



Pengembangan Modul Praktikum berbasis *Green Chemistry* untuk Menanamkan Karakter Peduli Lingkungan pada Calon Guru IPA

Laily Yunita Susanti^{1),*}

¹⁾Tadris IPA, Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember

*susantilaily89@gmail.com

Abstrak: Analisis Senyawa Kimia (ASK) merupakan salah satu mata kuliah praktikum yang bertujuan untuk membekali calon guru IPA ilmu yang berkaitan dengan analisis senyawa organik maupun non organik, baik secara konvensional maupun dengan menggunakan instrument analisis modern. Namun demikian, praktikum ASK seringkali menggunakan bahan-bahan kimia yang kurang ramah lingkungan sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Peneliti telah berupaya mengembangkan modul praktikum berbasis *green chemistry* pada Mata Kuliah ASK agar calon guru dapat melaksanakan praktikum sekaligus menanamkan karakter peduli lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk: 1) Mendeskripsikan validitas dan uji respons modul praktikum berbasis *green chemistry* pada Mata Kuliah ASK bagi calon guru IPA; dan 2) Mendeskripsikan penerapan modul praktikum berbasis *green chemistry* pada Mata Kuliah ASK untuk menanamkan karakter peduli lingkungan. Data kuantitatif diperoleh dari angket penilaian produk pengembangan yang disusun dengan skala Likert oleh ahli materi, ahli desain, ahli bahasa/ kependidikan dan mahasiswa/ pengguna terbatas, sedangkan data kualitatif diperoleh melalui pengisian komentar dan saran, baik dari ahli maupun pengguna terbatas. Validitas modul berdasarkan uji ahli yang dikembangkan memiliki skor pada komponen kelayakan materi adalah sebesar 3,88, komponen kelayakan desain adalah 3,71 dan komponen kelayakan kebahasaan adalah 3,31 (skala 1-4). Selanjutnya, hasil pengujian dengan angket respon mahasiswa memperoleh prosentase sebesar 90,6% untuk komponen kelayakan desain/ penyajian; sebesar 91,4% untuk komponen kelayakan materi dan 96,9% untuk aspek kebahasaan.

Kata Kunci: Modul Praktikum, *Green Chemistry*, Analisis Senyawa Kimia.

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran IPA, khususnya kimia merupakan proses transfer ilmu kimia antara pendidik dan peserta didik dalam mempelajari gejala-gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat, dinamika dan energetika suatu materi dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu kompetensi yang ditekankan dalam pembelajaran kimia adalah menganalisis dan memecahkan permasalahan-permasalahan yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari dengan menggunakan konsep-konsep ilmu kimia (Arifin et al., 2018). Pembelajaran sains khususnya kimia juga memiliki peranan penting dalam membentuk karakter suatu pribadi melalui penerapan sifat ilmiah mulai dari menginvestigasi, melakukan eksperimen, mendiskusikan dan mengkomunikasikan hasil eksperimen dalam suatu proses ilmiah (DİNÇOL ÖZGÜR et al., 2016). Dalam mempelajari dan menemukan solusi permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari, mahasiswa tidak hanya memerlukan teori akan tetapi juga aktivitas nyata melalui penerapan metode eksperimen di laboratorium.

Dalam pembelajaran sains kegiatan laboratorium merupakan bagian integral dari kegiatan belajar mengajar, khususnya kimia. Laboratorium kimia merupakan tempat untuk melakukan riset ataupun eksperimen dalam bidang ilmu kimia (DİNÇOL ÖZGÜR et al., 2016). Pembelajaran kimia di laboratorium melatih mahasiswa untuk memiliki keterampilan-keterampilan proses sains, di antaranya: (1) menemukan masalah, (2) merumuskan hipotesis, (3) menggunakan pengetahuan dan keterampilan pada kondisi yang baru, (4) memecahkan permasalahan, (5) merancang eksperimen sederhana untuk membuktikan hipotesis, (6) menggunakan peralatan dan bahan untuk melakukan eksperimen, (7) menginterpretasikan data hasil eksperimen, (8) mendeskripsikan hasil analisis data, serta (9) menyimpulkan dan memahami konsep yang didapat dari hasil eksperimen (Emda, 2014).

