



## Micro-Scale Titration Practical Training Based on Green Chemistry for Chemistry Teachers in the Banten Province

### [Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro Berbasis *Green Chemistry* untuk Guru Kimia di Provinsi Banten]

Wawan Wahyu<sup>1\*</sup>, Rosyidah Syafaatur Rohmah<sup>1</sup>, Asep Suryatna<sup>1</sup>, Hokcu Suhanda<sup>1</sup>, Uswatun Hasanah<sup>2</sup>, R.A. Anita Meilina Ahmadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung (40154), Indonesia

<sup>2</sup> SMAN 1 Cilegon, Jl. K.H. Tb. Ismail Blok F No.103 Cilegon (42418), Banten, Indonesia

<sup>3</sup> SMAN 1 Padarincang, Jl. Raya Palka Km.30 Citasuk Padarincang (42168), Kabupaten Serang, Banten, Indonesia.

#### ABSTRAK

Tujuan pengabdian ini adalah untuk melatih guru-guru kimia di Provinsi Banten dalam melakukan praktikum titrasi skala mikro berbasis *Green Chemistry*. Pelatihan dilakukan melalui metode *Social-Education* yang dilaksanakan pada tanggal 11 Februari 2025 di Sekolah Menengah Atas (SMA) Nurul Fikri di Kabupaten Serang. Kegiatan ini diikuti oleh guru kimia SMA di Provinsi Banten. Keberhasilan kegiatan ini diketahui dari respon guru terhadap program pelatihan tersebut. Data ini dikumpulkan melalui kuesioner dalam bentuk *Google Form*. Sebagian besar guru telah memiliki pemahaman dan keterampilan yang baik terkait Praktikum Titrasi Skala Mikro. Selain itu, para guru kimia setuju bahwa Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* memiliki potensi positif untuk diterapkan dalam pembelajaran dan merekomendasikan adanya pelatihan lanjutan untuk memperdalam pemahaman mereka. Hal ini menunjukkan bahwa Pelatihan Praktikum Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* berhasil melatih guru kimia dalam mengembangkan pendidikan berkelanjutan untuk mengupayakan kegiatan pembelajaran kimia yang berkualitas di sekolah.

#### ABSTRACTS

*This community service aims to train chemistry teachers in Banten Province to carry out micro-scale titration practicum based on Green Chemistry. The training was conducted using the social education method on February 11th 2025, at the Nurul Fikri High School (SMA) in Serang Regency. This activity was attended by high school chemistry teachers in Banten Province. The success of this activity is known from the teacher's response to the training program. This data was collected through a questionnaire in the form of a Google Form. Most teachers have a good understanding and skills regarding the Micro Scale Titration Practicum. In addition, chemistry teachers agree that the Green Chemistry-based Microscale Titration Practicum has positive potential to be applied in learning and recommend further training to deepen their understanding. This shows that the Micro-Scale Practical Training based on Green Chemistry has succeeded in training chemistry teachers in developing sustainable education to strive for quality chemistry learning activities in schools.*

#### INFO ARTIKEL

Diterima: 18 Maret 2026  
Direvisi: 3 Juni 2026  
Disetujui: 17 Juni 2026  
Terpublikasi online: 26 Juni 2026

#### Kata Kunci:

ESD  
*Green Chemistry*  
Praktikum skala mikro  
Titrasi

#### Keywords:

ESD  
*Green Chemistry*  
*Micro scale practicum*  
*Titration*

✉Alamat korespondensi:  
Departemen Pendidikan Kimia, FPMIPA, UPI  
Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung (40154)  
E-mail: [wawan\\_wahyu@upi.edu](mailto:wawan_wahyu@upi.edu)

## Pendahuluan

Hingga saat ini, pendidikan di Indonesia masih terus berupaya untuk mewujudkan *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam kegiatan pembelajaran di kelas (Sudarmin, 2013). Demikian pula, hal ini menjadi fokus utama dalam meningkatkan kualitas pembelajaran kimia melalui pengembangan praktikum di sekolah. Kimia, sebagai cabang dari ilmu pengetahuan alam (IPA) memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia. Namun praktikum kimia di sekolah saat ini seringkali menghasilkan limbah berbahaya dan berkontribusi terhadap masalah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip *green chemistry* ke dalam pembelajaran kimia, khususnya melalui praktikum (Redhana & Merta, 2017).

