

## PENGEMBANGAN PRAKTIKUM *MICROSCALE* UNTUK MENGANALISIS PEMAHAMAN PRINSIP GREEN CHEMISTRY

Edith Allanas, Elma Suryani, Putri Nur Affriliani

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun 13220, Jakarta, Indonesia

Corresponding author: [edithallanas@unj.ac.id](mailto:edithallanas@unj.ac.id)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman prinsip green chemistry peserta didik melalui penerapan praktikum microscale dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa. Praktikum microscale dengan model pembelajaran inkuiri diterapkan untuk dapat membantu peserta didik memahami prinsip green chemistry yang diharapkan dapat dipahami selama proses pembelajaran tersebut. Penelitian ini melibatkan 36 peserta didik kelas XI di salah satu SMA Negeri Jakarta pada tahun ajaran 2022/2023. Metode penelitian kualitatif digunakan untuk mengungkap pemahaman prinsip green chemistry peserta didik melalui pengumpulan data dari tes kuesioner terbuka pemahaman prinsip green chemistry, observasi kelas, reflektif jurnal, dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemahaman prinsip green chemistry peserta didik meningkat dengan diterapkannya praktikum microscale dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa. Konsep yang dipahami peserta didik dengan baik yaitu prinsip green chemistry secara umum, prinsip "pencegahan", prinsip "meminimalisasi bahaya dari bahan kimia", prinsip "desain produk bahan kimia aman", desain "pelarut aman", prinsip "penggunaan bahan baku terbarukan", dan prinsip "meminimalkan potensi kecelakaan" pada green chemistry. Dengan demikian, praktikum microscale dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi dapat membantu peserta didik memahami prinsip green chemistry.

### Kata kunci

pembelajaran kimia, praktikum microscale, model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi, prinsip green chemistry, larutan asam-basa

### Abstract

This study aims to analyze students' understanding of the green chemistry of principles through implementing the microscale practicum with a modified-free inquiry learning model in acid-base solution material. Microscale practicum with inquiry learning model is applied to help students understand the green chemistry principles that are expected to be understood during the learning process. This study involved thirty six students in XI MIPA A Senior High School in Jakarta, 2022/2023 academic year. The qualitative method was employed to reveal the understanding of students' green chemistry principles through multiple data collection of open-ended questions tests of understanding green chemistry principles, classroom observation, reflective journals, and semi-structured interviews. The study demonstrated that students' understanding of green chemistry principles increased with the implementation of microscale practicum with a modified-free inquiry learning model on acid-base solution materials. The concepts that students understand well are the principle of green chemistry in general, the principle of "Prevention", the principle of "Reducing Hazardous Chemicals", the principle of "Design of Safe Chemicals", the design of "Safe Solvents", the principle of "Renewable Substance", and the principle of "Safer Chemistry to Prevent Accidents" in green chemistry. Thus, microscale practicum with a modified-free inquiry learning model can help students understand the principles of green chemistry.

## Keywords

*chemistry learning, microscale practicum, modified-free inquiry learning model, green chemistry principle, acid-base solution*

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang emisi karbon terbesar di dunia. Berdasarkan analisis data dari World Resource Institute (WRI) oleh Carbon Brief menunjukkan bahwa peringkat Indonesia naik menjadi peringkat ke-5 dunia sebagai penyumbang emisi karbon. Emisi ini menyebabkan pemanasan global dan dampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan preventif dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, untuk mengatasi masalah ini. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menerapkan prinsip green chemistry dalam pembelajaran kimia [1]. Penerapan Kurikulum Merdeka adalah salah satu langkah pemerintah dalam mengatasi masalah tersebut yaitu dengan mengajarkan prinsip green chemistry pada pembelajaran kimia dalam satu bahasan khusus. Sayangnya, kurikulum tersebut baru berlaku secara serentak untuk peserta didik kelas X pada tahun ajaran 2022/2023, sehingga banyak peserta didik yang tidak mendapatkan kesempatan untuk mengenal dan memahami prinsip ini. Hasil penelitian Al-Idrus [1] mengungkapkan bahwa pemahaman tentang green chemistry pada mahasiswa prodi pendidikan kimia pun masih tergolong rendah. Hal ini dapat disebabkan karena belum terbiasanya penerapan atau pengenalan prinsip green chemistry pada jenjang sekolah dahulu. Hasil tersebut sejalan dengan hasil observasi di salah satu SMA Negeri di Jakarta yang juga menunjukkan bahwa kurangnya penerapan dan pemahaman prinsip green chemistry terutama dalam proses pembuangan limbah hasil praktikum. Oleh karena itu, pembelajaran kimia yang dilakukan dengan menerapkan dan mengenalkan prinsip green chemistry untuk menumbuhkan sikap kepedulian peserta didik terhadap lingkungan perlu ditanamkan sejak awal di sekolah. Penggunaan bahan kimia akan berpotensi menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan, sehingga sekolah sebagai salah satu pengguna laboratorium perlu menerapkan prinsip green chemistry [2].

Salah satu cara untuk menerapkan prinsip green chemistry pada pembelajaran kimia di sekolah adalah melalui penerapan praktikum skala mikro atau microscale. Pendekatan dengan kimia skala mikro ini telah diakui oleh International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) [3]. Singh menjelaskan bahwa praktikum skala mikro adalah pendekatan laboratorium yang berbasis lingkungan, aman, mengurangi limbah karena dilakukan dengan alat berskala kecil. Selain itu, hasil penelitiannya juga menunjukkan bahwa pendekatan skala mikro telah terbukti efektif dan menghasilkan data dengan akurasi dan presisi yang sebanding dengan teknik skala makro [4]. Penerapan praktikum skala mikro juga telah terbukti lebih efektif dibandingkan dengan praktikum konvensional dalam meningkatkan keterampilan proses sains karena dilakukan secara individu yang memberikan pengalaman langsung untuk peserta didik [5].