Pembelajaran kimia di laboratorium seperti yang telah diuraikan sebelumnya dapat meningkatkan keterampilan peserta didik dalam mengaplikasikan ilmu kimia. Namun demikian, pembelajaran kimia melalui praktikum di laboratorium menimbulkan beberapa permasalahan yang berdampak pada manusia dan lingkungan. Salah satu dampak yang signifikan adalah masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan bahan-bahan kimia yang berbahaya yang berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Selain itu, bahan-bahan kimia ada yang bersifat racun, korosif, dan mudah terbakar (*Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Secondary Schools*, 2016). Selain itu, terjadinya kecelakaan kerja juga akibat dari ketidakpahaman praktikan akan bahaya kerja di laboratorium menjadi dampak yang sulit dihindari. Dengan demikian, diperlukan suatu pendekatan agar pembelajaran kimia di laboratorium berlangsung dengan baik namun tetap meminimalisir dampak negatif yang mungkin timbul (Abbas et al., 2016).

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah tersebut adalah penerapan *green chemistry* dalam pembelajaran di laboratorium. Pendekatan Green Chemistry erat kaitannya dengan bagaimana mengatasi permasalahan lingkungan. Beberapa penelitian mengemukakan bahwa *green chemistry* bertujuan untuk meminimalisir dan atau menghilangkan zat berbahaya pada suatu proses kimiawi, diganti dengan zat-zat yang lebih ramah lingkungan sehingga mampu mengatasi permasalahan lingkungan (Prabawati & Wijayanto, n.d.); Karpudewan et al., 2011). Selain itu, penelitian lain menyebutkan bahwa *green chemistry* juga bertujuan untuk mengurangi dampak negative sumber aktivitas maupun proses kimia yang berdampak pada kesehatan manusia dan kondisi lingkungan (Kadek Ana Peratiwi et al., 2014). Pendekatan ini digagas dengan 12 prinsip yang diharapkan mampu menjawab tantangan seputar polusi, krisis energi, limbah sertakeamanan dan keselamatan kerja. Kontribusi pendekatan ini lebih diarahkan pada proses dan produk kimia yang lebih aman dan ramah dengan lingkungan dan kesehatan (Wahyuningsih & Rohmah, 2017). Sejalan dengan hal itu, program studi Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Jember ingin memperkenalkan gagasan dalam pendekatan Green Chemistry melalui kegiatan laboratorium pada mata kuliah Analisis Senyawa Kimia di semester akhir perkuliahan mahasiswanya.

Kepedulian terhadap lingkungan merupakan salah satu sifat yang dapat dikembangkan dari pembelajaran khususnya pembelajaran IPA. Peduli lingkungan adalah tindakan yang mengupayakan secara preventif kerusakan lingkungan dan melakukan berbagai upaya perbaikan terhadap kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh berbagai faktor. Ciri khas dari peduli terhadap lingkungan adalah perencanaan dan pelaksanaan berbagai kegiatan untuk mencegah kerusakan lingkungan. Selain itu, indikator sikap peduli lingkungan adalah kebiasaan menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan, membangun saluran pengolahan air limbah yang baik, pengelolaan sampah yang realistis perencanaan pembersihan lingkungan dan pemeliharaan lingkungan sekolah (Redhana et al., n.d.).

Praktikum Analisis Senyawa Kimia menggunakan beberapa bahan kimia yang berbahaya dan sulit didegradasi apabila langsung dibuang ke lingkungan sekitar. Sementara itu, tujuan mata kuliah bukan hanya agar mahasiswa menguasai Analisis Senyawa secara praktikum dan teori, tetapi juga mengajarkan akan pentingnya menjaga lingkungan setelah menguasai teori. Dengan demikian perlu dikembangkan modul praktikum yang tidak hanya membantu mahasiswa untuk menguasai teori, akan tetapi juga mengajarkan mahasiswa untuk meminimalisir pencemaran lingkungan.

Pengembangan modul praktikum berbasis *green chemistry* menjadi salah satu solusi untuk memecahkan masalah pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan praktikum MK Analisis Senyawa Kimia. Penelitian serupa dilakukan oleh Wahyuningsih & Rohmah (2017) yang mengembangkan modul praktikum kimia dasar berbasis *green chemistry* untuk mahasiswa calon guru IPA dan oleh Arifin et al. (2018); Oleh, 2017) yang mengembangkan modul praktikum materi Asam Basa, Larutan Penyangga dan Hidrolisis Garam berbasis *green chemistry* untuk siswa Kelas XI SMA. Berdasarkan kedua penelitian tersebut, peserta didik merespon baik terhadap penggunaan bahan ajar berbasis *green chemistry* dalam pembelajaran kimia baik pada level sekolah menengah maupun perguruan tinggi.

