Copyright © 2025 The Author(s)
Didaktika: Jurnal Kependidikan Vol. 14 No. 4 Nopember 2025

Penerapan Model Problem-Based Learning (PBL) Berbasis Industri Marmer untuk Meningkatkan Pemahaman Konseptual dan Kepedulian Lingkungan Siswa pada Materi Larutan Asam-Basa

Dian Ariani[1], Didik Nurhadi[2], Widiyanti[3]
[1,2,3]Universitas Negeri Malang, Indonesia

[1]dian.ariani.2405518@students.um.ac.id

Abstrak

Pembelajaran kimia di tingkat SMA sering kali masih berorientasi pada hafalan konsep, sehingga pemahaman konseptual siswa terhadap fenomena kimia nyata masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis industri marmer dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan kepedulian lingkungan siswa pada materi larutan asam-basa. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan rancangan studi kasus yang dilaksanakan di SMA Negeri 1 Campurdarat, Tulungagung. Subjek penelitian terdiri atas 30 siswa kelas XI, guru kimia, dan kepala sekolah. Data diperoleh melalui observasi langsung, wawancara, analisis dokumen, dan hasil kerja siswa dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang disusun berdasarkan lima sintak PBL. Analisis data dilakukan melalui tahap reduksi, penyajian, dan penarikan kesimpulan dengan triangulasi sumber. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL berbasis konteks industri marmer mampu meningkatkan keterlibatan aktif dan pemahaman konseptual siswa secara signifikan. Pada tahap penyelidikan, siswa mampu menghubungkan hasil pengukuran pH limbah marmer (pH 7–8 pada industri dan 8–9 pada usaha rumah tangga) dengan konsep asam-basa dan sistem netralisasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Melalui diskusi dan refleksi, siswa menunjukkan peningkatan kemampuan menjelaskan konsep larutan asam-basa dalam konteks kehidupan nyata serta tumbuhnya kesadaran ekologis terhadap pengelolaan limbah industri. Dengan demikian, penerapan PBL berbasis industri lokal tidak hanya memperkuat pemahaman konsep kimia, tetapi juga menumbuhkan karakter peduli lingkungan dan literasi ilmiah yang relevan dengan Kurikulum Merdeka.

Kata kunci: Problem-Based Learning, industri marmer, pemahaman konseptual, larutan asam-basa, kepedulian lingkungan

Pendahuluan

Pembelajaran kimia di sekolah menengah sering kali masih berfokus pada penyampaian konsep secara teoretis dan prosedural tanpa mengaitkannya dengan fenomena nyata di sekitar siswa (Anwar, 2005; Suwardi & Soebiyanto, 2009). Akibatnya, siswa cenderung menghafal rumus dan definisi tanpa memahami makna konseptual di baliknya, sehingga kemampuan mereka untuk menerapkan konsep kimia dalam konteks kehidupan sehari-hari menjadi rendah (Setyaningsih, 2010). Kondisi tersebut juga terjadi pada pembelajaran larutan asam-basa, di mana konsep pH, netralisasi, dan reaksi kimia hanya dipahami secara simbolik, bukan kontekstual. Selain itu, pembelajaran kimia yang tidak relevan dengan pengalaman lokal siswa menyebabkan rendahnya minat dan motivasi belajar (Hotimah, 2020). Di sisi lain, pendekatan pembelajaran berbasis masalah (*Problem-Based Learning*, PBL) diyakini mampu menumbuhkan

kemampuan berpikir kritis, pemahaman konseptual, serta kepedulian terhadap isu-isu lingkungan (Hmelo-Silver, 2004; Eggen & Kauchak, 2012). Model ini berangkat dari masalah autentik yang menantang siswa untuk berpikir ilmiah, mencari solusi, dan merefleksikan hasil pembelajaran (Savery, 2015).

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan PBL dapat meningkatkan hasil belajar dan keterampilan berpikir ilmiah siswa pada berbagai bidang sains. Penelitian oleh Fitriyani, Jalmo, dan Yolida (2019) menemukan bahwa penerapan PBL dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kolaborasi. Penelitian serupa oleh Haetami et al. (2023) menunjukkan efektivitas PBL berbantuan simulasi *PhET* dalam meningkatkan hasil belajar kimia pada materi asam-basa. Dibyantini, Suyanti, dan Silaban (2021) juga menegaskan bahwa PBL efektif dalam menumbuhkan keterampilan sains generik melalui aktivitas penyelidikan dan pemecahan masalah. Pada konteks nasional, Adelila Sari dan Yatna (2015) membuktikan bahwa pembelajaran kimia berbasis lingkungan dengan model PBL dapat meningkatkan minat dan keterampilan berpikir kritis siswa SMA, namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara eksplisit mengintegrasikan konteks industri lokal dalam penerapan PBL. Padahal, industri di sekitar sekolah memiliki potensi besar sebagai sumber belajar autentik (Lestari & Setiawan, 2020; Sudrajat & Purnomo, 2021). Salah satu potensi lokal yang relevan dengan materi kimia adalah industri marmer di Kabupaten Tulungagung, yang menghasilkan limbah padat dan cair dengan karakteristik kimia yang dapat dikaji secara ilmiah (Rodhiani, 2016; Firdaus et al., 2023).

