

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan oleh bahan kimia sintetis telah menjadi krisis global yang mengancam stabilitas ekosistem dan kesehatan manusia. Data mutakhir menunjukkan peningkatan drastis pelepasan bahan kimia aktif yang mencapai triliunan ton per tahun (Scheringer *et al.*, 2022), dengan potensi menimbulkan bencana ekologis (Naidu *et al.*, 2021). Kondisi ini menjadi semakin serius karena kontribusi signifikan justru berasal dari aktivitas laboratorium ilmiah yang menghasilkan limbah berbahaya (Nwobi *et al.*, 2025). Fakta ini mempertegas bahwa pendekatan konvensional yang hanya berfokus pada pengendalian limbah sudah tidak memadai. Di sinilah paradigma kimia hijau (*green chemistry*) hadir sebagai solusi fundamental dengan menekankan pencegahan timbulnya limbah berbahaya sejak awal desain proses kimia (Anastas & Warner, 1998).

Potensi sumber daya alam lokal untuk mendukung prinsip kimia hijau salah satunya terletak pada ekosistem mangrove. Provinsi Kepulauan Riau memiliki cadangan signifikan dengan luas 66.943 hektar (Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2025). Lebih dari sekadar penyerap karbon (Tahir *et al.*, 2023), mangrove menyimpan potensi kimiawi yang relevan untuk pendidikan. Landasan ilmiah membuktikan ekosistem mangrove kaya akan senyawa pigmen seperti flavonoid, tanin, dan antosianin (Budiyanto *et al.*, 2022; Rahmawati *et al.*, 2024), dimana ekstraknya menunjukkan perubahan warna yang jelas pada kondisi asam dan basa (Korfii *et al.*, 2020). Sensitivitas warna ini, yang secara universal dimiliki

senyawa antosianin (Negi, 2025), menjadikan mangrove kandidat ideal untuk indikator asam-basa alami. Keunggulan utamanya terletak pada sifat terbarukan, mudah terurai, dan berpotensi menggantikan pewarna sintetis (Perera *et al.*, 2025). Namun demikian, potensi strategis ini belum diimbangi integrasinya dalam desain pembelajaran, sehingga peserta didik kehilangan peluang mempelajari kimia berkelanjutan yang kontekstual dengan lingkungan maritim mereka.

Dalam praktiknya, upaya menerapkan kimia hijau di sekolah masih terkendala oleh dominasi indikator sintetis seperti fenolftalein dan metil jingga dalam praktikum (Das & Bhagawati, 2024). Di balik kepraktisannya, senyawa-senyawa ini relatif mahal dan menyimpan risiko lingkungan serta kesehatan karena sifatnya yang toksik, sulit terurai, dan pada konsentrasi rendah sekalipun dapat membahayakan biota akuatik (Kanmani *et al.*, 2025; Madesh *et al.*, 2024). Masalah ini diperparah oleh lemahnya sistem pengelolaan limbah laboratorium pendidikan, di mana limbah cair yang mengandung sisa indikator sintetis seringkali dibuang tanpa pengolahan yang memadai (Saifuddin *et al.*, 2023). Dengan demikian, tercipta sebuah paradoks dimana pembelajaran kimia yang bertujuan membangun kesadaran lingkungan justru berpotensi menjadi sumber pencemaran itu sendiri.

Menjawab paradoks tersebut, indikator alami menawarkan solusi kimia hijau yang mudah terurai dan tidak beracun (Onuegbu *et al.*, 2023). Pendekatan ini tidak hanya mencegah limbah dan menciptakan praktikum kontekstual (Almeida *et al.*, 2020), tetapi juga mengoptimalkan potensi lokal ekosistem mangrove Kepulauan Riau yang selama ini belum dimanfaatkan dalam pembelajaran. Pengembangan indikator alami ini merefleksikan prinsip inti kimia hijau melalui

pemanfaatan bahan baku terbarukan dan desain ramah lingkungan (Suteerapataranon *et al.*, 2024). Secara strategis, pendekatan ini selaras dengan agenda pembangunan berkelanjutan melalui pendidikan berkualitas (SDG 4) dan konsumsi produksi bertanggung jawab (SDG 12) (Ogodo & Abosede, 2025; UNESCO, 2017). Dengan demikian, inovasi indikator alami mangrove tidak hanya menjawab masalah lokal, tetapi juga terhubung dengan visi global sekaligus mentransformasikan pembelajaran kimia menjadi bagian integral dari proses internalisasi nilai keberlanjutan. Namun, untuk mencapai internalisasi nilai tersebut secara mendalam, pendekatan ini juga harus mampu menjawab tantangan pedagogis mendasar dalam pembelajaran kimia.