Salah satu materi kimia di SMA yaitu Larutan Asam-Basa. Larutan asam-basa merupakan salah satu materi kimia yang sering diterapkan dalam kegiatan praktikum dan bahan praktikum yang digunakan pada materi ini terkadang terdiri atas bahan kimia yang cukup berbahaya [6]. Selain itu, materi asam basa tidak terlepas dari kegiatan praktikum yang dapat menggunakan potensi lokal berupa tanaman [7]. Hampir semua tumbuhan yang menghasilkan warna dapat digunakan indikator dengan syarat memiliki perubahan warna yang berbeda dalam suasana asam atau basa [8]. Adanya kesamaan potensi indikator alami dan indikator sintesis memberikan kesimpulan bahwa indikator alami dapat menggantikan indikator sintesis pada praktikum. Indikator alami mudah ditemukan, mudah dibuat ekstraknya, ramah lingkungan, aman, dapat akurat, serta berbiaya rendah [9].

Dalam kurikulum merdeka pembelajaran didasarkan pada pembelajaran aktif yang berpusat pada peserta didik. Salah satu model pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir kritis dan analitis peserta didik untuk mencari dan menemukan jawabannya sendiri terhadap masalah

yang dihadapi adalah model pembelajaran inkuiritr. Model pembelajaran inkuiri merupakan salah satu model pembelajaran memiliki dasar filosofi konstruktivistik [10]. Pembelajaran inkuiri terbagi menjadi tiga jenis berdasarkan besarnya keterlibatan atau bimbingan yang diberikan oleh guru kepada peserta didiknya yaitu inkuiri terbimbing (*guided inquiry*), inkuiri bebas (*free inquiry*), dan inkuiri bebas termodifikasi (*modified-free inquiry*) [11]. Pada jenis inkuiri bebas termodifikasi, permasalahan yang akan dijadikan topik untuk diselidiki tetap diberikan, tetapi guru membatasi memberi bimbingan yaitu agar peserta didik berupaya terlebih dahulu secara mandiri, dengan harapan agar peserta didik dapat menemukan sendiri penyelesaiannya [12]. Jenis model pembelajaran inkuiri ini sejalan dengan kegiatan praktikum atau percobaan skala mikro (*microscale*) yang tetap membutuhkan alat dengan skala mikro dan bimbingan dari guru terkait cara penggunaannya. Pada model pembelajaran pembelajaran ini, guru memberikan permasalahan kemudian peserta diminta untuk memecahkan permasalahan tersebut melalui pengamatan, eksplorasi, dan prosedur penelitian. Sehingga peserta didik dapat meningkatkan kemampuan berpikir, pemahamannya terkait prinsip *green chemistry*, serta sikap peduli terhadap lingkungan dalam prosesnya melakukan praktikum *microscale* pada materi larutan asam-basa.

## 2. Metodologi Penelitian

### a. Tujuan Operasional Penelitian

Tujuan operasional dari penelitian ini adalah untuk menerapkan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa. Pentingnya pemahaman prinsip *green chemistry* dikenalkan sejak dini menjadi dasar tujuan dari penelitian ini agar peserta didik dapat memahami prinsip ini selama diterapkannya praktikum dengan model pembelajaran tersebut.

### b. Subjek, Tempat, dan Waktu Penelitian

Subjek pada penelitian ini adalah 36 peserta didik kelas XI di suatu Sekolah Menengah Atas Negeri di Jakarta Timur yang terdiri dari 17 peserta didik laki-laki dan 19 peserta didik

perempuan. Penelitian dilakukan pada semester genap

### c. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu kualitatif. Bogdan dan Taylor Moleong menyatakan bahwa penelitian kualitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan perilaku yang dapat diamati [13]. Menurut Sugiyono, metode penelitian kualitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat *postpositivisme* dan digunakan untuk meneliti pada kondisi objek alamiah, dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci, teknik pengumpulan data dengan triangulasi, analisis data bersifat induktif atau kualitatif, dan hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna daripada generalisasi [14]. Pada penelitian ini, peneliti berusaha mengungkap pemahaman prinsip *green chemistry* peserta didik setelah penerapan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri pada materi larutan asam-basa.

### d. Instrumen

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah tes pemahaman prinsip *Green Chemistry* dengan bentuk kusioner terbuka (*open-ended question*) yang diadaptasi dari *Green Chemistry Sustainable Test (GCST)* oleh Gunter *et al.* tahun 2017 [16], Wawancara, lembar observasi, dan reflektif jurnal. Instrumen tes kusioner terbuka divalidasi terkait isi, penggunaan bahasa, dan penulisan soal oleh 3 (tiga) dosen ahli menggunakan perhitungan skala likert dengan rentang nilai 1-5 dan interval jarak dari terendah 0% hingga tertinggi 100%.

### e. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap yaitu tahap awal (observasi dan wawancara awal), tahap pelaksanaan (*pra-laboratorium*, *laboratorium*, dan *pasca-laboratorium*), dan tahap akhir (pengolahan data dan pengambilan kesimpulan). Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi masalah dan karakteristik peserta didik. Wawancara awal untuk

mengetahui pemahaman awal peserta didik tentang prinsip *green chemistry*. Tahap pelaksanaan dilakukan selama dua kali pertemuan dengan total 8 JP dan mengadaptasi sintaks model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 1