Meskipun banyak penelitian menunjukkan efektivitas PBL dalam meningkatkan pemahaman konsep dan berpikir kritis, masih terbatas penelitian yang memanfaatkan potensi industri marmer sebagai konteks pembelajaran kimia yang bermakna. Studi-studi terdahulu cenderung menekankan aspek pedagogis, belum menelaah secara mendalam keterkaitan antara *scientific inquiry*, kesadaran ekologis, dan pemahaman konseptual dalam situasi nyata di lapangan. Sementara itu, sejumlah kajian lingkungan (Ayuni & Anggriawan, 2020; Santoso, 2019; Satwara, 2023) menunjukkan bahwa limbah industri marmer berpotensi mencemari lingkungan, terutama jika tidak dikelola dengan sistem IPAL yang memadai. Namun, potensi masalah lingkungan ini belum banyak dijadikan bahan kontekstual pembelajaran kimia di sekolah. Hal inilah yang menjadi celah empiris yang perlu dijembatani yakni bagaimana menjadikan isu lingkungan lokal sebagai media untuk mengajarkan konsep ilmiah secara bermakna.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penerapan model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis industri marmer dalam pembelajaran larutan asam-basa untuk meningkatkan pemahaman konseptual dan kepedulian lingkungan siswa SMA**.** Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara model PBL dan konteks industri lokal (marmer) sebagai sumber belajar kimia yang autentik dan relevan dengan kehidupan siswa. Penelitian ini tidak hanya menilai peningkatan pemahaman konsep kimia, tetapi juga menelaah bagaimana pembelajaran berbasis masalah lokal dapat membentuk literasi ilmiah dan kesadaran ekologis siswa**.** Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan model pembelajaran kontekstual berbasis potensi daerah, serta kontribusi praktis bagi guru kimia dalam menerapkan PBL yang berakar pada realitas lokal.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain studi kasus, karena bertujuan memahami secara mendalam penerapan model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis industri marmer dalam pembelajaran larutan asam-basa. Desain ini dianggap paling tepat untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai bagaimana model PBL dapat

Copyright © 2025 The Author(s)

meningkatkan pemahaman konseptual dan kepedulian lingkungan siswa, karena memungkinkan peneliti menggali fenomena secara kontekstual dan alami di lingkungan belajar sebenarnya. Pendekatan ini sesuai dengan panduan Creswell dan Poth (2016) yang menekankan pentingnya eksplorasi mendalam terhadap proses pendidikan yang kompleks dan situasional.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 1 Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur, yang berada di kawasan sentra industri marmer. Lokasi ini dipilih secara purposif karena berdekatan dengan CV Warna Utama Stone, salah satu industri marmer yang telah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan sering dijadikan lokasi penelitian oleh mahasiswa dari berbagai universitas. Subjek penelitian terdiri atas 30 siswa kelas XI yang terlibat aktif dalam pembelajaran larutan asam-basa, guru kimia yang menerapkan model PBL, serta kepala sekolah dan perwakilan pihak industri sebagai informan pendukung. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik purposive sampling, karena setiap partisipan memiliki relevansi langsung terhadap fokus penelitian, yaitu implementasi PBL berbasis konteks lokal (Patton, 2015).

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui observasi, wawancara mendalam, dokumentasi, dan analisis artefak pembelajaran. Observasi dilakukan secara partisipatif selama seluruh tahapan PBL, baik di kelas, di laboratorium kimia sekolah, maupun di lokasi industri marmer. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur terhadap guru, siswa, dan pihak sekolah untuk menggali pengalaman, pemahaman, serta persepsi mereka terhadap kegiatan pembelajaran. Dokumentasi mencakup foto kegiatan, hasil eksperimen, peta konsep, laporan kelompok, serta Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dikembangkan sesuai lima sintak PBL. Catatan lapangan juga digunakan untuk merekam peristiwa penting, dinamika kelas, dan respons siswa selama pembelajaran berlangsung.

Instrumen pengumpulan data disusun berdasarkan kisi-kisi wawancara dan pedoman observasi yang dikembangkan oleh peneliti mengacu pada teori PBL (Savery, 2015; Hmelo-Silver, 2004). Instrumen tersebut divalidasi secara isi melalui konsultasi dengan dosen pembimbing dan guru ahli kimia di sekolah. Peneliti berperan sebagai instrumen utama (human instrument) yang secara aktif mengumpulkan, menafsirkan, dan memverifikasi data di lapangan. Peran ini memungkinkan peneliti memahami secara langsung hubungan antara penerapan PBL dan peningkatan pemahaman konsep siswa dalam konteks lokal yang khas.

Analisis data dilakukan secara interaktif dan berkelanjutan sejak awal hingga akhir penelitian menggunakan model Miles, Huberman, dan Saldaña (2014), yang meliputi tiga langkah utama: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan menyeleksi dan memfokuskan data yang relevan terhadap peningkatan pemahaman konseptual siswa, aktivitas pembelajaran, dan aspek reflektif yang muncul selama pelaksanaan PBL. Penyajian data dilakukan dalam bentuk naratif dan matriks tematik untuk menggambarkan keterkaitan antara aktivitas siswa dan hasil belajar yang diamati. Penarikan kesimpulan dilakukan secara terus-menerus dengan mengonfirmasi temuan antar sumber data hingga mencapai konsistensi interpretatif.

