak dini (Endro et al., 2026). Pembelajaran kimia tidak boleh berhenti pada hafalan rumus empiris, melainkan wajib diarahkan pada pemecahan masalah operasional pabrikasi. Pendekatan instruksional ini menciptakan keterhubungan yang erat antara pengalaman belajar di sekolah dan tuntutan profesional di dunia kerja.

Kehadiran modul ajar berorientasi industri mendukung pencapaian pembagian kerja yang proporsional dalam struktur pengajaran vokasi. Tim pendidik memegang kendali pedagogis dalam merancang urutan pembelajaran, sedangkan pihak industri memberikan penguatan berupa konteks

teknis dan studi kasus aktual (Casmudi & Sugianto, 2024). Model kolaborasi ini mencegah terjadinya overlapping materi sekaligus menjaga agar konten akademis tetap relevan dengan perkembangan teknologi terkini. Penguatan bahan ajar hulu menjadi fondasi penting sebelum sekolah menerapkan skema pembelajaran berbasis produksi yang lebih kompleks.

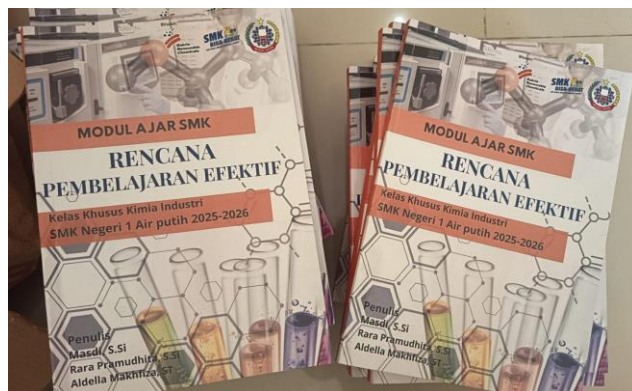
Pengembangan perangkat pengajaran yang kontekstual juga berdampak positif pada efisiensi manajemen sumber daya laboratorium sekolah. Ketersediaan panduan kerja yang terstruktur memudahkan laboran dan guru dalam menyiapkan bahan kimia serta peralatan praktikum secara optimal (Suwandi & Musyarapah, 2026). Ketersediaan petunjuk praktikum yang presisi meminimalkan risiko kesalahan prosedur sekaligus menghemat penggunaan bahan baku uji. Keteraturan pengelolaan laboratorium secara langsung menciptakan suasana belajar yang kondusif dan menyerupai kondisi kerja di industri riil.

Inovasi perangkat ajar kontekstual membuka peluang bagi penerapan metode pembelajaran berbasis proyek dan wirausaha di sekolah vokasi. Integrasi pembelajaran berbasis proyek memperkuat pemahaman konsep sains dasar sekaligus melatih kemampuan penyelesaian masalah secara mandiri (Azizi et al., 2026). Peserta didik didorong untuk mengidentifikasi permasalahan teknis di sekitar lingkungan industri dan merumuskan solusinya secara ilmiah. Pola pengajaran aktif ini secara nyata memicu daya kritis dan kreativitas siswa dalam mengaplikasikan ilmu kimia terapan.

Keberlanjutan penyelarasan kurikulum menuntut komitmen kelembagaan dalam memperbarui materi ajar secara periodik sesuai perkembangan era Revolusi Industri 4.0. Penyesuaian materi kejuruan harus berjalan dinamis seiring munculnya teknologi hijau dan otomatisasi proses manufaktur (Singh et al., 2024; Vyas et al., 2025). Modul yang fleksibel memberikan ruang bagi guru untuk memasukkan isu ekologis dan efisiensi energi ke dalam diskusi kelas. Langkah ini memastikan bahwa lulusan yang dihasilkan tidak hanya menguasai keterampilan teknis dasar, tetapi juga memiliki wawasan luas mengenai tantangan industri masa depan.

Pengejawantahan Luaran Fisik Bahan Ajar dan Penguatan Arsitektur Pedagogis Pembelajaran

Pengembangan perangkat pengajaran fisik berupa Modul Ajar SMK Rencana Pembelajaran Efektif untuk Kelas Khusus Kimia Industri SMK Negeri 1 Air Putih Tahun Ajaran 2025–2026 wujud sebagai luaran konkret intervensi. Karakteristik utama dari luaran ini terletak pada spesifikasi rancangan yang ditujukan secara eksklusif bagi kelas khusus kimia industri dengan cakupan penggunaan selama satu tahun ajaran penuh. Penyusunan naskah secara kolaboratif oleh tim pendidik sekolah memastikan bahwa seluruh konten akademis tetap berada di bawah kendali pedagogis internal. Dokumentasi fisik bahan ajar yang telah diproduksi dan disiapkan untuk operasional pengajaran menyajikan representasi visual dari hasil kerja sama ini.