Praktikum skala mikro (Nissa, 2023) menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan (Peratiwi et al., 2014) dibandingkan dengan praktikum skala makro. Dengan menggunakan bahan kimia dalam jumlah yang sangat kecil, praktikum skala mikro dapat mengurangi produksi limbah berbahaya (Shanghi, 2003), menghemat biaya (Braun et al., 2006; Heaton et al., 2006; Beach et al., 2009), dan meningkatkan keamanan laboratorium. Selain itu, praktikum skala mikro juga memungkinkan siswa untuk mengembangkan kerja ilmiah secara efisien dan efektif (Nurbaity, 2011). Salah satu praktikum yang sering dilakukan di sekolah adalah Titrasi Asam-Basa. Praktikum Titrasi Asam-Basa di sekolah menggunakan buret dengan volume 50 mL dan menggunakan natrium hidroksida (NaOH) serta asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). NaOH termasuk bahan kimia berbahaya dan bersifat iritan (Tata Chemicals, 2021), begitu pula dengan asam asetat tergolong bahan kimia berbahaya dan dapat menyebabkan kulit terbakar dan kerusakan mata (Sigma-Aldrich, 2025). Penggunaan NaOH dan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang berbahaya dapat dikurangi jumlahnya dengan menerapkan praktikum skala mikro yang menggunakan buret kecil ukuran 4 mL. Penerapan praktikum skala mikro berbasis *green chemistry* dapat menunjang ESD.

Guru kimia memiliki peran kunci dalam mengintegrasikan ESD (Sheldon, 2008, 2017; Burmeister & Eilks, 2012) dan *green chemistry* (Anastas et al., 2010, 2012) ke dalam pembelajaran. Namun, banyak guru yang belum memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai dalam mengembangkan dan melaksanakan praktikum skala mikro berbasis *green chemistry*. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan kapasitas guru kimia melalui pelatihan dan pengembangan sumber daya pembelajaran yang relevan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diidentifikasi beberapa masalah utama, antara lain: (1) kurangnya pemahaman guru tentang prinsip-prinsip *green chemistry* dan praktikum skala mikro, (2) terbatasnya sumber daya pembelajaran dan pelatihan yang tersedia bagi guru kimia untuk mengembangkan dan melaksanakan praktikum skala mikro berbasis *green chemistry*, dan (3) kurangnya integrasi ESD dalam pembelajaran kimia di sekolah. Oleh karena itu, perlu diupayakan suatu program pelatihan yang dapat dijadikan solusi terhadap permasalahan tersebut, yang bertujuan untuk melatih guru kimia dalam mengembangkan pendidikan berkelanjutan melalui praktikum titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry*.

Urgensi Inovasi Praktikum Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* (Shamuganathan & Karpuwedan, 2017) merupakan langkah penting dalam mengembangkan ESD (Burmeister et al., 2012, 2013). Dengan mengurangi dampak lingkungan (Karpuwedan et al., 2016), meningkatkan kesadaran, mendorong inovasi, dan meningkatkan keamanan, praktikum ini berkontribusi pada penerapan pendidikan berkelanjutan di sekolah. Untuk mencapai tujuan di atas, maka program pelatihan sangat bermanfaat bagi guru kimia yang selalu berupaya untuk meningkatkan profesionalitasnya. Hal ini merupakan suatu upaya dalam rangka meningkatkan kualitas sumber daya manusia terkait kompetensi para pendidik di Indonesia. Guru kimia dituntut untuk tidak hanya membekali siswa dengan pengetahuan tetapi juga keterampilan dan sikap yang peduli lingkungan.

Di kancah global, ESD (Eilks & Rauch, 2012) menjadi prioritas pendidikan dan inti tujuan pembelajaran di Abad 21 (Collard & Looney, 2014). Oleh karena itu, guru perlu merancang pembelajaran yang dapat mengembangkan ESD dengan menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry*. Hal ini dapat dilakukan dengan memilih dan merancang inovasi praktikum yang dapat menstimulus terwujudnya ESD.

Hasil-hasil penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa praktikum skala mikro dapat mewujudkan ESD. Namun, praktikum titrasi skala mikro berbasis *green chemistry* masih belum tersosialisasikan secara luas kepada para guru di berbagai daerah. Hal ini yang menjadi alasan perlunya dilakukan pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* kepada guru kimia untuk mengembangkan ESD dalam pembelajaran.

Pada artikel ini dibahas mengenai program pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* untuk guru kimia SMA di Provinsi Banten. Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan menggunakan program pendidikan dan pelatihan. Kegiatan pengabdian ini merupakan program pelatihan yang dilaksanakan sesuai kebutuhan guru dalam konteks pendidikan berkelanjutan (Juntunen & Aksela,

2014). Oleh karena itu, program ini dipilih agar pelaksanaan pelatihan dapat disesuaikan dengan kebutuhan guru dan sekolah tempat mereka mengajar.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk melatih guru-guru kimia SMA di Provinsi Banten dalam mengembangkan ESD. Selama kegiatan, guru diberikan penjelasan tentang prinsip-prinsip *green chemistry* yang menunjang ESD secara teoritis. Setelah itu, kegiatan ini dilanjutkan dengan pelatihan praktikum titrasi skala mikro berbasis *green chemistry*, dengan bahan-bahan yang ada di sekitar siswa yang ramah lingkungan. Di akhir kegiatan, efektivitas program pelatihan ini dievaluasi berdasarkan kajian terhadap data respon guru kimia yang dijarah melalui instrumen penelitian yang sesuai.