Untuk menjawab tantangan pedagogis tersebut, penggunaan indikator alami dalam pembelajaran asam-basa juga berkaitan erat dengan karakteristik konseptual materi asam-basa. Pemahaman konsep asam-basa menuntut keterkaitan antara fenomena yang dapat diamati secara langsung dengan penjelasan pada tingkat partikel dan simbol kimia (Nuraida *et al.*, 2021). Namun, pembelajaran di sekolah belum secara optimal memberikan pengalaman makroskopik (fenomena kimia yang dapat diamati secara langsung melalui indera) yang memadai, sehingga peserta didik langsung berhadapan dengan simbol dan perhitungan pH tanpa landasan konseptual yang kuat (Pikoli, 2020). Akibatnya, representasi submikroskopik (penjelasan fenomena kimia pada tingkat partikel seperti atom, molekul, dan ion) dan simbolik (penggambaran konsep kimia melalui simbol, rumus, dan persamaan reaksi) sulit dipahami secara bermakna dan menjadi sumber utama kesulitan konseptual peserta didik pada materi asam-basa. (Mujibaturrahmi

et al., 2022). Kondisi ini menyebabkan pemahaman pH berkembang secara prosedural melalui hafalan rumus dan penggunaan kalkulator, tanpa pemaknaan terhadap sifat asam-basa dan proses kimia yang mendasarinya (Watters & Watters, 2006). Oleh karena itu, pengalaman makroskopik yang kuat, kontekstual, dan bermakna yang diperoleh melalui praktikum indikator alami mangrove perlu diintegrasikan sebagai fondasi pembelajaran, sehingga pemahaman representasi submikroskopik dan simbolik dapat dibangun secara lebih bermakna dan pada akhirnya mendukung peningkatan literasi kimia peserta didik secara utuh.

Implementasi kimia hijau memerlukan pendekatan kontekstual melalui CTL yang terbukti efektif meningkatkan literasi sains (Nurvitasari *et al.*, 2019; Safnowandi, 2020). Fokus pada literasi kimia menjadi krusial dalam penelitian ini, mengingat literasi kimia sebagai kemampuan mengaplikasikan konsep kimia dalam kehidupan nyata (Shwartz *et al.*, 2006), masih menjadi tantangan besar. Data menunjukkan literasi kimia peserta didik khususnya dalam materi asam-basa sangat rendah, ditandai dengan lemahnya kemampuan menghubungkan konsep dengan lingkungan sekitar (Nurisa & Arty, 2019; Prasemmi *et al.*, 2021). Pembelajaran berbasis konteks sendiri telah terbukti efektif meningkatkan literasi kimia (Wiyarsi *et al.*, 2020). Oleh karena itu, praktikum indikator alami mangrove dirancang untuk menjadi konteks pembelajaran yang ideal, yang diharapkan dapat meningkatkan literasi kimia sekaligus melatih penguasaan konsep asam-basa dan penerapannya dalam identifikasi masalah limbah indikator sintesis.

Kesenjangan antara eksplorasi ilmiah dan implementasi pembelajaran yang mengintegrasikan pemanfaatan mangrove semakin nyata dalam temuan lapangan.

Kajian literatur menunjukkan bahwa penelitian mangrove lebih banyak berfokus pada karakterisasi senyawa bioaktif untuk kepentingan industri, sementara pemanfaatannya sebagai sumber belajar dalam pembelajaran kimia hijau di sekolah masih terbatas. Bukti empiris dari wawancara guru kimia di SMA Tanjungpinang menunjukkan bahwa peserta didik masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep asam-basa pada berbagai representasi kimia, sehingga diperlukan pembelajaran yang diawali dari pengalaman makroskopik yang konkret sebagai dasar untuk memahami representasi submikroskopik dan simbolik. Meskipun peserta didik telah diperkenalkan pada praktikum asam-basa menggunakan indikator alami dari bahan sehari-hari, kegiatan tersebut belum secara sistematis diarahkan untuk memperkuat aspek konteks literasi kimia melalui pemanfaatan potensi lokal mangrove sebagai sumber belajar. Di sisi lain, keterbatasan ketersediaan dan penggunaan bahan praktikum kimia di sekolah turut membatasi intensitas kegiatan eksperimen. Namun demikian, berdasarkan hasil angket peserta didik, minat terhadap praktikum berbahan alami, kepedulian terhadap penggunaan bahan kimia yang aman, serta keinginan untuk mempelajari pemanfaatan mangrove dalam pembelajaran menunjukkan kecenderungan yang tinggi. Selain itu, peserta didik juga menunjukkan ketertarikan yang sangat tinggi terhadap pembelajaran kimia yang melibatkan percobaan langsung, sehingga aktivitas praktikum menjadi salah satu pendekatan yang potensial dalam meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik.