Untuk memastikan validitas dan keabsahan data, digunakan teknik triangulasi sumber dan teknik (Moleong, 2016). Informasi yang diperoleh dari guru, siswa, dan pihak industri dibandingkan dan diverifikasi agar interpretasi hasil penelitian lebih objektif. Selain itu, dilakukan member check dengan mengonfirmasi hasil wawancara kepada informan, serta peer debriefing dengan dosen pembimbing guna meminimalkan bias subjektif peneliti.

Seluruh prosedur penelitian dilaksanakan dengan mematuhi prinsip etika penelitian pendidikan, termasuk memperoleh izin resmi dari pihak sekolah dan Dinas Pendidikan, menjaga kerahasiaan identitas partisipan, serta memastikan keselamatan siswa selama kegiatan di laboratorium dan kunjungan industri. Melalui tahapan metode ini, penelitian dapat direplikasi di konteks pendidikan sains lain yang serupa, sekaligus memberikan gambaran komprehensif

mengenai proses penerapan PBL berbasis industri lokal dalam membentuk pemahaman konseptual dan kepedulian lingkungan siswa.

Hasil

Penelitian ini menghasilkan gambaran menyeluruh mengenai proses penerapan model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis industri marmer pada pembelajaran larutan asam-basa di SMA Negeri 1 Campurdarat. Hasil penelitian diperoleh melalui observasi, wawancara, dan analisis dokumen yang dikumpulkan selama lima tahap penerapan PBL. Setiap sintak menghasilkan data empirik yang menggambarkan dinamika pembelajaran, aktivitas siswa, serta bentuk pemahaman konseptual yang berkembang.

Sintak 1 – Orientasi pada Masalah

Tahap orientasi pada masalah dimulai dengan penayangan video dokumenter mengenai proses industri marmer di CV Warna Utama Stone, yang menampilkan aktivitas pemotongan, penghalusan, dan pembuangan limbah. Siswa menunjukkan antusiasme tinggi dan mengaitkan tayangan tersebut dengan kondisi lingkungan sekitar sekolah. Sebagian siswa menyatakan bahwa mereka sering melihat limbah serupa di jalan menuju sekolah, bahkan beberapa di antaranya berasal dari usaha marmer keluarga mereka sendiri. Guru kemudian memunculkan pertanyaan pemicu seperti: *"Bagaimana cara mengetahui apakah limbah marmer bersifat asam atau basa?"* dan *"Apakah limbah tersebut berbahaya bagi lingkungan?"* Pertanyaan tersebut memancing rasa ingin tahu dan membuat beberapa siswa berinisiatif membawa contoh limbah dari rumah untuk dianalisis. Pada akhir tahap ini, muncul kesepahaman bahwa masalah utama yang akan dikaji adalah karakteristik kimia limbah marmer dan dampaknya terhadap lingkungan.

Sintak 2 – Mengorganisasi Siswa

Siswa dibagi menjadi lima kelompok yang masing-masing terdiri atas enam orang. Pembelajaran dilaksanakan di laboratorium kimia untuk memfasilitasi aktivitas diskusi dan penyelidikan ilmiah. Setiap kelompok menerima LKPD-1, yang berisi panduan pengamatan awal, pembuatan peta konsep, dan perumusan pertanyaan penelitian. Selama kegiatan, siswa mendiskusikan faktor-faktor yang dapat memengaruhi pH limbah marmer, seperti penggunaan bahan penghalus, air cucian, dan pengendapan serbuk batu. Hasil peta konsep menunjukkan bahwa sebagian besar siswa telah mampu mengaitkan fenomena industri dengan konsep kimia, terutama pada hubungan antara reaksi netralisasi, ionisasi, dan pH.

Sintak 3 – Membimbing Penyelidikan

Tahap ini dilakukan melalui kunjungan industri ke CV Warna Utama Stone. Siswa melakukan observasi langsung terhadap proses pengolahan marmer dan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Berdasarkan hasil wawancara dengan teknisi IPAL, diketahui bahwa limbah cair dari proses pemotongan marmer dialirkan melalui kolam sedimentasi dan filtrasi untuk menurunkan kadar padatan dan menetralkan pH. Siswa mengambil sampel limbah cair dan padat dari dua sumber berbeda, yaitu limbah industri skala besar (CV Warna Utama Stone) dan limbah rumah tangga pengrajin marmer lokal**.** Pengujian pH dilakukan di laboratorium kimia sekolah menggunakan indikator universal. Hasil pengukuran pH ditunjukkan pada tabel berikut:

Copyright © 2025 The Author(s)

Tabel 1. Hasil Pengukuran pH Limbah Marmer oleh Siswa

Sumber Limbah	Lokasi Pengambilan	Hasil Pengukuran pH	Karakteristik	Keterangan
Industri marmer besar (CV Warna Utama Stone)	Kolam IPAL tahap akhir	7,5–8,0	Netral–basa lemah	Limbah telah melalui sistem pengolahan IPAL
Pengrajin marmer rumah tangga	Saluran pembuangan langsung	8,5–9,0	Basa	Tidak memiliki sistem IPAL
Air sungai sekitar sekolah	500 meter dari area industri	7,0–7,2	Netral	Air terpengaruh ringan oleh aktivitas industri

Berdasarkan hasil tersebut, siswa menyimpulkan bahwa limbah dari industri besar cenderung memiliki pH mendekati netral karena melalui proses pengolahan, sedangkan limbah rumah tangga menunjukkan pH yang lebih tinggi (basa) akibat tidak adanya sistem penetralan. Hasil ini kemudian menjadi dasar diskusi untuk memahami kaitan antara konsep asam-basa dan pengendalian limbah industri.