## Metode

Program pengabdian ini dilaksanakan menggunakan metode *social-education* (Adler, 2011) yang bertujuan untuk melatih guru-guru kimia SMA di Provinsi Banten dalam mengembangkan ESD. Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 11 Februari 2025 yang berlokasi di SMA Nurul Fikri Kabupaten Serang, Provinsi Banten.

Kegiatan ini merupakan salah satu sesi paralel dalam rangkaian acara Pengabdian kepada Masyarakat yang dilakukan oleh Program Studi Pendidikan Kimia, FPMIPA, UPI dengan judul “*Updating Kapasitas Instruksional Guru Kimia di Wilayah Banten melalui Pendalaman Materi dan Perancangan Pembelajaran Kimia*”. Kegiatan pengabdian dibagi menjadi dua sesi, yaitu sesi seminar dan sesi paralel. Sesi seminar diikuti oleh semua peserta, sebanyak 69 guru kimia SMA dari wilayah Provinsi Banten. Sedangkan pada sesi paralel, guru harus memilih salah satu dari 5 kegiatan yang dilaksanakan secara bersamaan, salah satunya adalah pelatihan praktikum titrasi skala mikro. Guru yang mengikuti pelatihan praktikum titrasi skala mikro sebanyak 9 orang.

Sebelum dilaksanakan pengabdian ke sekolah, terlebih dulu disiapkan hal-hal yang diperlukan dalam pelatihan praktikum titrasi skala mikro. Secara lebih detail, alur kegiatan Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur kegiatan pelatihan praktikum titrasi skala mikro.

Pada tahap perencanaan, dilakukan penentuan judul praktikum skala mikro yaitu titrasi asam-basa. Pemilihan topik titrasi asam-basa karena praktikum ini sering dilaksanakan di sekolah dan menggunakan bahan yang mudah diperoleh dalam kehidupan sehari-hari. Alat yang digunakan dalam praktikum skala mikro adalah *Organic Microscale Kit* yang dikembangkan oleh UPI dan disponsori oleh LUPIC (*Leading University Project for International Cooperation*) yang bekerjasama dengan Sogang University, UNNES, dan UNDIKSHA. *Organic Microscale Kit* dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk praktikum titrasi alat yang digunakan adalah buret, Erlenmeyer, gelas kimia, dan statif. Bahan yang digunakan dalam titrasi adalah NaOH, asam asetat, dan indikator fenolftalein (pp).



Gambar 2. *Organic microscale kit*.

Setelah menentukan judul, alat, dan bahan yang digunakan kegiatan berikutnya adalah optimasi. Optimasi bertujuan untuk mendapatkan prosedur praktikum yang sesuai untuk digunakan dalam

pembelajaran. Dalam optimasi, disiapkan bahan yang dibutuhkan dan diuji coba prosedur praktikumnya. Optimasi dilakukan di Laboratorium Proses Belajar dan Mengajar Kimia (LPBM) di Gedung JICA, FPMIPA, UPI. Pada optimasi pertama, digunakan NaOH 0,1 M dan HCl. HCl yang tersedia di LPBM adalah HCl murni 37% sehingga harus dilakukan pengenceran. Pengenceran pertama, mengubah konsentrasi HCl dari 12,08 M (37%) menjadi 1 M, kemudian diencerkan kembali menjadi 0,1 M. HCl 0,1 M kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 M. Sebanyak 4 mL HCl 0,1 M dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian dititrasi dengan NaOH 0,1 M yang terdapat dalam buret. Titik ekuivalen diperoleh saat NaOH yang terpakai sebanyak 4 mL, akan tetapi karena buret yang digunakan berkapasitas 4 mL maka semua NaOH habis terpakai. Hal ini menyebabkan titrasi tidak akurat karena bisa jadi NaOH sudah habis sedangkan titik akhir ekuivalen belum tercapai. HCl 0,1 M kemudian diencerkan kembali menjadi 0,05 M kemudian dititrasi kembali dengan NaOH 0,1 M. Volume NaOH yang diperlukan sebanyak 2,3 mL untuk menitrasi 5 mL HCl 0,05 M. HCl merupakan bahan kimia yang berbahaya sehingga reaksi harus dilakukan di lemari asam. Untuk mengatasi hal ini, maka HCl diganti dengan asam asetat yang kurang berbahaya dan mudah ditemukan di pasaran sebagai cuka dapur.