Gambar 1. Modul Ajar Kimia Industri Tahun Ajaran 2025–2026

Transformasi dokumen ajar dari sekadar draf menjadi modul cetak yang siap dipergunakan mencerminkan efektivitas alur penyelarasan hulu. Penyerahan fisik perangkat ini memberikan jaminan ketersediaan acuan belajar yang terstruktur bagi guru maupun siswa sepanjang proses

pembelajaran. Bahan ajar kontekstual yang terorganisasi secara rapi terbukti mampu meningkatkan minat serta fokus belajar peserta didik pada program keahlian kejuruan (Fajjriah, 2023). Pengadaan luaran fisik ini berfungsi sebagai fondasi utama dalam menciptakan suasana akademik yang lebih konsisten dan terukur di lingkungan laboratorium maupun kelas.

Struktur materi di dalam modul dirancang untuk memfasilitasi diferensiasi pembelajaran agar sesuai dengan tingkat pemahaman dan kecepatan belajar siswa yang beragam. Penerapan prinsip diferensiasi dalam kurikulum vokasi sangat krusial guna memastikan seluruh peserta didik mencapai standar kompetensi yang ditetapkan (Lestari et al., 2025). Integrasi studi kasus riil dari mitra manufaktur ke dalam lembar kerja siswa memperkuat daya analitis peserta didik dalam memecahkan masalah teknis. Keselarasan antara teori dasar kimia dan contoh aplikasi industri menjadikan kegiatan belajar mengajar lebih intuitif dan bermakna.

Pendekatan pedagogis yang tertuang dalam modul mengintegrasikan metode pemecahan kasus dan pembelajaran berbasis proyek untuk melatih kemandirian berpikir siswa. Penguatan metode berbasis kasus dan proyek secara sistematis terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi teknis serta penalaran kritis siswa sekolah menengah kejuruan (Yuliana et al., 2024). Modul ini menyediakan petunjuk operasional yang memandu siswa melakukan eksplorasi mandiri, analisis data praktikum, hingga penarikan kesimpulan secara ilmiah. Penataan alur kerja yang sistematis di dalam dokumen instruksional mendidik siswa untuk bekerja sesuai dengan tata kelola standar operasional industri.

Analisis konseptual terhadap fungsi arsitektur pedagogis modul ajar menunjukkan adanya kontribusi signifikan pada berbagai elemen operasional pengajaran. Penyelarasan bahan ajar fisik ini menjangkau aspek perencanaan jam efektif, alokasi materi praktikum, hingga standarisasi evaluasi harian. Kerangka operasional pemanfaatan modul ajar di lingkungan sekolah disajikan secara rinci dalam tabel berikut.

Tabel 2. Analisis Struktur Operational dan Komposisi Pedagogis Modul Ajar Kimia Industri

Elemen Modul Ajar	Komponen Penyelarasan Pedagogis	Implikasi Operasional Pembelajaran
Rencana Pembelajaran Efektif	Alokasi waktu terstruktur per semester dan pemetaan pekan efektif	Kepastian ketercapaian target kurikulum tahunan
Materi Kontekstual Industri	Integrasi studi kasus industri manufaktur dan prinsip sains terapan	Peningkatan relevansi materi dengan dunia kerja
Panduan Praktikum Laboratorium	Prosedur kerja standar, instruksi analisis kuantitatif, dan lembar kerja	Penyelarasan keterampilan teknis praktikan
Instrumentasi Evaluasi	Rubrik penilaian kinerja, soal berbasis pemecahan masalah, dan refleksi	Standarisasi pengukuran capaian kompetensi

Sumber Data: Diolah berdasarkan sintesis konseptual pengembangan bahan ajar vokasi dan perangkat kurikulum (Fajjriah, 2023; Lestari et al., 2025; Yuliana et al., 2024)

Rincian elemen pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa keberadaan modul ajar terstruktur memberikan kepastian alur operasional bagi pendidik dalam mengelola jam pelajaran harian. Sinkronisasi antara rencana pembelajaran dan panduan praktikum secara langsung mengoptimalkan efektivitas interaksi di dalam laboratorium (Sudalyo & Prasetyaningrum, 2024). Guru memiliki pijakan yang selaras dalam memberikan instruksi, sementara siswa memiliki panduan mandiri yang meminimalisir ketergantungan penuh pada paparan verbal di kelas. Peningkatan ketersediaan media ajar ini memperkuat ketercapaian indikator pembelajaran secara keseluruhan.