Sintaks	Kegiatan
Orientasi	Pengondisian peserta didik agar siap melaksanakan proses pembelajaran dengan menyampaikan tujuan pembelajaran, kompetensi dasar yang akan dicapai, dan kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan.
Merumuskan Masalah	Guru merumuskan masalah berdasarkan kejadian dan fenomena yang disajikan. Rumusan masalah yang diberikan yaitu "Bagaimana praktikum penentuan sifat larutan asam-basa dapat dilakukan dengan skala kecil menggunakan alat sederhana dan bahan alami yang tidak menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan limbah yang berlebihan?".
Merumuskan Hipotesis	Peserta didik diberikan kesempatan untuk berdiskusi secara berkelompok kemudian memberikan gagasannya dalam bentuk hipotesis penyelesaian masalah dan menuliskannya di papan tulis.
Mengumpulkan Data	Peserta didik diberikan kesempatan untuk mencari data atau penyelesaian masalah melalui berbagai sumber yang ada dalam rangka mempersiapkan praktikum yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya dan menuliskannya dalam LKPD yang telah diberikan.
Menguji Hipotesis	Peserta didik melakukan praktikum penentuan sifat larutan asam-basa dengan menggunakan alat dan bahan yang telah ditentukan dan dipersiapkan masing-masing kelompok berdasarkan langkah pengumpulan data.
Membuat Kesimpulan	Peserta didik mengambil kesimpulan berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dan menemukan sendiri konsep yang ada terkait prinsip <i>green chemistry</i> yang

**Gambar 1.** Sintaks Model Pembelajaran Inkuiri Bebas Termodifikasi Menurut Al Tabany [15]

Kegiatan pra-laboratorium berfokus pada diskusi peserta didik dalam merancang praktikum *microscale* dengan menerapkan prinsip *green chemistry*. Kegiatan laboratorium dilakukan sesuai rencana praktikum yang telah dibuat, dan kegiatan pasca-laboratorium berfokus pada penyampaian hasil dan kesimpulan yang didapat peserta didik. Tahap akhir melibatkan pengolahan data dari instrument dari tes kuesioner, wawancara, observasi, dan reflektif jurnal.

#### f. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan adalah mengikuti langkah Miles & Huberman. Menurut Miles & Huberman, analisis data kualitatif bersifat induktif yaitu analisis berdasarkan data yang diperoleh. Analisis terdiri dari tiga langkah kegiatan yang terjadi secara bersamaan. Langkah-langkah analisis data tersebut yaitu

reduksi data, penyajian data dan penarikan kesimpulan [17]. Seluruh data yang didapat tersebut kemudian dikoding dan dilakukan *inter rater agreement* oleh 1 (satu) dosen pembimbing dan 2 (dua) mahasiswa Pendidikan Kimia Universitas Negeri Jakarta dan diperoleh hasil % Agreement sebesar 97,67%.

#### g. Teknik Keabsahan Data

Teknik keabsahan data untuk membangun kepercayaan (*trustworthiness*) yang digunakan pada penelitian ini adalah kredibilitas data (*the credibility of the data*). Strategi yang digunakan untuk meningkatkan kredibilitas data pada penelitian ini yaitu *Prolonged Engagement*, *Persistent Observation*, *Progressive Subjectivity*, *Member Checking*, dan *Triangulasi*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini diurai menjadi dua topik pembahasan, yaitu penggunaan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi dan analisis pemahaman prinsip *green chemistry* peserta didik.

#### a. Penggunaan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi

Keenam sintaks model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi diaplikasikan dalam dua kali pertemuan praktikum larutan asam-basa dengan skala mikro yang berisi tiga tahapan kegiatan yaitu kegiatan Pra-Laboratorium, kegiatan Laboratorium dan Pasca-Laboratorium. Kegiatan Pra-Laboratorium pada pertemuan pertama dilakukan dengan fokus kepada kegiatan diskusi peserta didik merancang praktikum *microscale* yang berbasis *green chemistry* dengan menggunakan sintaks model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi [15]. Pada kegiatan ini diawali sintaks "orientasi" yaitu dilakukan melalui kegiatan diskusi tanya-jawab guru dengan peserta didik untuk mengingatkan kembali pemahaman peserta didik terkait materi asam-basa yang sudah dipelajarinya, mengajukan pertanyaan terkait kegiatan yang akan dilakukan, dan mengajak peserta didik untuk mengidentifikasi permasalahan lingkungan yang terjadi di sekitar. Peran guru dalam melakukan inkuiri salah satunya yaitu juga guru sebagai penanya. Hal ini disebabkan karena

kemampuan peserta didik untuk menjawab setiap pertanyaan pada dasarnya juga sudah merupakan sebagian dari proses berpikir. Karena itu, kemampuan guru untuk bertanya dalam setiap langkah inkuiri sangat diperlukan [18].

Selanjutnya kegiatan pembelajaran Pra-Laboratorium dilanjutkan dengan sintaks “merumuskan masalah”. Sintaks ini dilakukan dengan mengungkapkan permasalahan lingkungan yang terjadi akibat dari limbah kimia melanjutkan pembahasan dari contoh permasalahan terdekat sebelumnya yaitu dengan menggunakan contoh Bencana Merah di Hungaria yang sebelumnya digunakan pada penelitian Gunter *et al.* [16], dan beberapa artikel berita permasalahan lingkungan akibat limbah kimia yang terjadi di Indonesia. Kemudian dilanjutkan dengan guru memberikan rumusan masalah yang akan menjadi pokok bahasan peserta didik untuk memecahkan permasalahan tersebut. Rumusan permasalahan yang diberikan yaitu “Bagaimana praktikum penentuan sifat asam-basa suatu sampel dapat dilakukan tanpa menimbulkan masalah-masalah lingkungan yang telah disebutkan sebelumnya?” dan “Apa saja alat dan bahan yang bisa digunakan dalam praktikum tanpa menimbulkan dampak berbahaya untuk diri sendiri dan lingkungan di sekitar?”.