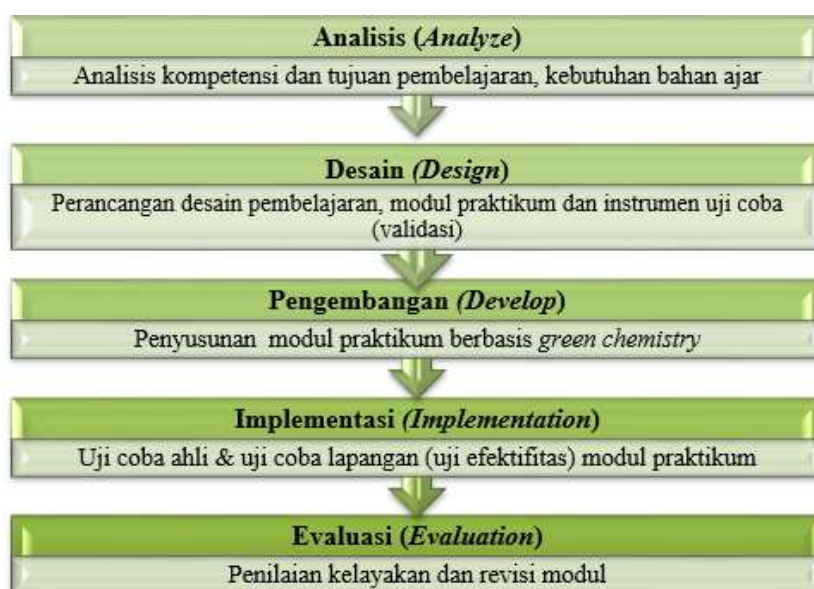
Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan dengan teknik kuesioner dan wawancara, peneliti mendapat informasi bahwa kegiatan praktikum pada Mata Kuliah (MK) Analisis Senyawa Kimia di Program Studi Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Jember selama ini belum menggunakan pendekatan *green chemistry*. Hal tersebut ditunjukkan oleh pernyataan dari beberapa mahasiswa bahwa modul praktikum MK Analisis Senyawa Kimia belum menerapkan prinsip-prinsip *green chemistry* untuk mencegah

pencemaran lingkungan yang mungkin disebabkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia pada saat praktikum berlangsung.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti bermaksud untuk mengembangkan modul praktikum berbasis *green chemistry* pada Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia dalam rangka mengatasi permasalahan lingkungan yang mungkin timbul akibat penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya di Laboratorium Terpadu Fakultas Tabiyah dan Ilmu Keguruan IAIN Jember.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Prodi Tadris IPA Fakultas Tarbiyah dan Ilmu Keguruan UIN KHAS Jember. Subjek penelitian ini adalah mahasiswa Tadris IPA UIN KHAS Jember semester V tahun ajaran 2019/2020 sebanyak 90 orang mahasiswa/i. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian dan pengembangan (*Research and Development/ R&D*). Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE. Prosedur penelitian dan pengembangan modul praktikum berbasis *green chemistry* dengan sistematika penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Prosedur Penelitian dengan Model Pengembangan ADDIE

Tahap ke-1 Analisis

Pada tahap pertama dilakukan analisis kurikulum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia untuk mengetahui materi-materi yang akan disusun dalam modul praktikum berbasis *green chemistry*. Sebelum dilakukan analisis kurikulum, terlebih dahulu dilakukan studi pendahuluan. Selain itu juga dilakukan studi pustaka mengenai ketersediaan sumber belajar berupa modul praktikum yang dapat digunakan oleh mahasiswa untuk mengikuti MK Analisis Senyawa Kimia. Hasil observasi dilakukan untuk analisis kurikulum yang akan dikembangkan menjadi kompetensi dasar dalam mengikuti MK Analisis Senyawa Kimia.

Tahap ke-2 Perencanaan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan konsep modul praktikum sesuai dengan analisis kurikulum yang telah dilakukan. Konsep awal modul praktikum didasarkan pada modul praktikum yang telah disusun sebelumnya. Selain konsep awal modul praktikum, pada bagian ini juga disusun konsep awal instrumen uji kelayakan produk untuk modul praktikum yang telah disusun.

Tahap ke-3 Pengembangan

Pada tahap ini dilakukan penyusunan modul praktikum berbasis *green chemistry* pada MK Analisis Senyawa Kimia sesuai dengan konsep awal yang telah dibuat. Modul praktikum yang telah disusun tersebut selanjutnya divalidasi oleh ahli materi, ahli desain modul praktikum untuk pembelajaran dan ahli bahasa. Revisi hasil validasi ahli yang menghasilkan *draft* kedua modul praktikum untuk dilakukan uji coba lapangan.