Sintak 4 – Mengembangkan dan Menyajikan Hasil

Setelah melakukan pengujian dan analisis, setiap kelompok menyusun laporan hasil eksperimen dalam bentuk tabel dan grafik. Laporan tersebut kemudian dipresentasikan di depan kelas dengan menggunakan media poster dan hasil pengamatan foto. Siswa menunjukkan hasil uji pH dan menjelaskan keterkaitannya dengan reaksi kimia yang terjadi pada proses penetralan. Beberapa kelompok menampilkan grafik perbandingan pH antara limbah industri dan rumah tangga, serta mendiskusikan kemungkinan dampak limbah terhadap kualitas air di sekitar sekolah. Selama presentasi, siswa dari kelompok lain memberikan tanggapan dan pertanyaan kritis, sementara guru berperan sebagai moderator yang mengarahkan diskusi agar tetap fokus pada aspek ilmiah dan lingkungan. Setiap kelompok juga menyampaikan rekomendasi sederhana, seperti pentingnya filtrasi dan penggunaan bahan kimia penetral untuk menjaga pH limbah.

Sintak 5 – Mengevaluasi dan Merefleksi Proses Pemecahan Masalah

Tahap akhir dilakukan melalui kegiatan refleksi kelompok dan individu menggunakan LKPD-4. Guru memberikan waktu bagi siswa untuk menuliskan pengalaman, pemahaman baru, dan pandangan mereka tentang hubungan antara ilmu kimia dan pelestarian lingkungan.

Hasil refleksi menunjukkan bahwa sebagian besar siswa merasa pembelajaran berbasis konteks industri marmer membantu mereka memahami konsep asam-basa secara nyata. Beberapa siswa menulis bahwa mereka kini memahami mengapa pH air limbah harus dikontrol agar tidak merusak lingkungan. Selain itu, siswa menyatakan bahwa kegiatan lapangan dan eksperimen di laboratorium membuat pembelajaran kimia terasa lebih bermakna, tidak hanya sebagai hafalan rumus, tetapi sebagai cara berpikir ilmiah untuk memecahkan masalah kehidupan. Guru mencatat peningkatan partisipasi aktif siswa selama seluruh rangkaian kegiatan, serta munculnya rasa tanggung jawab terhadap lingkungan sekitar.

Pembahasan diawali dengan ringkasan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa penerapan model Problem-Based Learning (PBL) berbasis industri marmer mampu meningkatkan motivasi dan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran kimia. Selain itu, siswa menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menghubungkan konsep teoretis dengan

fenomena nyata yang mereka temui selama penyelidikan di industri marmer. Aktivitas investigatif yang dilakukan secara langsung juga menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam terhadap materi larutan asam-basa, khususnya terkait pH, netralisasi, dan reaksi ionisasi. Dampak penting lainnya adalah tumbuhnya kesadaran ekologis siswa mengenai pengelolaan limbah industri marmer secara kimiawi, yang tercermin melalui refleksi mereka terhadap pentingnya menjaga keseimbangan lingkungan. Secara keseluruhan, temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi konteks industri lokal dalam PBL memperkuat pemahaman konsep dan membangun kepedulian lingkungan siswa secara bersamaan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis industri marmer memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konseptual dan kepedulian lingkungan siswa pada materi larutan asam-basa. Proses pembelajaran yang diawali dengan pengenalan masalah kontekstual nyata yaitu pengolahan dan pembuangan limbah marmer di sekitar sekolah berhasil memunculkan *curiosity* dan *sense of relevance* pada diri siswa.

Kegiatan penyelidikan langsung di industri marmer memungkinkan siswa untuk melihat keterkaitan antara fenomena kimia dan praktik industri, sehingga konsep pH, netralisasi, dan reaksi ionisasi tidak lagi bersifat abstrak. Proses analisis limbah cair dan padat menghasilkan data pH yang berbeda antara limbah rumah tangga (pH 8–9, bersifat basa) dan limbah industri besar (pH mendekati netral karena telah melalui sistem IPAL). Fakta ini menjadi sarana konkret bagi siswa untuk memahami penerapan konsep asam-basa dalam konteks lingkungan.

Pembelajaran semacam ini sejalan dengan pandangan Hmelo-Silver (2004) bahwa PBL berfungsi untuk membantu siswa mengembangkan pemahaman mendalam melalui keterlibatan langsung dengan masalah kompleks yang tidak memiliki satu jawaban benar. Dalam konteks ini, siswa tidak hanya memahami konsep pH, tetapi juga mampu menalar secara ilmiah hubungan antara pengelolaan limbah dan keberlanjutan lingkungan. Selain itu, peningkatan partisipasi dan antusiasme siswa selama diskusi kelompok menunjukkan bahwa aktivitas kolaboratif dalam PBL efektif menumbuhkan keterampilan berpikir kritis, sebagaimana dikemukakan Fitriyani et al. (2019), bahwa diskusi berbasis masalah mendorong kemampuan analitis dan argumentatif siswa secara alami.