Optimasi kedua dilakukan pada 7 Februari 2025. Pada optimasi kedua, digunakan asam asetat sebagai pengganti asam klorida. Konsentrasi  $\text{CH}_3\text{COOH}$  yang digunakan adalah 0,05 M dan 0,1 M. Pada titrasi pertama digunakan 5 mL  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,05 M dengan NaOH 0,1 M dan 3 tetes indikator pp. Titrasi dilakukan sebanyak 3 kali dan rata-rata NaOH yang diperlukan sebanyak 2,6 mL. Pada titrasi kedua, menggunakan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  dengan konsentrasi 0,1 M sebanyak 3 mL, NaOH 0,1 M, dan 3 tetes indikator pp. Titrasi dilakukan secara duplo dan memerlukan NaOH sebanyak 2,6 mL di kedua percobaan. Hal ini menunjukkan bahwa titrasi yang dilakukan akurat karena jumlah volume yang diperlukan sama di kedua percobaan. Oleh karena itu, pada pelaksanaan pengabdian digunakan bahan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M sebagai sampel, NaOH 0,1 M, dan indikator pp. Bahan disiapkan dalam jumlah yang cukup untuk 3 kelompok dengan dua kali percobaan. Setelah itu disusun Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Titrasi Asam-Basa untuk guru.

Kegiatan terakhir adalah pelaksanaan pengabdian di SMA Nurul Fikri Serang, Banten. Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro diikuti oleh sembilan orang guru kimia yang berasal dari SMA di provinsi Banten. Guru-guru kemudian dibagi menjadi 3 kelompok, dengan masing-masing kelompok berisi 3 orang untuk melaksanakan titrasi skala mikro.

Pada akhir kegiatan pengabdian, dilakukan pengumpulan data untuk menganalisis respon guru terhadap kegiatan yang telah dilakukan. Pengumpulan data ini dilakukan menggunakan kuesioner yang disajikan dalam *Google Form*.

## Hasil dan Pembahasan

Pelatihan praktikum titrasi skala mikro dilakukan saat sesi paralel program pengabdian kepada masyarakat. Sebanyak sembilan orang memilih mengikuti pelatihan praktikum titrasi skala mikro. Sebelum kegiatan praktikum dimulai, guru-guru diberikan penjelasan umum terkait *green chemistry* dan pentingnya ESD dalam pembelajaran kimia. Setelah itu, guru ditunjukkan *Organic Microscale Kit* yang digunakan dalam praktikum titrasi. Guru-guru sangat antusias dan tertarik karena belum pernah melihat alat-alat kimia dalam skala mikro. Penggunaan alat skala mikro dapat mengurangi jumlah bahan yang digunakan dan mengurangi limbah bahan kimia yang dihasilkan (Bradley, 2002; Supatmi, 2022). Selain itu, dengan menggunakan *Organic Microscale Kit* pada praktikum dapat mempercepat reaksi yang terjadi karena bahan yang digunakan sedikit. Hal ini membuat kegiatan praktikum bisa diselesaikan dengan cepat.

Untuk menjelaskan cara penggunaan *Organic Microscale Kit* maka dilakukan demo titrasi terlebih dulu. Tujuan dari demo ini adalah untuk mengenalkan alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum titrasi skala mikro. Tidak semua alat dalam *Organic Microscale Kit* digunakan saat titrasi. Alat yang diperlukan hanya buret 4 mL, Erlenmeyer, dan *beaker glass* 10 mL. Untuk menggantung buret digunakan statif kecil. Setelah demo, guru dibagi menjadi 3 kelompok yang beranggotakan 3 orang. Masing-masing kelompok melakukan praktikum titrasi skala mikro dengan alat dan bahan yang tersedia. Selain itu, masing-masing kelompok harus mengisi LKPD yang sudah disediakan. Kegiatan praktikum titrasi skala mikro yang dilakukan guru ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan Praktikum Titrasi Skala Mikro

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa guru sudah memiliki keterampilan praktikum titrasi skala mikro. Hal ini juga terlihat dari kuesioner yang menyatakan bahwa semua guru (100%) pernah melakukan praktikum titrasi di sekolah, sehingga guru dapat memasang dan menggunakan alat dengan benar. Guru juga dapat melakukan praktikum dengan baik. Titrasi dilakukan sebanyak dua kali pengulangan (duplo), sehingga guru dapat bergantian dengan anggota kelompoknya untuk melakukan titrasi secara langsung. Setelah titrasi, masing-masing kelompok mengisi LKPD yang disediakan. Jawaban guru diberikan pada Tabel 1.