Tahap ke-4 Implementasi

Pada tahap ini dilakukan uji respon terhadap *draft* kedua modul praktikum berbasis *green chemistry* pada MK Analisis Senyawa Kimia pada mahasiswa Tadris IPA IAIN Jember, yaitu mahasiswa Tadris IPA angkatan tahun 2017 kelas IPA 1 dan IPA 2.

Tahap ke-5 Evaluasi

Pada tahap ini dilakukan revisi terhadap *draft* kedua modul praktikum berbasis *green chemistry* pada MK Analisis Senyawa Kimia berdasarkan hasil uji respon. Revisi terhadap *draft* kedua modul praktikum berbasis *green chemistry* pada MK Analisis Senyawa Kimia ini menghasilkan produk akhir modul praktikum yang akan digunakan pada pembelajaran MK Analisis Senyawa Kimia.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode angket (kuesioner) yang disusun dengan skala likert dan metode dokumentasi. Angket digunakan pada validasi ahli dan uji respons pada calon guru IPA. Validasi modul praktikum ahli dilakukan oleh 1 ahli materi yaitu dosen kimia, 1 ahli desain modul dan 1 ahli kependidikan yang pernah mengampu Mata Kuliah dengan rumpun Kimia. Kuesioner validasi uji ahli dan respon mahasiswa untuk menilai validitas modul praktikum. Teknik dokumentasi dilakukan dengan mendata dokumen yang berkaitan dengan MK Analisis Senyawa Kimia pada Kurikulum Tadris IPA UIN KHAS Jember.

Analisis data yang diperoleh dari uji ahli modul praktikum dapat bersifat analisis kuantitatif berupa skor hasil pengisian kuesioner/ angket dan analisis deskriptif berupa masukan, saran serta komentar-komentar dari para ahli. Penilaian ini didasarkan pada jawaban atas beberapa pernyataan pada angket. Kriteria penskoran modul praktikum ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Penskoran Validitas Modul

1	2	3	4
Sangat kurang baik	Kurang baik	Baik	Sangat baik

Jenjang kriteria validitas ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenjang Kriteria Validitas Untuk Analisis Data Validasi

Range Nilai Rata-rata	Kriteria Validitas
3,26-4,00	Sangat baik/ sangat valid
2,51-3,25	Baik/ valid
1,76-2,50	Cukup baik/ cukup valid
1,00-1,75	Kurang baik/ kurang valid

Dari hasil penilaian validator, kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan persentase. Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Skor Kriteria} = \text{Skor tertinggi tiap aspek} \times \text{jumlah aspek} \times \text{jumlah validator}$$

$$\text{Persentase}(\%) = \frac{\text{jumlah skor}}{\text{skor kriteria}} \times 100\%$$

Kriteria interpretasi skor penilaian modul tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Interpretasi Skor Penilaian Modul Praktikum

Skor	Kriteria Interpretasi
0 % - 20 %	Tidak memenuhi
21 % - 40 %	Kurang memenuhi
41 % - 60 %	Cukup
61 % - 80 %	Memenuhi
85 % - 100%	Sangat memenuhi

Data angket respon mahasiswa dianalisis secara deskriptif kualitatif. Data yang diperoleh dapat dihitung persentasenya dengan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase(\%)} = \frac{\text{Jml mhs menjawab ya}}{\text{Jumlah seluruh mahasiswa}} \times 100\%$$

Kriteria Interpretasi Skor Respon mahasiswa dapat dilihat pada Tabel 4 .

Tabel 4. Kriteria Interpretasi Skor Respon Mahasiswa

Skor	Kriteria Interpretasi
0 % - 20 %	Tidak memenuhi
21 % - 40 %	Kurang memenuhi
41 % - 60 %	Cukup
61 % - 80 %	Memenuhi
81 % - 100%	Sangat memenuhi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Ahli dan Uji Respons Modul Praktikum

Modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* memuat beberapa konsep maupun aplikasi tentang metode analisis senyawa kimia secara konvensional maupun instrumental modern. Materi-materi yang dimuat dalam modul praktikum diperuntukkan untuk mahasiswa semester V Tadris IPA IAIN Jember dan memiliki tujuan penting agar mahasiswa dapat mengaplikasikan konsep-konsep metode analisis senyawa kimia secara konvensional maupun instrumental modern. Dengan demikian materi yang disampaikan dalam modul harus diuji validitasnya terlebih dahulu agar layak digunakan sebagai pedoman praktikum.