Kegiatan pembelajaran Pra-Laboratorium kemudian dilanjutkan dengan sintaks “merumuskan hipotesis” yaitu dilakukan dengan berdiskusi terlebih dahulu kemudian memberikan gagasannya dalam bentuk jenis tanaman yang bisa digunakan sebagai indikator asam-basa sebanyak dua jenis dan menyampaikannya di depan kelas. Sintaks berikutnya yaitu “mengumpulkan data” dimana peserta didik berdiskusi lebih lanjut untuk mencari informasi dan menuliskan rancangan percobaannya dalam Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang telah disediakan. Percobaan yang diminta untuk dirancang oleh peserta didik terdiri dari 4 percobaan yaitu pembuatan indikator asam-basa dari bahan alami, penentuan trayek perubahan warna pada indikator alami yang telah dibuat, penentuan sifat larutan asam-basa berbagai sampel dengan indikator alami, dan titrasi larutan HCl dengan larutan NaOH 0,1 M menggunakan indikator PP.

Selanjutnya kegiatan pembelajaran dilanjutkan dengan sintaks “menguji hipotesis”. Pada sintaks ini, peserta didik diminta untuk mengumpulkan dan memaparkan secara singkat terkait rancangan percobaan terlebih terkait pembuatan indikator alami dengan jenis tanaman yang telah dipilih sebagai hipotesis sebelumnya yang telah disusun hingga lengkap beserta langkah percobaan lainnya dengan skala mikro. Rancangan percobaan tersebut kemudian dinilai, dikoreksi apabila ada kekeliruan, dan disetujui apabila sudah sesuai. Selanjutnya pembelajaran pada kegiatan Pra-Laboratorium ini diakhiri dengan sintaks “membuat kesimpulan”. Pada sintaks terakhir ini, peserta didik diminta untuk menyimpulkan hasil yang didapatkan dari pembelajaran hari ini terkait rancangan praktikum yang akan dilakukan pada pertemuan berikutnya.

Hasil yang didapat setelah kegiatan Pra-Laboratorium dilakukan yaitu terlihat bahwa kegiatan ini sudah mulai membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terkait prinsip *green chemistry*. Kegiatan Pra-Laboratorium yang telah dilakukan juga terlihat dapat meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik dan sikap peduli lingkungan yang dimilikinya. Dalam hal ini, peserta didik sudah memahami bahwa prinsip *green chemistry* dilakukan untuk mengurangi penggunaan zat berbahaya. Beberapa prinsip *green chemistry* juga sudah mulai dipahami peserta didik setelah melakukan kegiatan Pra-Laboratorium ini sesuai dengan yang diharapkan yaitu seperti terkait prinsip meminimalisasi bahaya dari bahan kimia, penggunaan bahan terbarukan, dan meminimalkan potensi kecelakaan di laboratorium. Kegiatan pembelajaran Pra-Laboratorium yang dilakukan dengan menggunakan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi ini juga menerima respon positif dari peserta didik. Peserta didik terlihat menyukai kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan karena peserta didik merasakan manfaat yang didapat dari ilmu baru yang didapatkannya yang belum pernah diketahuinya yaitu prinsip *green chemistry*. Hasil tersebut dilihat dari beberapa ungkapan beberapa peserta didik sebagai berikut.

*“Hari ini belajar mengenai green chemistry yaitu proses kimia yang mengurangi penggunaan*

zat berbahaya dan mengenai perubahan warna indikator asam-basa dengan indikator alami.”  
(Reflektif Jurnal PD10)

“Mendapatkan pengetahuan baru mengenai green chemistry bisa membuat LKPD untuk praktikum asam-basa dengan step yang benar, mengetahui bahan apa saja yang dapat dijadikan indikator alami, mengetahui percobaan dengan skala mikro.”  
(Reflektif Jurnal PD19)

“Asik! Seru! Melakukan praktikum dengan tetap menjaga kelestarian sekitar.”  
(Reflektif Jurnal PD5)

Selanjutnya pada pertemuan berikutnya kegiatan Laboratorium dan Pasca-Laboratorium dilaksanakan. Kegiatan Laboratorium berfokus pada pelaksanaan praktikum *microscale* sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dan disetujui oleh guru. Sedangkan kegiatan Pasca-Laboratorium berfokus pada penyampaian hasil yang didapat dan pengambilan kesimpulan terkait percobaan yang dilakukan dan pemahaman peserta didik terkait prinsip *green chemistry*. Kedua kegiatan ini juga dilakukan dengan menggunakan sintaks model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi [15].

Secara keseluruhan, kegiatan praktikum dengan skala mikro dan penggunaan bahan alami sebagai indikator asam-basa telah berhasil dan berjalan dengan baik sesuai dengan gambaran peneliti berdasarkan contoh praktikum *microscale* yang telah dipaparkan pada kegiatan *Small Scale Chemistry Workshop (New approach in hands-on chemistry teaching)* dalam modul yang disusun oleh *The Chemical Society of Thailand* pada tahun 2018 yang diharapkan peneliti untuk dapat membantu peserta didik memahami prinsip *green chemistry* selama melakukan praktikum tersebut dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi ini. Dokumentasi seluruh percobaan pada praktikum skala mikro yang telah dilakukan dapat dilihat pada beberapa gambar berikut



**Gambar 2.** Percobaan Pembuatan Indikator Alami dan Penentuan Trayek Perubahan Warna pada Indikator Alami yang Telah Dibuat



**Gambar 3.** Penentuan Sifat Larutan Asam-Basa berbagai Sampel dengan Indikator Alami dan Titrasi Asam-Basa

Kegiatan Laboratorium dan Pasca-Laboratorium yang telah dilakukan terbukti semakin membantu peserta didik dalam memahami prinsip *green chemistry*. Peserta didik sudah dapat mendefinisikan prinsip *green chemistry*, menyebutkan beberapa prinsip *green chemistry*, memahami manfaat yang didapatkan dari penerapan prinsip *green chemistry* pada praktikum, dan juga memahami cara menjaga lingkungan sekitar dari akibat suatu proses kimia. Respon peserta didik terkait kegiatan Laboratorium dan Pra-Laboratorium dengan praktikum *microscale* yang menerapkan prinsip *green chemistry* juga menerima respon positif. Hal tersebut dapat terlihat dari respon sebagian besar peserta didik yang merasa senang karena dapat memahami prinsip *green chemistry* dan mempraktikkannya langsung. Beberapa peserta didik juga menunjukkan *intrinsic reward* yaitu kepuasan untuk dirinya sendiri karena berhasil mencari tahu rasa penasaran yang ada pada dirinya melalui pembelajaran dengan model inkuiri ini. Hal ini sesuai dengan teori yang

menyebutkan bahwa keunggulan model pembelajaran inkuiri salah satunya yaitu dapat memperoleh *intrinsic reward* jika seorang peserta didik berhasil mengadakan kegiatan mencari sendiri, maka ia akan memperoleh kepuasan untuk dirinya sendiri [19]. Hasil tersebut dilihat dari beberapa ungkapan beberapa peserta didik sebagai berikut