Penguatan kapasitas pengajaran melalui penyediaan modul juga berdampak pada peningkatan kompetensi profesional pendidik di sekolah kejuruan. Pelatihan dan penyediaan perangkat pendukung terbukti memperkuat kesiapan guru dalam mengimplementasikan skema pengajaran berbasis produksi (Sari et al., 2025). Guru tidak hanya berperan sebagai pengajar teori, tetapi juga sebagai

fasilitator yang mampu mengarahkan siswa memahami dinamika operasional industri secara mutakhir. Dukungan dokumen instruksional yang matang mendorong rasa percaya diri guru dalam mengelola diskusi teknis yang kompleks.

Integrasi teknologi digital ke dalam struktur bahan ajar cetak menjadi langkah krusial untuk memperluas aksesibilitas informasi bagi peserta didik. Pemanfaatan platform digital dan literasi teknologi dalam ekosistem persekolahan terbukti mendukung penguatan budaya organisasi pembelajaran yang dinamis (Nugraha et al., 2025). Modul fisik yang dilengkapi dengan tautan modul digital atau instruksi berbasis perangkat lunak memberi ruang bagi siswa untuk belajar secara fleksibel di luar jam sekolah. Keterpaduan antara media cetak dan dukungan digital menciptakan lingkungan belajar yang adaptif terhadap perkembangan zaman.

Penggunaan media pembelajaran modern seperti perangkat lunak kimia terapan dapat disisipkan dalam penugasan modul untuk memperdalam pemahaman visual siswa. Pelatihan dan penguasaan perangkat lunak kimia bagi pendidik memberikan nilai tambah dalam menyajikan struktur molekul dan simulasi reaksi secara presisi (Irfandi et al., 2026). Kemampuan guru dalam menyajikan visualisasi digital di dalam modul meningkatkan daya tarik materi kimia yang selama ini dianggap abstrak oleh siswa. Visualisasi yang jelas membantu peserta didik memahami mekanisme reaksi kimia industri secara lebih komprehensif.

Keberadaan modul ajar yang terstruktur rapi memberikan kemudahan dalam melakukan pemantauan serta evaluasi perkembangan belajar siswa secara berkala. Implementasi model pengajaran yang terencana memfasilitasi pengukuran ketercapaian kompetensi secara transparan dan berkesinambungan (Setiawan et al., 2025). Penilaian tidak hanya berfokus pada hasil akhir, melainkan mencakup penilaian proses saat siswa menjalankan instruksi kerja di dalam modul. Pendekatan evaluasi holistik ini menjamin bahwa setiap siswa mendapatkan umpan balik yang konstruktif untuk perbaikan keterampilan teknis mereka.

Penyediaan luaran bahan ajar berbasis kebutuhan industri ini menegaskan pentingnya konsistensi pemutakhiran materi secara berkelanjutan. Penyempurnaan modul secara berkesinambungan diperlukan guna menyesuaikan perkembangan teknologi manufaktur dan tuntutan kualifikasi tenaga kerja global (Paz-Soldan et al., 2025; Pérez et al., 2026). Evaluasi berkala terhadap keterpakaian modul akan memberikan masukan berharga bagi tim penyusun untuk merevisi konten yang relevan. Langkah ini memastikan bahwa modul ajar senantiasa menjadi dokumen hidup yang efektif dalam mencetak lulusan vokasi yang kompeten.