Pada penelitian ini, peneliti memohon kesediaan dari Nina Ariesta, S. Pd., M. Si untuk memvalidasi prototipe (*draft* awal) modul yang akan diuji cobakan. Beliau adalah dosen kimia pada program studi S1 Kimia Universitas Nusa Bangsa Bogor yang memiliki latar belakang S2 Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Adapun hasil validasi ahli materi terhadap modul dapat dilihat pada Tabel 5. berikut:

Tabel 5. Hasil Uji Ahli oleh Ahli Materi

No	Aspek yang Dinilai	Score
1.	Ketepatan judul dalam merepresentasikan isi modul praktikum	4
2.	Kesesuaian judul praktikum dengan uraian materi dan kegiatan praktikum dalam modul	4
3.	Kesesuaian apersepsi pelajaran dengan materi atau uraian teori	4
4.	Kesesuaian peta konsep dengan materi yang dibahas	4
5.	Kesesuaian uraian materi pada setiap kegiatan praktikum	4
6.	Penyajian prosedur praktikum sesuai dengan prinsip <i>green chemistry</i>	4
7.	Kesesuaian contoh gambar yang mendukung materi serta mencantumkan sumber	4
8.	Keluasan dan kedalaman materi dan prosedur percobaan yang disajikan pada kegiatan praktikum	3
		Total = 31
		Rata-rata = 3,88
		Prosentase (%) = 96,88

Berdasarkan Tabel 5., data analisis angket validasi dari ahli materi diperoleh skor validitas sebesar 3,88 (dalam prosentase 96,88%). Sedangkan secara keseluruhan dari tim ahli memperoleh skor 3,79. Berdasarkan kriteria yang digunakan menurut rumus Arikunto dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh terkait materi modul adalah sangat valid sehingga materi yang disampaikan dalam modul sesuai dengan capaian pembelajaran. Skor hasil validasi dari ahli materi tersebut menunjukkan bahwa penyajian kegiatan praktikum dalam Modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* telah sesuai dengan capaian pembelajaran, kebutuhan dan karakteristik mahasiswa.

Modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* dikembangkan untuk mahasiswa Tadris IPA semester II yang akan menempuh MK Analisis Senyawa Kimia sehingga desain modul harus disesuaikan dengan tingkat perkembangan mahasiswa. Dengan demikian modul yang dikembangkan divalidasi oleh ahli desain media pembelajaran untuk menilai dan memberikan masukan yang relevan terhadap

bahan ajar berupa modul praktikum. Pada penelitian ini, peneliti memohon kesediaan dari Dr. Andi Suhardi, S. Pd., M. Pd. untuk memvalidasi *draft* awal modul yang akan diujicobakan dari aspek desain modul. Beliau merupakan dosen Kimia di program studi Tadris IPA FTIK IAIN Jember dengan latar belakang pendidikan S3 Teknologi Pembelajaran. Adapun hasil validasi ahli materi terhadap modul dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Ahli oleh Ahli Desain Modul

No	Aspek yang Dinilai	Skor
1.	Keajegan teknik penyajian materi dalam modul praktikum	4
2.	Keruntutan konsep materi yang disajikan dalam modul praktikum	4
3.	Kelengkapan prosedur praktikum yang disajikan dalam modul	4
4.	Kelengkapan daftar isi yang disajikan dalam modul praktikum	3
5.	Kelengkapan peta konsep yang disajikan dalam modul praktikum	4
6.	Kelengkapan tabel hasil pengamatan praktikum yang disajikan dalam modul	4
7.	Ketepatan penyajian daftar pustaka sehingga mudah digunakan sebagai sumber pendukung yang dapat dijadikan acuan untuk mencari sumber bacaan yang relevan dengan materi	3
		Total = 26
		Rata-rata = 3,71
		Prosentase (%) = 92,86

Dari hasil analisis angket validasi desain modul, diperoleh persentase validitas dari ahli desain sebesar 3,71. Berdasarkan kriteria yang digunakan menurut rumus Arikunto dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh terkait desain modul adalah sangat valid sehingga desain modul (tata letak tulisan dan huruf, tata letak kalimat dan paragraf, tata letak gambar dan pemilihan warna) sudah memenuhi standar. Selain itu, penyajian konsep dalam modul runtut dan kelengkapan bagian-bagian modul sudah sesuai standar. Dengan demikian dari segi penyajian modul tersebut valid digunakan sebagai pedoman praktikum bagi mahasiswa Tadris IPA.

Modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* memuat akan digunakan untuk pembelajaran calon guru IPA. Dengan demikian modul yang dikembangkan perlu divalidasi oleh ahli kependidikan untuk menilai dan memberikan masukan yang relevan terhadap modul pembelajaran ini dari sisi pedagogi. Pada penelitian ini, peneliti memohon kesediaan dari A. Sirojul Anam Izza, S. Pd., M. Si yang merupakan dosen kimia di FTIK IAIN Jember dengan latar belakang S1 Pendidikan Kimia Universitas Negeri Malang dan S2 Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sehingga diharapkan dapat memberikan masukan yang konstruktif untuk perbaikan modul.

Adapun hasil validasi ahli materi terhadap modul dapat dilihat pada Tabel 7. Dari hasil analisis angket validasi pada aspek kependidikan/kebahasaan, diperoleh skor validitas sebesar 3,33. Sedangkan skor secara keseluruhan dari tim uji ahli (validasi) modul praktikum yaitu 3,85. Berdasarkan kriteria yang digunakan menurut rumus Arikunto dapat disimpulkan bahwa hasil diperoleh terkait desain modul adalah sangat valid.

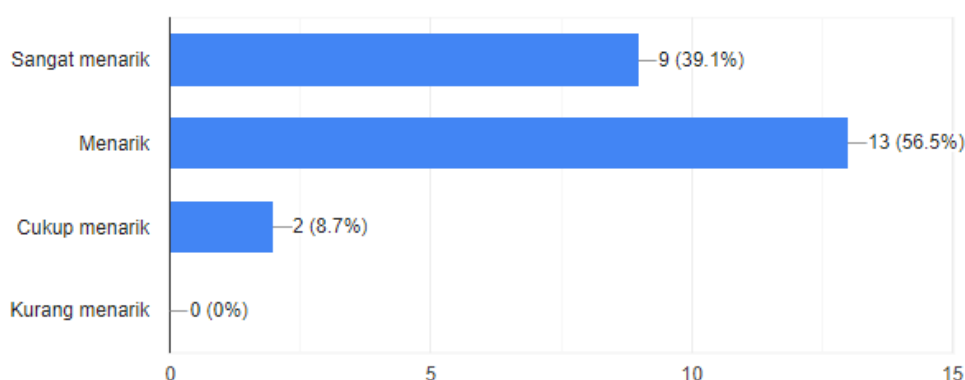
Tabel 7. Hasil Uji Ahli oleh Ahli Desain Modul

No	Aspek yang Dinilai	Skor
1.	Keajegan teknik penyajian materi dalam modul praktikum	4
2.	Keruntutan konsep materi yang disajikan dalam modul praktikum	4
3.	Kelengkapan prosedur praktikum yang disajikan dalam modul	4
4.	Kelengkapan daftar isi yang disajikan dalam modul praktikum	3
5.	Kelengkapan peta konsep yang disajikan dalam modul praktikum	4
6.	Kelengkapan tabel hasil pengamatan praktikum yang disajikan dalam modul	4
7.	Ketepatan penyajian daftar pustaka sehingga mudah digunakan sebagai sumber pendukung yang dapat dijadikan acuan untuk mencari sumber bacaan yang relevan dengan materi	3
		Total = 26
		Rata-rata = 3,71
		Prosentase (%) = 92,86

Kriteria sangat valid tersebut menandakan bahwa penggunaan bahasa dalam modul praktikum (termasuk istilah-istilah) mudah dipahami dan sudah sesuai dengan tata penulisan EYD dalam bahasa Indonesia yang baik dan benar.

Setelah melalui uji ahli, modul praktikum diujicobakan di lapangan. Secara umum, hasil uji coba lapangan tahap awal menggunakan instrumen angket respon mahasiswa menunjukkan bahwa kriteria penyajian fisik modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* sangat menarik sebesar 35,8%; menarik sebesar 54,8%, dan cukup menarik sebesar 9,4%. Kriteria penyajian konsep atau materi modul kimia dasar memperoleh prosentase sangat menarik sebesar 32,6%; menarik sebesar 58,8%, dan cukup menarik sebesar 8,6%. Selanjutnya, pada kriteria penyajian bahasa pada modul kimia dasar memperoleh pengakuan sangat menarik sebesar 31,3%; menarik sebesar 65,6%, dan cukup menarik sebesar 3,1%.