*“Green chemistry adalah bagaimana kita melakukan penelitian tanpa menimbulkan pencemaran tapi tetap mendapatkan hasil yang maksimal.”*

*(Reflektif Jurnal PD3, 27 Februari 2023)*

*“Belajar untuk menerapkan green chemistry agar lingkungan tetap sehat dan tidak menimbulkan bencana.”*

*(Reflektif Jurnal PD11)*

*“Senang karena dapat memahami prinsipnya dan melakukan percobaan. Menjadi paham dan mengerti akan penggunaan indikator alami serta alatnya seperti microplate, micropipet, dan microtube.”*

*(Reflektif Jurnal PD10)*

*“Seru, menarik, menegangkan. Hal tersebut dapat membuat saya tertarik dalam melakukan uji coba praktikum skala mikro ini. Sehingga rasa penasaran saya jadi terpecahkan.”*

*(Tes Kuesioner Terbuka – Post-test PD7)*

Seluruh kegiatan pembelajaran yang dilakukan yaitu praktikum *microscale* yang dilaksanakan dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi mulai dari kegiatan Pra-Laboratorium, Laboratorium dan Pasca-Laboratorium sudah membantu peserta didik memahami prinsip *green chemistry*. Pada saat wawancara akhir ketika ditanya apakah seluruh kegiatan pembelajaran yang telah dilakukan membantu memahami prinsip *green chemistry* sebagian besar peserta didik menjawab “Ya”. Peserta didik mengungkapkan bahwa hal ini disebabkan karena pembelajaran yang dilaksanakan sangat rinci dan terstruktur dari awal hingga akhir sehingga prinsip *green chemistry* yang awalnya sangat asing menjadi

dapat dipahami. Hasil ini sesuai dengan teori karena model pembelajaran inkuiri memang serangkaian kegiatan pembelajaran yang menekankan pada proses berpikir kritis dan analitis peserta didik untuk kemudian dapat mencari, memahami, dan menemukan jawabannya sendiri terhadap masalah yang dihadapi. Selain itu Menurut Gulo, model pembelajaran inkuiri ini merupakan salah satu model pembelajaran yang dapat mengembangkan seluruh potensi yang ada pada diri peserta didik untuk dapat belajar secara maksimal dan bermakna sehingga peserta didik tidak hanya semata dituntut agar menguasai pelajaran saja tetapi juga dapat mempelajari hal lain [20]. Dalam hal ini yang ikut dipelajari dan dipahami oleh peserta didik selama proses pembelajaran adalah prinsip *green chemistry*.

Praktikum *microscale* yang dilakukan peserta didik juga dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terkait *green chemistry* yang mulai didapatkannya dari awal kegiatan pembelajaran. Hal ini dikarenakan bukan hanya teori atau konsepnya saja yang didapatkan peserta didik tetapi peserta didik juga melaksanakan dan membuktikannya secara langsung dalam percobaan skala mikro tersebut. Pengalaman langsung yang diperoleh peserta didik meliputi merencanakan percobaan, merumuskan hipotesis, menggunakan alat dan bahan, mengamati, serta menyimpulkan tersebut mendukung peserta didik untuk dapat memahami, mengembangkan, dan mendapatkan pengetahuannya melalui proses pembelajaran tersebut [21]. Pengalaman langsung tersebut dapat meningkatkan kemampuan berpikir peserta didik dalam membangun konsep yang baru [22]. Dalam hal ini konsep baru yang dipahami peserta didik yaitu prinsip *green chemistry*. Pengalaman langsung tersebut juga dapat meningkatkan daya ingat pengetahuan peserta didik yang lebih lama [23]. Hasil tersebut juga sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Riswanto yang mendapatkan hasil bahwa pembelajaran dengan berbasis laboratorium dapat menggabungkan antara teori dan praktek sehingga mendukung peningkatan pemahaman peserta didik [24]. Seluruh kegiatan pembelajaran yaitu praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri

bebas termodifikasi juga mendapatkan respon yang positif dari peserta didik. Peserta didik merasa senang karena dapat melakukan praktikum yang menurutnya sangat menarik yaitu dengan skala mikro yang belum pernah dilakukannya, kemudian mendapatkan pengetahuan baru terkait *green chemistry* dan pentingnya prinsip tersebut untuk diterapkan dalam praktikum