Temuan penelitian ini konsisten dengan hasil penelitian Adelila Sari & Yatna (2015) yang menunjukkan bahwa penerapan PBL berbasis lingkungan dapat meningkatkan minat dan keterampilan berpikir kritis siswa SMA dalam pembelajaran kimia. Keduanya menekankan pentingnya keterkaitan antara konteks lokal dan konten sains sebagai kunci keberhasilan PBL.

Dibyantini et al. (2021) juga menemukan bahwa penerapan PBL dalam topik reaksi organik mampu meningkatkan keterampilan sains generik mahasiswa karena siswa terlibat aktif dalam merumuskan dan menguji hipotesis. Hasil ini mendukung temuan di SMA Negeri 1 Campurdarat, di mana siswa tidak hanya mengamati fenomena, tetapi juga melakukan investigasi ilmiah melalui pengukuran pH dan diskusi hasil. Penelitian oleh Valdez dan Bungihan (2019) memperkuat temuan ini dengan menyatakan bahwa pendekatan PBL secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah kimia melalui kegiatan eksplorasi mandiri dan kolaboratif. Perbandingan ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis masalah dengan konteks nyata, seperti industri marmer, memiliki kekuatan dalam menumbuhkan *scientific reasoning* dan *environmental awareness*. Di sisi lain, penelitian Haetami et al. (2023) yang menggunakan PBL berbantuan simulasi PhET pada materi asam-basa menunjukkan peningkatan pemahaman konsep secara virtual. Namun, penelitian ini menekankan pentingnya

Copyright © 2025 The Author(s)

kontekstualisasi lokal agar siswa lebih memahami penerapan konsep di dunia nyata. Dengan demikian, penelitian berbasis industri marmer ini memperluas temuan sebelumnya dengan menambahkan unsur *local wisdom* dan *real laboratory investigation*.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pandangan konstruktivisme bahwa pembelajaran bermakna terjadi ketika siswa membangun pengetahuan melalui pengalaman nyata. Penerapan PBL berbasis industri marmer memberikan kesempatan autentik bagi siswa untuk menemukan makna konsep asam-basa melalui interaksi langsung dengan permasalahan lingkungan lokal. Dari perspektif praktis, pembelajaran kimia yang terintegrasi dengan konteks industri lokal memiliki beberapa implikasi penting. Pertama, model ini berpotensi mengintegrasikan pendidikan lingkungan ke dalam pembelajaran kimia, sehingga siswa memahami bahwa konsep kimia memiliki relevansi langsung dengan kehidupan sehari-hari dan keberlanjutan ekologis. Kedua, penerapan PBL berbasis industri dapat memperkuat hubungan kemitraan antara sekolah dan dunia industri; guru dapat memanfaatkan potensi industri sekitar sebagai sumber belajar, sejalan dengan gagasan Rahmawati dan Nugraha (2019) tentang "kelas industri" sebagai sarana pengembangan kompetensi peserta didik. Ketiga, pembelajaran kontekstual seperti ini berkontribusi pada peningkatan literasi ilmiah siswa, karena melalui kegiatan observasi, eksperimen, dan diskusi, mereka mengembangkan keterampilan *inquiry*, analisis data, serta komunikasi ilmiah yang selaras dengan Profil Pelajar Pancasila dalam Kurikulum Merdeka. Dengan demikian, penerapan PBL berbasis industri marmer tidak hanya memperkaya pengalaman belajar, tetapi juga memperkuat keterampilan ilmiah dan karakter ekologis yang relevan untuk pendidikan abad ke-21.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa PBL berbasis industri mampu menumbuhkan *ecological citizenship* di kalangan siswa yaitu kesadaran bahwa tindakan kecil dalam memahami limbah dapat berkontribusi pada pelestarian lingkungan. Hal ini sesuai dengan pandangan Lestari & Setiawan (2020) bahwa pembelajaran berbasis industri bukan hanya untuk peningkatan kompetensi teknis, tetapi juga pembentukan karakter.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, kegiatan observasi industri hanya dilakukan di satu lokasi, yaitu CV Warna Utama Stone, sehingga variasi pengelolaan limbah dari industri lain belum tergambarkan secara menyeluruh. Kedua, sampel penelitian terbatas pada satu kelas (30 siswa), sehingga generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas perlu dilakukan dengan hati-hati. Selain itu, waktu pelaksanaan pembelajaran yang relatif singkat (lima pertemuan) membatasi kedalaman eksplorasi terhadap variabel afektif seperti kepedulian lingkungan dan sikap ilmiah. Peneliti juga berperan ganda sebagai *observer* sekaligus mitra dialog guru, yang meskipun memperkaya data, dapat menimbulkan potensi bias interpretatif. Namun, triangulasi data melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi telah dilakukan untuk meminimalkan bias tersebut.