Kriteria penyajian fisik modul mendapatkan nilai sangat menarik dan menarik sebesar 35,8% dan 54,8% karena modul memiliki tampilan yang menarik. Tampilan fisik modul menarik bagi calon guru IPA sesuai dengan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2. berikut.

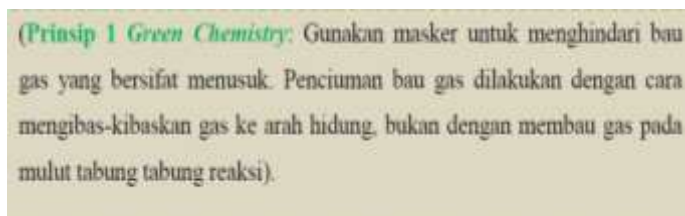


Gambar 2. Grafik Tingkat Kemenarikan Modul Praktikum ASK berbasis *Green Chemistry*

Berdasarkan gambar tersebut, sebanyak 56,6% mahasiswa tertarik dan 39,1% mahasiswa sangat tertarik pada tampilan fisik modul. Hal tersebut ditinjau dari segi warna *background*, modul memiliki warna yang variatif dengan warna dasar biru. Dari segi ukuran dan warna huruf modul juga memiliki variasi. Huruf utama modul adalah arial 12, tetapi pada keterangan gambar dan fitur menggunakan ukuran huruf yang lebih kecil. Selain memuat fitur yang menarik, mahasiswa juga menyatakan bahwa fitur-fitur yang terdapat modul praktikum mampu menunjang pemahaman mahasiswa terhadap materi yang dipelajari. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Prabawati & Wijayanto (n.d.) maupun Redhana et al. (n.d.) bahwa *green chemistry* dapat diterapkan pada kegiatan praktikum baik pada level sekolah menengah maupun perguruan tinggi.

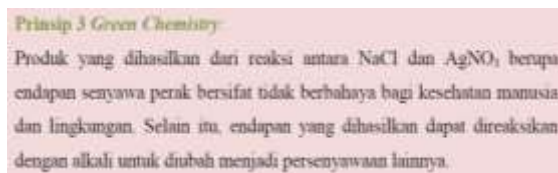
Penerapan Prinsip *Green Chemistry* untuk Penanaman Nilai Karakter Peduli Lingkungan

Penerapan prinsip-prinsip *green chemistry* secara dominan dilakukan pada bagian prosedur percobaan. Contoh aplikasi prinsip pertama *green chemistry* ditunjukkan pada Gambar 3. berikut:



Gambar 3. Aplikasi prinsip pertama *Green Chemistry*

Prinsip pertama *green chemistry* yaitu pencegahan terbentuknya bahan buangan beracun akan lebih baik daripada menangani atau membersihkan bahan buangan tersebut (Anastas & Beach, 2009). Perintah untuk menggunakan masker tersebut berfungsi untuk mencegah masuknya bahan beracun agar tidak tercium secara langsung dan masuk ke dalam saluran pernapasan. Prinsip ini juga bersesuaian dengan indikator peduli lingkungan, yaitu pengelolaan sampah/ limbah yang realistis. Contoh lain penerapan prinsip *green chemistry* ditunjukkan pada Gambar 4 berikut yang menunjukkan penerapan prinsip ketiga *green chemistry*:

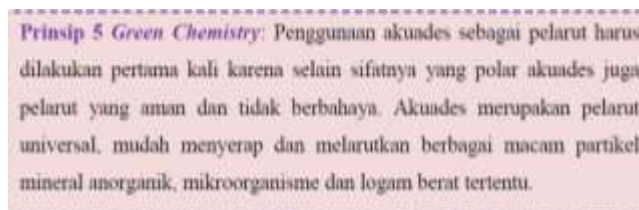


Gambar 4. Aplikasi prinsip ketiga *Green Chemistry*

Prinsip ketiga *green chemistry* yaitu sintesis bahan kimia yang tidak atau kurang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungannya (Anastas & Beach, 2009). Pada prosedur kegiatan praktikum digunakan bahan kimia berupa natrium klorida dan perak nitrat yang akan menghasilkan produk perak nitrat. Pemilihan bahan praktikum ini sesuai dengan prinsip ketiga *green chemistry* karena produk yang dihasilkan dari hasil reaksi bersifat tidak berbahaya bahkan bisa direaksikan ulang dengan senyawa lain sebelum dibuang ke lingkungan. Hal tersebut bersesuaian dengan indikator peduli lingkungan yaitu kebiasaan menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan, dan pemeliharaan lingkungan sekolah.