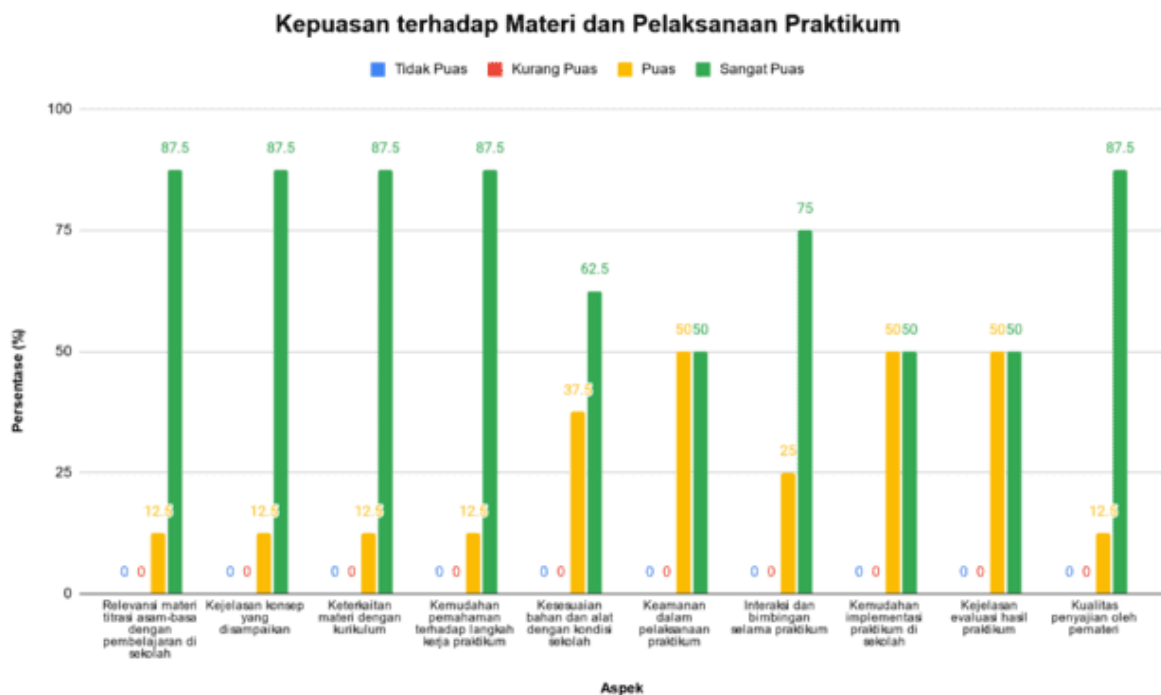
Tabel 1. Hasil LKPD titrasi asam-basa.

Kelompok 1			Kelompok 2		
<b>Tabel Pengamatan</b>			<b>Tabel Pengamatan</b>		
Percobaan	Volume Asam Asetat (mL)	Volume NaOH (mL)	Percobaan	Volume Asam Asetat (mL)	Volume NaOH (mL)
1	3 mL	3,9 mL	1	3 mL	3,5 mL
2	3 mL	3,9 mL	2	3 mL	3,6 mL
Rata-rata	3 mL	3,9 mL	Rata-rata	3 mL	3,55 mL
<b>Analisis Data</b>			<b>Analisis Data</b>		
Jawablah pertanyaan berikut dengan berdiskusi dengan kelompok anda? 1. Pada percobaan yang telah dilakukan, sebutkan spesi yang bertindak sebagai titran dan titrat?			Jawablah pertanyaan berikut dengan berdiskusi dengan kelompok anda? 1. Pada percobaan yang telah dilakukan, sebutkan spesi yang bertindak sebagai titran dan titrat?		
Titrat : $\text{CH}_3\text{COOH}$ (mg) titran : $\text{NaOH}$ 0,1 M			Titran : $\text{NaOH}$ 0,1 M Titrat : $\text{CH}_3\text{COOH}$		
2. Indikator apa yang digunakan pada titrasi asam basa yang telah dilakukan? kemudian jelaskan alasan menggunakan indikator tersebut?			2. Indikator apa yang digunakan pada titrasi asam basa yang telah dilakukan? kemudian jelaskan alasan menggunakan indikator tersebut?		
Indikator pp (phenolftalein) Range pH indikator pp 8,3-10 Karena titrasi asam lemah dan basa kuat range titik akhir (perubahan warna indikator) titrasi berada dikisaran pH basa.			Indikator pp. Rentang pH dari pp antara 8 - 10 Reaksi antara asam lemah dengan Basa kuat memiliki pH > 7 (Basa) sehingga pp cocok digunakan sebagai indikator nya.		