Berdasarkan keterbatasan penelitian ini, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat menjadi arah bagi penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian mendatang disarankan melibatkan lebih banyak sekolah dengan karakteristik lingkungan industri yang beragam agar diperoleh perbandingan hasil lintas konteks yang lebih komprehensif. Kedua, penggunaan instrumen kuantitatif—seperti tes diagnostik atau rubrik kemampuan berpikir kritis—perlu ditambahkan untuk memperkuat temuan kualitatif terutama terkait peningkatan pemahaman konseptual siswa. Ketiga, pendekatan PBL dapat diintegrasikan dengan teknologi digital seperti simulasi PhET atau virtual laboratory, sehingga siswa dapat mengevaluasi perbedaan antara hasil penyelidikan nyata dan hasil simulatif. Selain itu, penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan model PBL berbasis industri yang melibatkan kolaborasi lintas disiplin, misalnya dengan mata pelajaran geografi atau ekonomi, guna memperluas perspektif keberlanjutan. Melalui langkah-langkah tersebut, PBL berbasis potensi industri lokal berpeluang menjadi model pembelajaran

kontekstual yang tidak hanya meningkatkan literasi sains siswa, tetapi juga menumbuhkan kesadaran ekologis dan keterampilan abad ke-21.

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan model *Problem-Based Learning (PBL)* berbasis industri marmer memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan pemahaman konseptual siswa tentang materi larutan asam-basa sekaligus menumbuhkan kepedulian terhadap isu lingkungan lokal. Melalui proses pembelajaran yang berpusat pada masalah nyata yaitu pengelolaan limbah marmer di sekitar sekolah siswa menunjukkan peningkatan dalam kemampuan mengamati, mengukur, dan menafsirkan fenomena kimia secara ilmiah. Temuan ini memperlihatkan bahwa konteks industri lokal dapat berfungsi sebagai *learning laboratory* yang memperkuat keterkaitan antara konsep teoretis dan aplikasi praktis kimia dalam kehidupan sehari-hari.

Namun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain ruang lingkup lokasi yang terbatas pada satu industri marmer dan satu kelas eksperimen, sehingga hasilnya tidak dapat digeneralisasikan secara luas. Selain itu, durasi penerapan model yang relatif singkat belum memungkinkan eksplorasi mendalam terhadap aspek afektif dan sosial siswa dalam pembelajaran berbasis industri. Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan bukti empiris bahwa pendekatan PBL berbasis konteks lokal mampu meningkatkan *scientific literacy* dan *environmental awareness* siswa, serta memperluas perspektif pembelajaran kimia ke arah pendidikan yang lebih kontekstual dan berkelanjutan. Secara ilmiah, penelitian ini memajukan pengetahuan dalam bidang pendidikan kimia dengan menghadirkan model implementatif *industry-linked contextual learning* yang menekankan integrasi antara sains, lingkungan, dan masyarakat. Pendekatan ini memperkuat teori konstruktivisme dalam konteks nyata serta membuka ruang bagi pengembangan kurikulum berbasis potensi daerah sebagai bagian dari inovasi pedagogis abad ke-21.

References

Adelila Sari, S., & Yatna, S. (2015). *Implementasi pembelajaran kimia berbasis lingkungan dengan model problem-based learning (PBL) untuk meningkatkan minat dan keterampilan berpikir kritis pada siswa SMA.* *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 3(1), 47–58.

Anwar, B. (2005). *Kimia untuk SMA/MA kelas XI*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional

Aryndhy, A. (2024). *Dampak lingkungan industri marmer di Kabupaten Tulungagung*. Tulungagung: Balitbangda.

Ayuni, N. M., & Anggriawan, M. A. (2020). *Pengaruh limbah marmer terhadap kualitas tanah di sekitar area industri*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 14(1), 56–63.

Azizah, J. I. (2017). Perkembangan Industri Marmer D Desa Besole Kabupaten Tulungagung Tahun 1990-1998. *Avatara: Jurnal Pendidikan Sejarah*, *5*(3).

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.

Dibyantini, R., Suyanti, R., & Silaban, R. (2021). The effectiveness of problem-based learning model through providing generic science skill in organic chemistry reaction subject. *Journal of Physics: Conference Series*. https://consensus.app/papers/the-effectiveness-of-problem-based-learning-model-through-dibyantini-suyanti/28d185ac42505eaa87c385e8434ce8dd/?utm_source=chatgpt

Copyright © 2025 The Author(s)

Eggen, P., & Kauchak, D. (2012). Strategi dan model pembelajaran. Jakarta: Indeks.

Fadzry, N., Hidayat, H., & Eniati, E. (2020). Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 80-89.

Firdaus, R. N., Mulyanti, S., Alawiyah, N., & Videsia. (2023). *Produksi marmer dan pengolahan limbah di sentra industri marmer Kabupaten Tulungagung.* Chempublish Journal*, 6*(2), 103-117.

Fitriyani, D., Jalmo, T., & Yolida, B. (2019). Penggunaan problem based learning untuk meningkatkan keterampilan kolaborasi dan berpikir tingkat tinggi. *Jurnal bioterdidik*, *7*(3), 77-87.

Gencel, O., Nodehi, M., Bayraktar, O. Y., Kaplan, G., Benli, A., Koksal, F., Bilir, T., Siddique, R., & Ozbakkaloglu, T. (2022). The use of waste marble for cleaner production of structural concrete: A comprehensive experimental study. *Construction and Building Materials*. https://consensus.app/papers/the-use-of-waste-marble-for-cleaner-production-of-gencel-nodehi/97bde6b92e105b32840ff516bb046af4/?utm_source=chatgpt

Gulo, A. (2022). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning Dalam Meningkatkan Motivasi Dan Hasil Belajar IPA. *Educativo: Jurnal Pendidikan*, *1*(1), 334-341.