Sinergi Institusional dan Kerangka Kerja Berkelanjutan untuk Pendidikan Kejuruan yang Terintegrasi dengan Industri

Penyerahan resmi dokumen modul ajar kepada pihak sekolah menandai fase krusial dalam Pelembagaan Kemitraan Strategis antara SMK Negeri 1 Air Putih dan PT Bakrie Renewable Chemicals. Prosesi penyerahan fisik ini merupakan manifestasi konkrit dari peralihan kepemilikan perangkat instruksional kepada komunitas pendidik sekolah sebagai pengguna utama. Komitmen PT Bakrie Renewable Chemicals dalam penyelarasan konteks teknis serta dukungan produksi mempertegas pentingnya peran dunia usaha dan dunia industri dalam memperkuat infrastruktur pendidikan kejuruan hulu. Dokumentasi serah terima perangkat pembelajaran ini mengabadikan momentum formal integrasi standar industri ke dalam ekosistem sekolah.



Gambar 2. Penyerahan Modul Ajar kepada SMK Negeri 1 Air Putih

Sinergi kelembagaan yang terbangun melalui penyerahan luaran fisik ini menetapkan standar baru dalam skema kolaborasi pendidikan vokasi. Keterlibatan aktif industri manufaktur pada tahap penyediaan media pengajaran menjamin bahwa kompetensi yang diajarkan selaras dengan dinamika kebutuhan pasar kerja (Imran et al., 2024). Pembagian peran yang seimbang menempatkan tim pengajar sebagai pemegang kendali pedagogis dan industri sebagai penyedia orientasi relevansi praktis. Model kemitraan hulu ini menciptakan iklim akademik yang kondusif bagi pengembangan profesionalisme guru dan kesiapan kerja siswa.

Langkah formalisasi kerja sama ini diperkuat oleh skema refleksi bersama guna memastikan tingkat pemanfaatan modul secara optimal dalam kegiatan belajar mengajar harian. Refleksi kolaboratif antara pendidik dan praktisi industri berfungsi sebagai sarana evaluasi kualitatif terhadap kesesuaian materi yang telah disusun. Proses perbaikan berkesinambungan ini sejalan dengan upaya penguatan nilai-nilai pembangunan berkelanjutan dalam kurikulum teknologi terapan (Masina, 2025). Keterlibatan berlanjut dari mitra manufaktur menjamin bahwa konten modul senantiasa diperbarui mengikuti perkembangan teknologi terkini.

Keberlanjutan program penguatan kurikulum vokasi ini ditopang oleh peta jalan pengembangan bertahap yang mencakup validasi ahli dan transformasi digital secara konsisten. Integrasi media interaktif dan teknologi informasi secara bertahap dirancang untuk mendukung modernisasi lingkungan belajar kejuruan (John, 2026; Kurniawan et al., 2026). Strategi jangka panjang ini memastikan bahwa luaran fisik yang diserahkan tidak berhenti sebagai dokumen statis, melainkan berkembang menjadi ekosistem belajar yang dinamis. Kerangka kerja keberlanjutan dan tahapan pengembangan program disajikan secara terperinci pada tabel berikut.

Tabel 3. Peta Jalan Strategis Keberlanjutan Pembelajaran Vokasi Berbasis Kemitraan Industri

Tahapan Keberlanjutan	Fokus Tindakan Intervensi	Target Sasaran Dampak
Validasi dan Pemutakhiran	Tinjauan ahli materi dan pemutakhiran kasus industri berkala	Kualitas substansi dan relevansi konten
Digitalisasi Perangkat	Integrasi materi interaktif dan teknologi media digital	Aksesibilitas dan fleksibilitas belajar
Institutionalization	Penetapan modul sebagai standar operasional pengajaran hulu	Kepastian tata kelola kurikulum sekolah
Evaluasi Dampak Longitudin	Pengukuran berkala terhadap efektivitas proses pembelajaran	Peningkatan mutu lulusan dan efikasi diri

Sumber Data: Diolah berdasarkan sintesis konseptual keberlanjutan pendidikan vokasi dan teknologi pendidikan (John, 2026, Kurniawan et al., 2026, Masina, 2025)

Peta jalan strategis pada Tabel 3 menegaskan bahwa penyerahan dokumen fisik hanyalah awal dari transformasi pedagogis yang lebih luas di sekolah. Penguatan tata kelola lembaga melalui penetapan modul sebagai acuan utama harian memberikan kepastian hukum dan operasional bagi tenaga pendidik. Penyesuaian materi secara berkala merespons pergeseran kebutuhan industri manufaktur modern yang kian dinamis (Imran et al., 2024). Kerangka keberlanjutan ini menjamin bahwa investasi sosial yang ditanamkan memberikan dampak jangka panjang bagi mutu pendidikan vokasi.