Kelompok 1	Kelompok 2
<p>3. Tuliskan persamaan reaksi penetralan dari percobaan yang telah dilakukan!</p> $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{NaOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{aq})$	<p>3. Tuliskan persamaan reaksi penetralan dari percobaan yang telah dilakukan!</p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
<p>4. Berdasarkan konsentrasi dari titrat yang diperoleh, hitunglah kadar asam asetat dari sampel cuka yang telah dititrasikan dengan NaOH!</p> $M_a \cdot V_a \cdot a = M_b \cdot V_b \cdot b$ $M_a \times 3 \text{ mL} \times 1 = 0,1 \text{ M} \times 3,9 \text{ mL} \times 1$ $M_a = \frac{0,39 \text{ M}}{3} = 1,3 \times 10^{-1} \text{ M}$	<p>4. Berdasarkan konsentrasi dari titrat yang diperoleh, hitunglah kadar asam asetat dari sampel cuka yang telah dititrasikan dengan NaOH!</p> $M_1 V_1 = M_2 V_2$ $(0,1)(3,55) = M_2(3)$ $\frac{0,355}{3} = M_2$ $M_2 = 0,118 \text{ M}$
<p><b>Kesimpulan</b></p> <p>Berdasarkan hasil analisis hasil percobaan, tuliskanlah kesimpulan yang diperoleh!</p> <p>Konsentrasi asam asetat yang didapat adalah <math>1,3 \times 10^{-1} \text{ M}</math></p>	<p><b>Kesimpulan</b></p> <p>Berdasarkan hasil analisis hasil percobaan, tuliskanlah kesimpulan yang diperoleh!</p> <p>Berdasarkan data percobaan di dapatkan konsentrasi <math>\text{CH}_3\text{COOH}</math> sebesar <math>0,118 \text{ M}</math>.</p>

Dari Tabel 1 diketahui bahwa proses titrasi yang dilakukan guru menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Konsentrasi asam asetat hasil titrasi sebesar 0,1 M, hal ini sesuai dengan konsentrasi sampel yang digunakan saat optimasi. Perbedaan volume NaOH yang diperlukan menunjukkan ketelitian masing-masing guru berbeda saat titrasi.

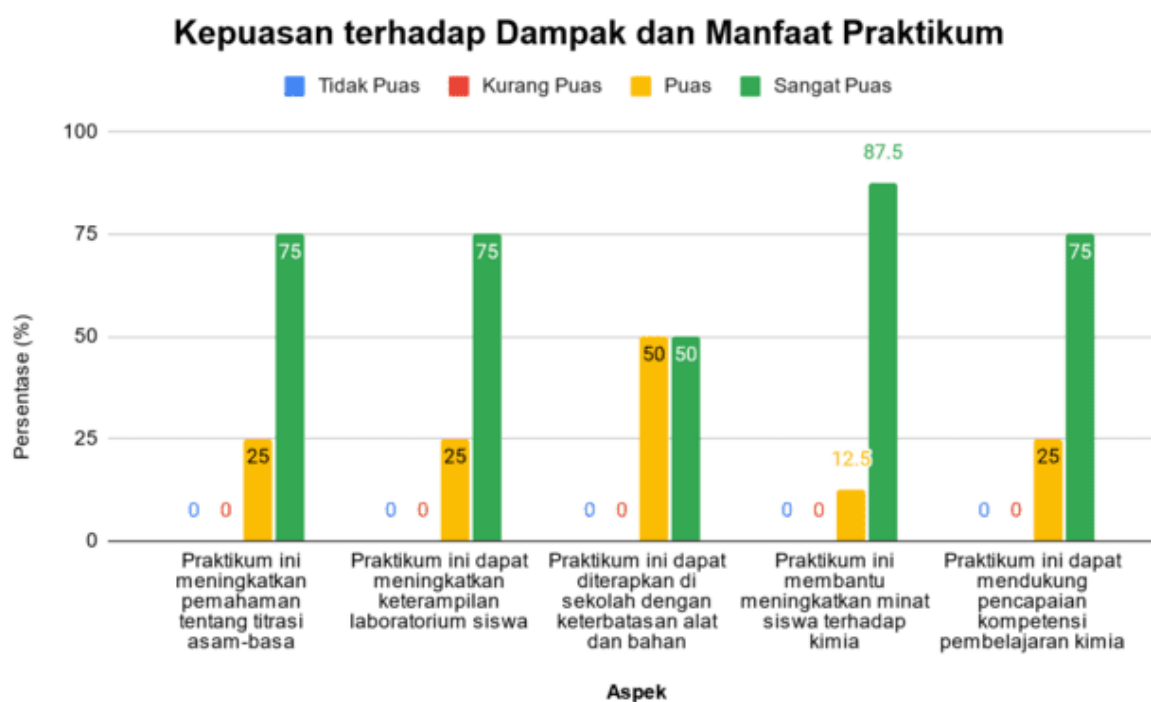
Setelah mengisi LKPD, semua guru diminta untuk mengisi kuesioner. Dari sembilan orang guru yang mengikuti praktikum titrasi skala mikro, hanya delapan orang yang mengisi kuesioner. Satu orang yang tidak mengisi kuesioner disebabkan oleh tidak ada sinyal internet di sekolah. Kepuasan guru terhadap materi dan pelaksanaan praktikum diberikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kepuasan guru terhadap materi dan pelaksanaan praktikum.