### b. Analisis Pemahaman Prinsip Green Chemistry Peserta Didik

Pada penelitian ini pemahaman prinsip *green chemistry* peserta didik ketika sebelum dan sesudah melakukan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi dianalisis menggunakan data primer yaitu hasil jawaban peserta didik dari tes kuesioner terbuka Pra-Laboratorium (*pre-test*) dan tes kuesioner terbuka Pasca-Laboratorium (*post-test*) yang diadaptasi dari instrumen tes pemahaman prinsip green chemistry yang telah digunakan oleh Gunter et al. [16]. Jumlah soal pada kuesioner *pre-test* yang telah diadaptasi dari instrumen asli terdiri dari 8 butir pertanyaan, sedangkan pada kuesioner *post-test* terdiri dari 12 butir pertanyaan. Pertanyaan yang dicantumkan pada kedua tes tersebut berupa kuesioner terbuka yang dapat dijawab oleh peserta didik sesuai dengan pemahaman dan kata-katanya sendiri tanpa dibatasi oleh pilihan-pilihan yang telah disediakan. Kemudian penilaian pemahaman peserta didik berdasarkan hasil kuesioner pada tiap indikator tersebut juga dilakukan dengan menggunakan kunci jawaban yang dibuat berdasarkan anotasi setiap prinsip Menurut Anastas dan kategori pemahaman berdasarkan pengkodean yang sudah ada dan digunakan pada penelitian sebelumnya oleh Gunter et al. [17,26]. Selain itu, data sekunder yang mendukung jawaban peserta didik untuk masing-masing kategori pemahaman juga turut serta digunakan untuk dibahas lebih lanjut yaitu data yang didapatkan dari reflektif jurnal, hasil wawancara, dan lembar observasi.

Tes kuesioner terbuka Pra-Laboratorium (*pre-test*) diberikan kepada peserta didik tepat sebelum kegiatan Pra-Laboratorium akan dilaksanakan yaitu pada tanggal 13 Februari

2023. Sedangkan tes kuesioner terbuka Pasca-Laboratorium (*post-test*) diberikan kepada peserta didik seminggu setelah pelaksanaan Kegiatan Laboratorium dan Pasca-Laboratorium dilakukan yaitu dilaksanakan pada tanggal 6 Maret 2023. Hasil analisis jawaban kuesioner peserta didik secara keseluruhan pada *pre-test* dan *post-test* dapat dilihat pada Tabel 1.

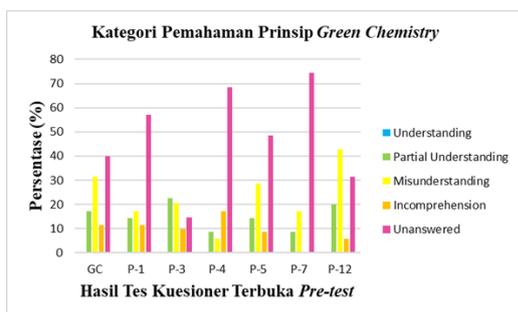
**Tabel 1.** Hasil Analisis Jawaban Kuesioner Terbuka Pre-test dan Post-test

Kategori Pemahaman	Persentase (%)	
	Pre-test	Post-test
Understanding (U)	0,00	44,34
Partial understanding (PU)	15,06	37,87
Misunderstanding (MU)	23,36	8,11
Incomprehension (IC)	9,14	4,31
Unanswered (UA)	47,80	5,36

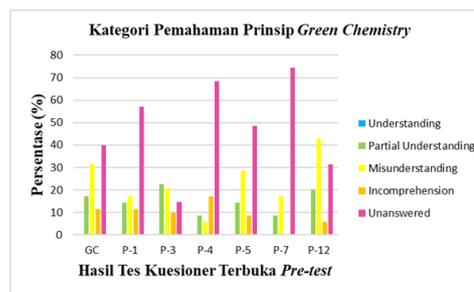
Berdasarkan tabel di atas, hasil pemahaman peserta didik terkait prinsip *green chemistry* menunjukkan bahwa terdapat peningkatan pemahaman peserta didik yaitu pada kategori *understanding* (U) yang pada saat *pre-test* atau sebelum kegiatan pembelajaran dilakukan tidak ada jawaban peserta didik yang berkategori *understanding* ini, tetapi setelah peserta didik mengikuti kegiatan pembelajaran praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi terdapat 44,34% peserta didik yang jawabannya sudah berkategori *understanding* pada saat *post-test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik sudah memahami prinsip *green chemistry* dengan baik yaitu mampu memberikan tanggapan terhadap pertanyaan yang diberikan dengan benar, tepat, dan mencakup semua aspek tanggapan yang diinginkan. Selanjutnya pada kategori *partial understanding* (PU) jumlah peserta didik yang mampu menjawab soal kuesioner dengan kategori ini juga meningkat dari 15,06% pada saat *pre-test* menjadi 37,87% pada saat *post-test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik sudah cukup memahami prinsip *green chemistry* walaupun tanggapan yang diberikan terhadap pertanyaan belum mencakup semua aspek tanggapan yang diinginkan.

Selanjutnya pada kategori *misunderstanding* (MU), jawaban peserta didik yang berada pada kategori ini berkurang dari 23,36% pada saat *pre-test* menjadi 8,11% pada saat *post-test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah peserta didik yang memberikan tanggapan terhadap pertanyaan dengan mencakup beberapa informasi yang tidak berhubungan, tidak masuk akal, atau salah sudah banyak berkurang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peserta didik yang *misunderstanding* terhadap prinsip *green chemistry* menjadi berkurang setelah kegiatan pembelajaran praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi dilaksanakan. Pada kategori *Incomprehension* (IC), jawaban peserta didik yang berada pada kategori ini juga berkurang dari 9,14% pada saat *pre-test* menjadi 4,31% pada saat *post-test*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah peserta didik yang memberikan tanggapan tidak sesuai dengan pertanyaan juga sudah berkurang. Kemudian kategori terakhir yaitu *Unanswered* (UA) dimana pada kategori ini jumlah peserta didik yang tidak bisa menjawab atau tanggapan yang diberikan untuk pertanyaan dibiarkan kosong sama sekali juga dapat terlihat jauh berkurang dari yang awalnya pada saat *pre-test* 47,80% menjadi 5,36% pada saat *post-test*.