Transformasi media pengajaran ke arah digitalisasi menjadi kebutuhan yang tidak terelakkan dalam mendukung keberlanjutan skema pembelajaran kejuruan. Integrasi teknologi digital dalam penyampaian materi kurikulum meningkatkan daya jangkauan dan fleksibilitas akses belajar siswa (John, 2026). Modul ajar yang adaptif terhadap perkembangan teknologi informasi memudahkan pendidik dalam memperbarui studi kasus tanpa harus mencetak ulang seluruh dokumen. Pembelajaran yang didukung oleh fasilitas digital mempercepat pemahaman konsep teknik kimia terapan secara mandiri.

Penyelarasan kurikulum vokasi secara holistik juga memberikan kontribusi pada penyiapan

tenaga kerja yang tanggap terhadap isu efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan. Kurikulum yang mengintegrasikan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan membekali siswa dengan kesadaran ekologis yang tinggi saat bekerja di sektor industri (Masina, 2025). Pemahaman mengenai proses produksi bersih dan pengelolaan limbah kimia menjadi nilai tambah bagi kualifikasi lulusan SMK. Integrasi materi keberlanjutan ini memperkuat posisi lulusan dalam menghadapi persaingan di pasar kerja global.

Kehadiran dukungan industri yang terstruktur dalam bentuk perangkat instruksional terbukti mampu meningkatkan rasa percaya diri dan daya saing lulusan vokasi. Sinergi antara pemangku kepentingan pendidikan dan dunia usaha mendorong terciptanya ekosistem pembelajaran yang relevan dan responsif terhadap perubahan (Kurniawan et al., 2026). Siswa tidak hanya menguasai teori akademis dasar, tetapi juga terbiasa dengan standar dan budaya kerja yang berlaku di pabrik manufaktur nyata. Kesiapan kerja yang dibentuk sejak masa sekolah memperlancar transisi lulusan menuju dunia kerja profesional.

Model penguatan kurikulum melalui penyediaan bahan ajar hulu ini memberikan acuan praktis bagi pengembangan program pengabdian masyarakat di sekolah kejuruan lainnya. Pendekatan partisipatif yang menempatkan sekolah sebagai pemilik utama program menjamin keberlangsungan pemanfaatan luaran kegiatan secara mandiri. Pembagian peran yang jelas antara akademisi, praktisi industri, dan pihak sekolah menjadi kunci sukses implementasi revitalisasi vokasi. Keberhasilan model ini membuktikan bahwa penguatan instruksional hulu mampu memberikan dampak nyata pada mutu operasional pengajaran.

Implementasi peta jalan keberlanjutan secara disiplin akan memperkokoh posisi SMK Negeri 1 Air Putih sebagai pusat keunggulan pendidikan kimia industri di tingkat regional. Monitoring dan evaluasi berkala terhadap keterpakaian modul menjadi instrumen penting untuk mengukur ketercapaian target pembelajaran. Komitmen bersama antara institusi pendidikan dan mitra industri harus terus dipelihara melalui komunikasi intensif dan program penyelarasan susulan. Keberlanjutan kolaborasi ini memastikan bahwa lulusan yang dihasilkan senantiasa memiliki kualifikasi yang relevan dengan kebutuhan industri masa depan.