Dari Gambar 4 diketahui bahwa guru merasa puas dan sangat puas terhadap materi dan pelaksanaan praktikum. Sebanyak 87,5% guru merasa sangat puas dengan relevansi materi dengan pembelajaran di sekolah, kejelasan konsep, keterkaitan materi dengan kurikulum, kemudahan memahami langkah kerja praktikum, dan kualitas penyajian oleh pemateri. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan materi dan pemateri sudah tepat sasaran. Hasil ini sejalan dengan pengabdian yang dilakukan oleh Hapsari et al. (2024) yang mengadakan pelatihan praktikum skala mikro pada materi reaksi netralisasi untuk guru SMA di kota Magelang.

Pada aspek keamanan dalam pelaksanaan praktikum, kemudahan implementasi di sekolah, dan kejelasan evaluasi hasil praktikum terdapat 50% guru yang merasa puas, dan 50% merasa sangat puas. Hal ini terjadi karena saat praktikum kurang dilengkapi dengan Alat Perlindungan Diri (APD) yang memadai. Seharusnya menggunakan sarung tangan dan masker saat titrasi karena bahan NaOH dan asam asetat bersifat iritan. Sarung tangan tidak digunakan karena tidak tersedia di sekolah. Selain itu, alat *organic microscale kit* belum tersedia di sekolah sehingga praktikum titrasi skala mikro tidak mudah untuk diimplementasikan di sekolah. Kepuasan guru terhadap dampak dan manfaat praktikum ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Kepuasan guru terhadap dampak dan manfaat praktikum.

Kepuasan tertinggi, yaitu sebanyak 87,5% dengan kategori sangat puas dengan praktikum titrasi skala mikro yang dapat membantu meningkatkan minat siswa terhadap kimia. Penggunaan alat *organic microscale kit* dapat menarik minat siswa karena bentuk alat yang berukuran kecil. Praktikum skala mikro dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi kimia (Tesfamariam, 2014). Kepuasan terendah sebanyak 50% guru merasa puas dan 50% merasa sangat puas dengan penerapan praktikum di sekolah. Guru merasa praktikum skala mikro sulit diterapkan di sekolah karena tidak tersedianya *organic microscale kit* di laboratorium sekolah. Meski demikian, praktikum skala mikro bisa diterapkan di sekolah dengan prinsip-prinsip *green chemistry*. Guru bisa mengganti penggunaan buret dengan pipet tetes, sehingga jumlah bahan kimia yang digunakan bisa berkurang. Praktikum skala mikro dapat meningkatkan implementasi praktikum dalam kimia sekolah (Ogunleye, 2016). Pelatihan praktikum skala mikro dapat meningkatkan pemahaman guru terkait pendidikan berkelanjutan.

## Simpulan

Berdasarkan hasil analisis di atas, program pengabdian berupa Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* berhasil melatih guru kimia dalam mengembangkan pendidikan berkelanjutan. Sebagian besar guru telah memiliki pemahaman yang baik terkait praktikum titrasi. Para

guru kimia setuju bahwa Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* memiliki potensi positif untuk diterapkan dalam pembelajaran dan merekomendasikan adanya pelatihan lanjutan untuk memperdalam pemahaman mereka. Hal ini mengimplikasikan bahwa melalui Pelatihan Praktikum Titrasi Skala Mikro berbasis *Green Chemistry* untuk mengembangkan pendidikan berkelanjutan perlu terus dikembangkan agar meningkatkan kegiatan pembelajaran kimia yang berkualitas di sekolah.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Kepala SMA Nurul Fikri Kabupaten Serang, Banten, yang telah mendukung terselenggaranya kegiatan pengabdian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada LUPIC dan Sogang University yang mensponsori pengembangan *Organic Microscale Kit* yang digunakan dalam pengabdian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh guru yang telah berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian ini.