Hasil pemahaman peserta didik terkait prinsip *green chemistry* pada setiap indikator pemahaman yang dianalisis pada hasil *pre-test* dan *post-test* secara detail ditunjukkan pada gambar berikut



**Gambar 2.** Grafik Hasil Pemahaman Prinsip *Green Chemistry* pada Setiap Indikator pada saat *Pre-test*



**Gambar 3.** Grafik Hasil Pemahaman Prinsip *Green Chemistry* pada Setiap Indikator pada saat *Post-test*

Keterangan untuk kedua grafik hasil pemahaman prinsip *green chemistry* peserta didik dijelaskan melalui tabel sebagai berikut

**Tabel 2.** Persentase Kategori Pemahaman per Indikator *Pre-test*

Prinsip /Kategori	Persentase (%)				
	U	PU	MU	IC	UA
GC	0	17,14	31,43	11,43	40
P-1	0	14,29	17,14	11,43	57,14
P-3	0	22,57	20,64	9,71	14,57
P-4	0	8,57	5,71	17,14	68,57
P-5	0	14,29	28,57	8,57	48,57
P-7	0	8,57	17,14	0	74,29
P-12	0	20	42,86	5,71	31,43
<b>Rata-Rata</b>	<b>0,00</b>	<b>15,06</b>	<b>23,36</b>	<b>9,14</b>	<b>47,80</b>

**Tabel 3.** Persentase Kategori Pemahaman per Indikator *Post-test*

Prinsip Kategori	Persentase (%)				
	U	PU	MU	IC	UA
GC	44,79	37,5	7,29	4,17	6,25
P-1	37,5	44,79	7,29	7,29	3,12
P-3	40,62	39,06	14,06	6,25	0
P-4	37,5	46,88	3,12	6,25	6,25
P-5	37,5	37,5	12,5	3,12	9,38
P-7	65,62	15,62	6,25	3,12	9,38
P-12	46,88	43,75	6,25	0	3,125
<b>Rata-Rata</b>	<b>44,34</b>	<b>37,87</b>	<b>8,11</b>	<b>4,31</b>	<b>5,36</b>

Berikut adalah contoh jawaban peserta didik pada setiap kategori dapat dilihat pada beberapa kutipan di bawah ini.

“*Green chemistry (kimia hijau) = cabang ilmu kimia mengajarkan desain produk*”

*dan proses kimia untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan senyawa berbahaya. Dalam hal ini, dilakukan dalam skala mikro agar tidak ada polusi besar-besaran.”*

*(U - Kuesioner Terbuka - Post-test soal No. 1 PD10)*

*“Pencegahan dimana kita memakai bahan indikator alami, untuk pencegahan kerusakan lingkungan, tidak memakai bahan kimia yang berbahaya, menggunakan bahan yang terbarukan membuat lingkungan di sekitar terhindarnya potensi bencana.”*

*(PU - Kuesioner Terbuka - Post-test soal No. 3 PD23)*

*“Prinsip “Meminimalisasi bahaya bahan kimia” yaitu mengurangi adanya pada praktikum, mengurangi zat bahaya pada bahan kimia.”*

*(MU - Kuesioner Terbuka - Post-test soal No. 7 PD35)*

*“Prinsip “Penggunaan bahan baku terbarukan” yaitu zat yang harus diendapkan secara terhitung.”*

*(IC - Kuesioner Terbuka - Post-test soal No. 10 PD36)*

Berdasarkan gambar dan tabel di atas, terdapat berbagai kategori pemahaman untuk setiap indikator pemahaman konsep yang muncul setelah melakukan kegiatan pembelajaran praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi. Indikator pemahaman konsep yang menunjukkan persentase kategori *understanding* paling tinggi yaitu pada pemahaman prinsip *green chemistry* secara umum, prinsip *green chemistry* ke-3 yaitu “meminimalisasi bahaya dari bahan kimia”, prinsip *green chemistry* ke-7 yaitu “penggunaan bahan baku terbarukan”, dan prinsip *green chemistry* ke-12 yaitu “meminimalisasi potensi kecelakaan di laboratorium”. Kemudian pada prinsip *green chemistry* ke-5 menunjukkan persentase kategori pemahaman *understanding* dan *partial understanding* memiliki jumlah yang sama. Sedangkan pada prinsip *green chemistry*

ke-1 yaitu “pencegahan”, dan prinsip ke-4 yaitu “desain produk bahan kimia aman” menunjukkan hasil kategori pemahaman *partial understanding* paling tinggi dibandingkan kategori lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ketujuh indikator pemahaman prinsip *green chemistry* yang diharapkan dapat dipahami oleh peserta didik melalui penerapan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi telah berhasil dipahami peserta didik dengan baik karena persentase terbesar menunjukkan kategori pemahaman peserta didik dominan pada kategori *understanding* dan *partial understanding* dengan total dari kedua kategori tersebut yaitu sebesar 82,21%. Oleh karena itu, pemahaman prinsip *green chemistry* peserta didik meningkat dengan diterapkannya praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa.

#### 4. Kesimpulan

Penerapan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa dapat membantu peserta didik memahami 7 indikator pemahaman prinsip *green chemistry* dengan baik yaitu prinsip *green chemistry* secara umum, prinsip “pencegahan”, prinsip “meminimalisasi bahaya dari bahan kimia”, prinsip “desain produk bahan kimia aman”, desain “pelarut aman”, prinsip “penggunaan bahan baku terbarukan”, dan prinsip “meminimalisasi potensi kecelakaan” pada *green chemistry*. Pemahaman peserta didik terkait 7 indikator pemahaman prinsip *green chemistry* tersebut meningkat dan tergolong baik berdasarkan hasil penilaian menggunakan instrumen tes kuesioner terbuka yang diadaptasi dari instrumen tes pemahaman prinsip *green chemistry* oleh Gunter, *et al.* yaitu sebanyak 82,21% peserta didik dapat memahami prinsip *green chemistry* dengan kategori *understanding* dan *partial understanding*. Oleh karena itu, penerapan praktikum *microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa dapat membantu peserta didik memahami prinsip *green chemistry* dengan baik walaupun prinsip tersebut adalah hal yang benar-benar baru dikenal oleh peserta didik. Selain itu, penerapan praktikum