Berdasarkan uraian sebelumnya, tampak adanya kebutuhan yang kuat untuk menjembatani kesenjangan antara potensi ekosistem mangrove Kepulauan Riau

yang belum dimanfaatkan secara optimal, keterbatasan pelaksanaan praktikum di sekolah, dan tingginya minat peserta didik terhadap pembelajaran yang bersifat kontekstual dan berorientasi pada keberlanjutan. Upaya untuk menyinergikan ketiga aspek tersebut melalui inovasi pembelajaran berbasis kimia hijau masih sangat terbatas, terutama dalam konteks wilayah maritim Kepulauan Riau. Oleh karena itu, penelitian yang mengkaji pengaruh pendekatan ini terhadap literasi kimia peserta didik menjadi sangat diperlukan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan keseluruhan uraian di atas, teridentifikasi kesenjangan antara potensi strategis pemanfaatan mangrove sebagai sumber indikator alami dalam pembelajaran kimia hijau dengan realita pembelajaran di kelas yang masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penelitian yang mengintegrasikan potensi lokal mangrove dengan pembelajaran kimia yang kontekstual dan bermakna bagi peserta didik. Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk menjawab rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana perubahan literasi kimia peserta didik SMA pada aspek konteks setelah penerapan pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami dari mangrove dalam konteks maritim Kepulauan Riau?
2. Bagaimana pengaruh penerapan pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami dari mangrove dalam konteks maritim Kepulauan Riau terhadap literasi kimia peserta didik SMA pada aspek konteks?

3. Bagaimana respons peserta didik terhadap penerapan pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami dari mangrove pada materi asam-basa dalam konteks maritim Kepulauan Riau?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengumpulkan bukti empiris mengenai implementasi pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami mangrove dan dampaknya terhadap literasi kimia peserta didik. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai penerapan pembelajaran kimia yang mengintegrasikan potensi lingkungan pesisir sebagai konteks pembelajaran sains. Secara rinci, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengukur perubahan literasi kimia peserta didik SMA pada aspek konteks setelah penerapan pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami dari mangrove dalam konteks maritim Kepulauan Riau.
2. Menguji pengaruh penerapan pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami dari mangrove dalam konteks maritim Kepulauan Riau terhadap literasi kimia peserta didik SMA pada aspek konteks.
3. Mengukur respons peserta didik setelah pelaksanaan intervensi pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami mangrove pada materi asam-basa dalam konteks maritim Kepulauan Riau.

D. Manfaat Penulisan

Penelitian ini disusun tidak hanya untuk mencapai tujuan penelitian, tetapi juga diharapkan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan pembelajaran kimia. Kontribusi tersebut terutama berkaitan dengan

pemanfaatan potensi lingkungan sebagai sumber belajar yang kontekstual dalam pendidikan kimia. Secara keseluruhan, kontribusi penelitian ini dapat dikelompokkan ke dalam dua aspek berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Menambah khazanah keilmuan di bidang pendidikan kimia dengan menyajikan bukti empiris mengenai implementasi pembelajaran kimia hijau melalui pemanfaatan indikator alami dalam konteks maritim.
- b. Memperkuat bukti empiris mengenai hubungan antara penerapan pembelajaran kimia hijau dengan peningkatan literasi kimia peserta didik pada aspek konteks.
- c. Menjadi rujukan bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengkaji pembelajaran kimia berbasis lingkungan, khususnya yang memanfaatkan potensi lingkungan maritim lokal pada materi asam-basa.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak, antara lain:

a. Bagi peserta didik

- 1) Membantu peserta didik memahami materi asam-basa melalui pembelajaran yang kontekstual, menarik, dan terkait dengan lingkungan sekitar.
- 2) Meningkatkan kemampuan literasi kimia pada aspek konteks melalui kegiatan eksperimen langsung menggunakan indikator alami mangrove.

- 3) Menumbuhkan kepedulian terhadap lingkungan serta kesadaran akan potensi sumber daya lokal di wilayah maritim.

b. Bagi guru

- 1) Memberikan contoh konkret berupa prototipe perangkat pembelajaran kimia hijau berbasis indikator alami yang dapat diadaptasi dalam pembelajaran.
- 2) Menyediakan alternatif metode pembelajaran dan media praktikum melalui pemanfaatan indikator alami yang mudah diperoleh.
- 3) Mendukung penerapan prinsip kimia hijau dalam kegiatan pembelajaran kimia di kelas.

c. Bagi peneliti atau akademisi

- 1) Menjadi landasan empiris dan prototipe awal untuk penelitian lanjutan, seperti pengembangan modul pembelajaran atau replikasi di wilayah pesisir lainnya.
- 2) Menyediakan data empiris mengenai pengaruh pembelajaran kimia hijau terhadap peningkatan literasi kimia peserta didik.