KESIMPULAN

Implementasi program pengabdian masyarakat berupa penguatan pembelajaran kimia industri melalui pengadaan modul ajar kontekstual di SMK Negeri 1 Air Putih berhasil menjembatani kesenjangan instruksional antara kurikulum kejuruan hulu dan kebutuhan nyata industri manufaktur modern. Sinergi strategis yang terjalin antara institusi sekolah dan PT Bakrie Renewable Chemicals membuktikan bahwa intervensi pada penyediaan perangkat pembelajaran hulu mampu menghadirkan bentuk kemitraan yang konkret, terukur, serta berdampak langsung pada kualitas operasional pengajaran harian. Pengintegrasian standar keselamatan kerja, analisis laboratorium terapan, serta kasus industri nyata ke dalam struktur modul ajar tidak hanya memperkuat kepemilikan pedagogis tim pengajar, tetapi juga memicu peningkatan efikasi diri dan kesiapan teknis siswa. Peta jalan pengembangan bertahap yang mencakup validasi ahli, pemutakhiran materi secara periodik, dan transformasi media digital menjadi fondasi utama untuk menjamin keberlanjutan dampak serta transformasi kualitas lulusan vokasi secara berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, A., Jufri, A. W., Sarjan, M., & Anwar, Y. A. S. (2026). Analisis Kebutuhan Pengembangan Bahan Ajar IPAS Berbasis Project-Based Learning dan Edupreneurship pada Program Keahlian Kuliner di SMK. *Literasi: Jurnal Pendidikan Guru Indonesia*, 5(1), 428-435. <https://doi.org/10.58218/literasi.v5i1.2868>
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara. (2025, November 5). *Tingkat pengangguran terbuka (TPT) Provinsi Sumatera Utara sebesar 5,32 persen* [Siaran pers]. <https://sumut.bps.go.id/id/pressrelease/2025/11/05/1374/tingkat-pengangguran-terbuka--tpt--provinsi-sumatera-utara-sebesar-5-32-persen-.html>
- Badan Pusat Statistik. (2026, Mei 5). *Tingkat pengangguran terbuka (TPT) sebesar 4,68 persen: Rata-rata upah buruh sebesar 3,29 juta rupiah* [Siaran pers]. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2026/05/05/2574/tingkat-pengangguran-terbuka--tpt--sebesar-4-68-persen--rata-rata-upah-buruh-sebesar-3-29-juta-rupiah-.html>

- Casmudi, C., & Sugianto, S. (2024). Persiapan Implementasi Kurikulum Merdeka Fase Mandiri Belajar di SMK Swasta (Tinjauan Teknis Analisis). *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(3), 2861-2871. <https://doi.org/10.54371/jiip.v7i3.4185>
- 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>
- Endro, T. T., Rejokirono, R., & Mulyono, R. (2026). Manajemen Teaching Factory Manajemen Teaching Factory untuk Penguatan Budaya K3 Berstandar Industri di SMK Negeri 1 Temanggung. *Media Manajemen Pendidikan*, 9(1), 91-103. <https://doi.org/10.30738/mmp.v9i1.22241>
- Fajjriah, N. (2023). Pengembangan E-Modul Ajar Informatika Untuk Meningkatkan Minat Belajar Dasar Program Keahlian SMK. *JKTP: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 6(4), 218-229. <https://doi.org/10.17977/um038v6i42023p218-229>
- Fitriyana, N., Wiyarsi, A., Pratomo, H., & Marfuatun. (2024). The importance of integrated STEM learning in chemistry lesson: Perspectives from high school and vocational school chemistry teachers. *Journal of Technology and Science Education*, 14(2), 418-437. <https://doi.org/10.3926/jotse.2356>
- Gehrig, M., Knolker, M., Lumsdaine, A., Carasik, L., & Ferris, A. L. (2026). Industry-driven training and curriculum development process. *Fusion Science and Technology*, 1-4. <https://doi.org/10.1080/15361055.2025.2603068>
- Imran, I., Marji, M., Suswanto, H., & Adhikari, B. P. (2024). The influence of Teaching Factory (TEFA) implementation and work readiness on vocational high school students' future job perspectives. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 14(1), 86-96. <https://doi.org/10.21831/jpv.v14i1.66796>
- Irfandi, R., Negara, S. P. J., Rahman, N. F., Riandika, A. A. S., & Almur, F. (2026). Peningkatan Pemahaman Digital Guru Kimia melalui Pelatihan Software ChemDraw di Kabupaten Pangkep. *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 778-789. <https://doi.org/10.53299/ba-jpm.v6i2.4399>
- John, A. (Ed.). (2026). *Digital Technology in Language Education: Research, Practice, and Innovation*. CRC Press.
- Kurniawan, H., Lintong, F. D., Judijanto, L., & Sepriano, S. (2026). *Strategi dan Inovasi Pendidikan Kejuruan*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Lestari, V., Iriani, T., & Anisah, A. (2025). Analisis Pelaksanaan Pembelajaran Diferensiasi Kurikulum Merdeka Program Keahlian Desain Permodelan dan Informasi Bangunan di SMKN 1 Jakarta dan SMKN 35 Jakarta. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 3243-3248. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i3.7445>
- Masina, R. (2025). Integration of Sustainable Development Goals in the Textile Science, Apparel Design, and Technology programs in Zimbabwean universities. *Journal of Adult and Continuing Education*, 31(1), 265-284. <https://doi.org/10.1177/14779714241264972>
- Nugraha, M. R., El Khuluqo, I., & Istaryatiningtias, I. (2025). Evaluasi Implementasi Literasi Digital pada Platform Merdeka Mengajar (PMM) dalam Meningkatkan Budaya Organisasi Pembelajaran Guru SMK Negeri di Jakarta. *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, 8(3), 2101-2111. <https://doi.org/10.30605/jsgp.8.3.2025.7204>
- Paz-Soldan, C., Belonohy, E., Carter, T., Cote, L. E., Kostadinova, E., Lowe, C., ... & Thome, K. E. (2025). Accelerating the fusion workforce. *arXiv preprint arXiv:2501.03372*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2501.03372>
- Pérez, S. N. G., Papadopoulou, P., Leal, A., Bokrantz, J., & Skoogh, A. (2026). Game-changing the way to teach professional maintenance in company-specific production systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 32(5), 34-57. <https://doi.org/10.1108/JQME-03-2025-0015>
- Purtadi, S., Sari, R. L. P., Hidayah, F. F., Pratama, F. I., Irfai, R. A., Wahyuni, T. S., ... & Sinaga, K. (2024). *Problematika pembelajaran kimia di Indonesia*. Mega Press Nusantara.
- Republik Indonesia. (2016). *Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan dalam Rangka Peningkatan Kualitas dan Daya Saing*