*microscale* dengan model pembelajaran inkuiri bebas termodifikasi pada materi larutan asam-basa juga membuat peserta didik menjadi pembelajar yang mandiri, aktif, berpikir kreatif dan kritis, peduli sesama, dan yang paling penting peduli akan lingkungan di sekitarnya. Hal ini dikarenakan melalui pembelajaran yang dilakukan, peserta

didik dapat mengetahui dan memahami bahwa terdapat potensi bahaya yang mungkin dapat dihasilkan dari proses praktikum yang dilakukannya terhadap dirinya, orang lain, dan lingkungan di sekitarnya apabila dalam praktikum kimia yang dilakukan tidak menerapkan prinsip *green chemistry* dalam prosesnya.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih saya sampaikan pihak-pihak yang telah membantu dalam penulisan dan pengumpulan data terhadap penelitian yang telah dilakukan. Saya berterima kasih juga kepada Bapak/Ibu guru salah satu SMA Negeri di Jakarta yang telah memfasilitasi penelitian saya selama beberapa waktu sebelumnya.

### Daftar Pustaka

- [1] Al Idrus SW, Purwoko AA, Hadisaputra S, et al. Analisis Kemampuan Awal Konsep Green Chemistry Sebagai Upaya Meningkatkan Kreatifitas Mahasiswa Dalam Praktikum Kimia Lingkungan. *J Pijar Mipa* 2020; 15: 305–311.
- [2] Aubrecht KB, Padwa L, Shen X, et al. Development and implementation of a series of laboratory field trips for advanced high school students to connect chemistry to sustainability. *J Chem Educ* 2015; 92: 631–637.
- [3] Bradley JD. Small-scale chemistry. *Chem Int* 2002; 24: 9.
- [4] Singh MM, McGowan CB, Szafran Z, et al. A comparative study of microscale and standard burets. *J Chem Educ* 2000; 77: 625.
- [5] Supatmi S. Peningkatan Keterampilan Proses Sains Melalui Praktikum Kimia Berbasis Skala Mikro Materi Stoikiometri. *J Ris Pendidik Kim* 2022; 12: 47–58.
- [6] Daniel A A, Ohene B A, Gregory P. Investigation of a Simple and Cheap Source of a Natural Indicator for Acid-Base Titration: Effects of System Conditions on Natural Indicators. *Green Sustain Chem*.
- [7] Lestari P. Kertas Indikator Bunga Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) Untuk Uji Larutan Asam-Basa. *J Pendidik Madrasah* 2016; 1: 69–84.
- [8] Andarias SH. Potensi organ tumbuhan sebagai indikator asam basa. *Sang Pencerah J Ilm Univ Muhammadiyah But* 2018; 4: 64–69.
- [9] Marwati S. Aplikasi Beberapa Ekstrak Bunga Berwarna sebagai Indikator Alami Pada Titrasi Asam Basa. In: . *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Yogyakarta: UNY, 2010.
- [10] Arnyana IBP. Buku Ajar Strategi Belajar Mengajar. *Singaraja Jur Pendidik Biol Fak Pendidik MIPA, Univ Pendidik Ganesha*.
- [11] Sanjaya W. *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Kencana Prenada Media Grup, 2014.
- [12] Yumiati Y, Noviyanti M. Analysis of Mathematic Representation Ability of Junior High School Students in The Implementation of Guided Inquiry Learning. *Infin J* 2017; 6: 137–148.
- [13] Moleong LJ. *Metode Penelitian Kualitatif*, Bandung: Remaja Rosdakarya, 2013.
- [14] Sugiyono. *Metode Penelitian Kualitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2022.
- [15] Al-Tabany TIB. *Mendesain model pembelajaran inovatif, progresif, dan kontekstual*. Prenada Media, 2017.
- [16] Günter T, Akkuzu N, Alpat Ş.

- Understanding ‘green chemistry’ and ‘sustainability’: an example of problem-based learning (PBL). *Res Sci Technol Educ* 2017; 35: 500–520.
- [17] Milles MB, Huberman AM. Analisis Data Kualitatif. Jakarta, Universitas Indonesia.
- [18] Dharma S. Strategi pembelajaran dan pemilihannya. *Jakarta Direktorat Tenaga Kependidikan Ditjen PMPTK Dep Pendidik Nas.*
- [19] Uno HB, Mohamad N. *Belajar dengan pendekatan PAILKEM: pembelajaran aktif, inovatif, lingkungan, kreatif, efektif, menarik.* Bumi Aksara, 2022.
- [20] Trianto. Model-model pembelajaran inovatif berorientasi Konstruktivistik. *Jakarta: Prestasi Pustaka.*
- [21] Surachman. *Dasar-Dasar Pengelolaan Laboratorium Biologi.* Yogyakarta: FKIP Yogyakarta, 1987.
- [22] Asmalia I, Fadiawati N, Kadaritna N. Pengembangan Instrumen Asesmen Berbasis Keterampilan Proses Sains pada Materi Stoikiometri. *J Pendidik dan Pembelajaran Kim* 2015; 4: 299–311.
- [23] Salamah U, Mursal M. Meningkatkan keterampilan proses sains peserta didik menggunakan metode eksperimen berbasis inkuiri pada materi kalor. *J Pendidik Sains Indones (Indonesian J Sci Educ* 2017; 5: 59–65.
- [24] Riswanto R, Dewi NAK. Peningkatan keterampilan proses sains melalui pembelajaran berbasis laboratorium untuk mewujudkan pembelajaran berkarakter. *J Ris Dan Kaji Pendidik Fis* 2017; 4: 60.
- [25] Paristiowati M, Zulmanelis Z, Nurhadi MF. Green chemistry-based experiments as the implementation of sustainable development values. *JTK (Jurnal Tadris Kim* 2019; 4: 11–20.