### Daftar Pustaka

- Adler, S. A. (2011). The education of social studies teacher. Universitas of. Missouri Arkansas City.
- Anastas, P. T.; Warner, J. C. G. C. (1998). *Green chemistry: Theory and practice*. Oxford University Press.
- Anastas, P. & Eghbali, N. (2010). Green chemistry: Principles and practice. *Chemistry Social Reviews*, 39(1), 301-312.
- Beach, E.S., Cui, Z. & Anastas, P.T. (2009). Green chemistry: A design framework for sustainability. *Energy and Environmental Science*, 2(10), 1038–1049.
- Bradley, J.D. (2002). Small-Scale Chemistry. *Chemistry International*, 24(3),8-10.
- Braun, B., Charney, R., Clarens, A., Farrugia, J., Kitchens, C., Lisowski, C., Naistat, D. & O'Neil, A. (2006). Completing our education: Green chemistry in the curriculum. *Journal of Chemical Education*, 83(8), 1126-1129.
- Burmeister, M. & Eilks, I. (2012). An example of learning about plastics and their evaluation as a contribution to education for sustainable development in secondary school chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 93–102.
- Burmeister, M., Rauch, F. & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59-68
- Burmeister, M., Jacob, S.S. & Eilks, I. (2013). German chemistry teachers' understanding of sustainability and education for sustainable development. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 169-176.
- Collard, P., & Looney, J. (2014). Nurturing creativity in education. *European Journal of Education*, 49(3), 348- 364.
- Eilks, I. & Rauch, F. (2012). Sustainable development and green chemistry in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 57– 58
- Hapsari, N.D., Pamenang, F.D.N., Cristy, L.V.R., Ferdiansyah, N.N., Nathasya, P.M. (2024). Pelatihan praktikum kelas kimia skala kecil untuk guru kimia dengan topik reaksi netralisasi di Kota Magelang. *Abdimas Altruis: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(1),58-61.
- Heaton, A., Hodgson, S., Overton, T., & Powell, R. (2006). The challenge to develop CFC (chlorofluorocarbon) replacements: a problem based learning case study in green chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 280-287 73
- Juntunen, M.K. & Aksela, M.K. (2014). Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 488-500
- Karpuwedan, M., Ismail, Z. & Roth, W.M. (2011). Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 120–127.
- Karpuwedan, M., Roth, W.M., & Sinniah, D. (2016). The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid base concepts and argumentation skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 893-901
- Nissa, A. K., (2023) *Micro scale organic laboratory*. New York: John. Willey & Sons.
- Nurbaity. (2011). Pendekatan green chemistry suatu inovasi dalam pembelajaran kimia berwawasan lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 1(1), 13- 21
- Ogunleye, B.O. (2016). Small-scale chemistry: prospect and implications for improved implementation practical activities in nigerian secondary schools. *Niger-Delta Journal of Education*, 8(2),212-225.

- Peratiwi, K.A., Redhana, I.W., & Maryam, S.(2014). Buku pedoman praktikum kimia ramah lingkungan untuk pembelajaran kimia SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 2(1), 66-75.
- Redhana, I.W. & Merta, L.M. (2017). Green chemistry practicum to improve student learning outcomes of reaction rate topic. *Cakrawala Pendidikan*, 36(3), 382-403.
- Shamuganathan, S. & Karpuwedan, M. (2017). Science writing heuristics embedded in green chemistry: a tool to nurture environmental literacy among pre-university students. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(2), 386-396.
- Shanghi, R. (2003). *The need for green chemistry: environmentally friendly alternative*. Naroso Publishing House.
- Sheldon, R.A. (2008). Green and sustainable chemistry: challenges and perspectives. *Green Chem*, 10(1), 359-360 75.
- Sheldon, R.A.(2017). The E factor 25 years on: the rise of green chemistry and sustainability. *Green Chemistry*, 19(1), 18-43.
- Sigma-Aldrich. (2025). *Safety Data Sheet – Acetic Acid*. <https://www.sigmaaldrich.com/ID/en/sds/aldrich/w200603?userType=undefined> diakses pada 20 Februari 2025.
- Sudarmin. (2013). Kemampuan generik sains kesadaran tentang skala sebagai wahana mengembangkan praktikum kimia organik berbasis green chemistry. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 2(1), 18-24.
- Supatmi, S. (2022). Peningkatan keterampilan proses sains melalui praktikum kimia berbasis skala mikro materi stoikiometri. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 12(1),47-58.
- Tata Chemicals. (2021). *MSDS - Sodium Hydroxide*. <https://www.tatachemicals.com/upload/images/sodium-hydroxide-tcl-sds-ghs-2021.pdf> diakses pada 20 Februari 2025.
- Tesfamariam, G., Lykknes, A., Kvittingen, L. (2014). Small-scale chemistry for a hands-on approach to chemistry practical work in secondary schools: Experiences from Ethiopia. *AJCE*, 4(3),48-94.