Haetami, A., Zulvita, N., Dahlan, M., Maysara, M. A., & Santoso, T. (2023). Investigation of Problem-Based Learning (PBL) on Physics Education Technology (PhET) Simulation in Improving Student Learning Outcomes in Acid-Base Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. https://consensus.app/papers/investigation-of-problembased-learning-pbl-on-physics-penelitian-ipa/4c06486d87b45866b15208bb1275e463/?utm_source=chatgpt

Hanun, M. (2017). Integrasi-interkoneksi Islam dan sains dalam proses pembelajaran kimia di SMA Muhammadiyah 3 Yogyakarta. *[Tesis, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga]*. Diakses dari https://digilib.uin-suka.ac.id/28163/1/13670046_BAB-I_IV-atau-V_DAFTAR-PUSTAKA.pdf

Harsono. (2018). **Etnografi pendidikan: Suatu desain penelitian kualitatif**. GumpangAgung III.

Herawati, A., Nugroho, A. A., & Estiyani, E. (2023). Penerapan Vidio Pembelajaran Kontestual Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pelajaran Matematika Kelas II. *Jurnal Pendidikan Guru Profesional*, *1*(2), 115-128.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn?. *Educational psychology review*, *16*(3), 235-266.

Hotimah, H. (2020). Penerapan metode pembelajaran problem based learning dalam meningkatkan kemampuan bercerita pada siswa sekolah dasar. *Jurnal edukasi*, *7*(2), 5-11.

Inayah, Z., Buchori, A., & Pramasdyahsari, A. S. (2021). The effectiveness of problem based learning (pbl) and project based learning (pjbl) assisted kahoot learning models on student learning outcomes. *International Journal of Research in Education*, *1*(2), 129-137.

Indririyani, F., & Fauzy, A. (2016). *Studi kasus pengelolaan limbah industri kecil marmer*. Jurnal Sains Lingkungan*, 4*(3), 98–105.

Ismail, R., & Imawan, O. R. (2022, January). The effectiveness of problem-based learning in terms of learning achievement, problem-solving, and self-confidence. In *5th International Conference on Current Issues in Education (ICCIE 2021)* (pp. 238-243). Atlantis Press.

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2020). *Panduan pembelajaran kimia berbasis kurikulum merdeka*. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Kementerian *Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (2014). Permendikbud nomor 79 tahun 2014 tentang muatan lokal kurikulum.* Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Komnitsas, K., Soultana, A., & Bartzas, G. (2021). Marble waste valorization through alkali activation. *Minerals*. https://consensus.app/papers/marble-waste-valorization-through-alkali-activation-komnitsas-soultana/93af235e74e15e22a37d0b7915980e90/?utm_source=chatgpt

Kurniawati, A., & Titisari, S. (2019). *Kajian potensi daur ulang limbah marmer sebagai bahan konstruksi alternatif*. Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 6*(1), 33–40.

Laksmita, T. (2013). *Pemanfaatan limbah marmer menjadi bahan campuran paving block*. *Seminar Nasional Inovasi dan Teknologi*, Universitas Brawijaya.

Latifah, N. N., Artharina, F. P., & Arifin, Z. (2019). Analisis pencapaian kompetensi kognitif dalam pembelajaran muatan lokal bahasa jawa materi tembang. *Journal for Lesson and Learning Studies*, *2*(2), 276-283.

Lestari, R., & Setiawan, H. (2020). *Strategi pembelajaran berbasis industri untuk meningkatkan kompetensi siswa.* *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 27(3), 187–202.

Lexy J. Moleong (2016) dalam buku *Metodologi Penelitian Kualitatif* halaman 186

Mayasari, A., Arifudin, O., & Juliawati, E. (2022). Implementasi model problem based learning (PBL) dalam meningkatkan keaktifan pembelajaran. *Jurnal Tahsinia*, *3*(2), 167-175.

McGarvey, D. J. (2006). *Industry-linked context-based chemistry practicals. New Directions in the Teaching of Physical Sciences, 2*, 57–64. https://consensus.app/papers/industrylinked-contextbased-chemistry-practicals-mcgarvey/7c8b6a5012635d7db348fecec0650d84/?utm_source=chatgpt

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Moleong, L. J., & Surjaman, T. (2014). Metodologi penelitian kualitatif.

Mutiara, P., Yusuf, F., & Lukman, H. (2019). *Implementasi pembelajaran muatan lokal berbasis potensi daerah*. Jurnal Pendidikan Lokal*, 10*(1), 22-30.

Nareswari, T. J., Wijaya, H. W., & Setiawan, N. C. E. (2024). Development of STEAM-2C: Integrated Acid-Base Digital Book Based on Malang Local Wisdom. *E3S Web of Conferences*. https://consensus.app/papers/development-of-steam2c-integrated-acidbase-digital-book-nareswari-wijaya/75f471ccafd55340a889a5e152ab0956/?utm_source=chatgpt

Neuman, W. L. (1991). **Social research methods: Qualitative and quantitative approaches* (4th ed.)*. Allyn and Bacon.

Pangayoman, R., & Muta'ali, L. (2017). *Kajian spasial dampak lingkungan industri marmer di Tulungagung*. Jurnal Perencanaan *Wilayah dan Kota, 23*(1), 45–59.

Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). SAGE Publications.

Penelitian, J., Pendidikan IPA, Marthin, E. F., Hardeli, Oktavia, B., & Kurniawati, D. (2024). Development of Problem-Based Learning Student Worksheet Integrated with Ethnoscience on Acid-Base Material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. https://consensus.app/papers/development-of-problembased-learning-student-worksheet-penelitian-ipa/c280bd06347858aea2d91ce5de497184/?utm_source=chatgpt

Copyright © 2025 The Author(s)

Permata, D., & Wahyunir, T. P. (2024). Implementation of the Problem-Based Learning Model to Improve Student Learning Outcomes on Green Chemistry Material in E Phase MAS MTI Batang Kabung, Padang City. *Science Get Journal*. https://consensus.app/papers/implementation-of-the-problembased-learning-model-to-permata-wahyunir/18a8a18e2c8959acb3beb11b15e9045e/?utm_source=chatgpt

Prasmala, E. R. (2015). Penerapan Model Pembelajaran Problem Based Learning (Pbl) Berbasis Lesson Study Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Aktivitas Mahasiswa Pendidikan Biologi Universitas Negeri Malang Pada Mata Kuliah Pengembangan Kurikulum. *JEMS: Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, *3*(2), 55-63. **DOI:** https://doi.org/10.25273/jems.v3i2.191

Rahmawati, D., & Nugraha, A. (2019). *Model kelas industri dalam pembelajaran berbasis proyek.* *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pengajaran*, 8(1), 45–60.

Rodhiani, S. (2016). *Kendala pengelolaan limbah oleh pelaku industri marmer skala kecil di Tulungagung*. Jurnal Teknologi dan Masyarakat*, 8*(2), 77–84.

Rusmono, R., & Pd, M. (2012). *Strategi pembelajaran dengan problem based learning itu perlu.* Bogor: Ghalia Indonesia.

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Essential readings in problem-based learning: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows*, *9*(2), 5-15.

Santoso, B. (2019). *Potensi industri marmer dalam pendidikan sains: Studi kasus di Tulungagung*. *Jurnal Geologi Indonesia*, 15(2), 112–127.

Santoso, Y., & Purnomo, T. (2022). *Magang industri sebagai strategi penguatan kompetensi siswa.* *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*, 14(2), 67–81.

Sari, O. K., Kurniati, E., & Rahadi, B. (2017). *Evaluasi Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Pada PT Industri Marmer Indonesia Tulungagung, Desa Besole, Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung.* Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, *4*(1), 1-9.

Sari, R. A., Wibowo, H., & Sulistyawati, Y. (2017). *Inovasi pemanfaatan limbah marmer menjadi batako ramah lingkungan*. Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur, *5*(3), 61–68.

Satwara, D. (2023). *Analisis tumpukan limbah marmer terhadap nilai ekologis kawasan industri. Jurnal Penataan Lingkungan, 11*(1), 70–81.

Setyaningsih, S. O. (2010). *Kajian tentang problem based learning (PBL) terhadap hasil belajar dan keterampilan pemecahan masalah siswa kelas XI SMAN 7 Malang pada materi pokok larutan penyangga* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang).

Subiyantoro, S. 8. Teacher and Student Perceptions of Problem-Based Learning.

Sudrajat, H., & Purnomo, Y. (2021). *Integrasi pembelajaran berbasis industri dalam kurikulum sekolah menengah kejuruan*. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 27(1), 45–58.

Sugiyono. (2010). **Metode penelitian pendidikan: Pendekatan kuantitatif, kualitatif, dan R&D**. Alfabeta.

Sunarto, S., et al. (2011). Pembelajaran interaktif menggunakan industri kimia lokal sebagai sumber belajar pada kimia analisis II. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains, 16*(1), 31-39. https://doi.org/10.21831/jpms.v16i1.12211

Supriyanta, A. (2021). *Implementasi kurikulum muatan lokal di era otonomi daerah*. Justiciabelen*, 1*(2), 1267-1278.

Suseno, R. (2021). *Studi pengaruh limbah cair marmer terhadap kualitas air sumur warga*. Jurnal Ilmu Lingkungan Indonesia*, 19*(4), 88–95.

Suwardi, & Soebiyanto. (2009). *Panduan pembelajaran kimia 11 untuk SMU & MA*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

Valdez, J. E., & Bungihan, M. E. (2019). Problem-based learning approach enhances the problem solving skills in Chemistry of high school students. *Journal of Technology and Science Education*. https://consensus.app/papers/problembased-learning-approach-enhances-the-problem-valdez-bungihan/9021b4c369fc59ebb8b66f9df83819ea/?utm_source=chatgpt

Videsia, V. (2017). *Produksi marmer dan pengolahan limbah di sentra industri marmer Kabupaten Tulungagung (Studi di industri marmer X dan Y Desa Gamping Kecamatan Campurdarat Tulungagung)*.

Wijnia, L., Noordzij, G., Arends, L. R., Rikers, R. M., & Loyens, S. M. (2024). The effects of problem-based, project-based, and case-based learning on students' motivation: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, *36*(1), 29.

yustiana, y. r. (2022). peluang muatan lokal dalam pembelajaran ipa dalam perspektif ruu sisdiknas.