- Sumber Daya Manusia Indonesia.* Sekretariat Negara.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/195928/inpres-no-9-tahun-2016>
- Republik Indonesia. (2022). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2022 tentang Revitalisasi Pendidikan Vokasi dan Pelatihan Vokasi.* Sekretariat Negara.
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/207855/perpres-no-68-tahun-2022>
- Sari, C. K., Rejeki, S., Harta, I., & Maulana, M. R. (2025). Penguatan kompetensi guru SMK dalam pembelajaran berbasis proyek untuk mengoptimalkan link and match pendidikan dengan industri. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Wadah Publikasi Cendekia*, 2(1), 146-152.
<https://doi.org/10.63004/jpmwpc.v2i1.599>
- Setiawan, A., Hamdani, A., Komaro, M., Utami, N., & Saputra, N. A. (2025). Teacher competency training in TEFA learning and scientific work at SMKN 4 Sukabumi. *Jurnal Abmas*, 25(1), 17-28. <https://doi.org/10.17509/abmas.v25i1.76236>
- Singh, P. T., Pothier, D. A., Sethupathy, A., Gooding, G., Soukup, D., Reich, J., ... & Warrick, J. S. (2024, November). Industry 4.0 and Modernizing Manufacturing Education. In *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition* (Vol. 88650, p. V007T09A002). American Society of Mechanical Engineers.
<https://doi.org/10.1115/IMECE2024-140099>
- Sudalyo, R. A. T., & Prasetyaningrum, N. E. (2024). Optimalisasi Sinkronisasi dan Pengembangan Kurikulum SMK Bhina Karya Karanganyar: Upaya Meningkatkan Kesesuaian Lulusan dengan Kebutuhan Industri. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 5(2), 1500-1509.
<https://doi.org/10.46306/jabb.v5i2.1330>
- Suwandi, S., & Musyarapah, M. (2026). Manajemen Sumber Daya Manusia Tenaga Layanan Kependidikan Laboran Terhadap Peningkatan Kualitas Proses Belajar Mengajar Praktik di SMK. *Educational Journal*, 1(4), 2028-2038. <https://doi.org/10.63822/qjvdd926>
- Vyas, Y. P., Shehata, M., Weissling, L., & Zolfaghari, N. (2025). Building Skills for Sustainable Engineering: A Path to Carbon Emission Reduction. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.2025.19687>
- Yuliana, G., Herawati, H., Maryuni, S., Nurdini, A., & Samodra, Y. T. J. (2024). Strengthening Case and Project Methods for Improvement Competencies of Vocational Students. *GANDRUNG: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 1579-1590.
<https://doi.org/10.36526/gandrung.v5i1.3268>
- Zhang, J., Peng, S., Wang, P., Zhang, F., Wang, Q., & Dou, Z. (2024). Reconstruction of Curriculum System for Chemical Safety Undergraduate Education under Emerging Engineering Education Requirements. *ACS Chemical Health & Safety*, 31(5), 378-392.
<https://doi.org/10.1021/acs.chas.4c00017>