Selanjutnya, prinsip keempat *green chemistry* yaitu merancang produk bahan kimia yang lebih aman, walaupun sifat racunnya dikurangi tetapi fungsinya tetap efektif (Anastas & Beach, 2009). Reaksi-reaksi kimiawi dalam kegiatan praktikum ASK menghasilkan berbagai macam produk baik yang bersifat berbahaya maupun tidak. Pada modul praktikum berbasis *green chemistry* dijelaskan produk-produk gas berbahaya yang dihasilkan dari reaksi kimiawi dan penjelasan singkat penanganan bahaya akibat gas tersebut agar praktikan tidak mengalami bahaya akibat produk yang dihasilkan. Dengan demikian, hal tersebut sesuai dengan prinsip kelima *green chemistry* dan bersesuaian dengan indikator peduli lingkungan yaitu pengelolaan sampah/ limbah yang realistis.

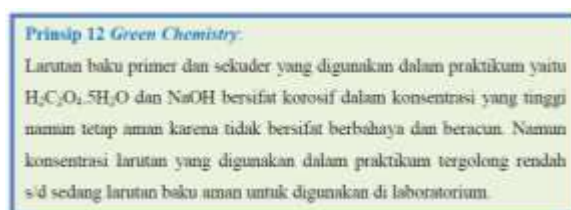
Selain itu, terdapat penerapan prinsip kelima *green chemistry* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Aplikasi prinsip kelima *Green Chemistry*

Berdasarkan Gambar 5 mahasiswa diminta untuk menggunakan pelarut akuades. Terdapat berbagai macam jenis pelarut dengan sifat-sifat yang berbeda, umumnya pelarut bersifat polar dan nonpolar. Akuades merupakan pelarut yang bersifat polar yang sifatnya aman dan tidak berbahaya sehingga pilihan pelarut ini digunakan sesuai prinsip kelima *green chemistry* yaitu menggunakan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman dan tidak berbahaya. Dengan demikian, keselamatan kerja praktikan tetap terjaga, dan tidak membahayakan bagi lingkungan. Selain itu, hal tersebut juga bersesuaian dengan indikator peduli lingkungan yaitu pengelolaan sampah/ limbah yang realistis.

Penerapan prinsip terakhir *green chemistry* juga pada kegiatan praktikum Mata Kuliah ASK ditunjukkan pada Gambar 6.

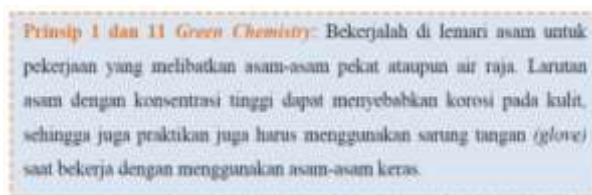


Gambar 6. Aplikasi prinsip kedua belas *Green Chemistry*

Prinsip kedua belas *green chemistry* yaitu bahan kimia yang digunakan dalam proses kimia dipilih yang lebih aman untuk mencegah kecelakaan (Anastas & Beach, 2009). Dalam contoh kegiatan praktikum digunakan larutan standar primer dan sekunder berupa H₂C₂O₄.5H₂O dan NaOH yang bersifat aman dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Namun dalam konsentrasi yang tinggi larutan standar tersebut bersifat korosif sehingga

praktikan harus tetap berhati-hati dalam menggunakan bahan kimia tersebut. Penerapan tersebut sejalan dengan indicator peduli lingkungan yaitu pemeliharaan lingkungan sekolah.

Penerapan prinsip *green chemistry* pada kegiatan praktikum Mata Kuliah ASK juga dapat dilakukan dalam bentuk gabungan beberapa prinsip seperti ditunjukkan pada Gambar 7. berikut:



Gambar 7. Aplikasi prinsip pertama dan kesebelas *Green Chemistry*

Prinsip kesebelas *green chemistry* yaitu analisis serentak untuk mencegah polusi (Anastas & Beach, 2009). Dalam kegiatan praktikum Analisis Senyawa Kimia seringkali digunakan zat-zat kimia berupa asam kuat dengan konsentrasi sedang sampai tinggi yang dapat menyebabkan korosi pada kulit dan jika ditempatkan di lemari biasa dapat menimbulkan pencemaran di laboratorium sehingga penyimpanan maupun percobaan yang melibatkan asam-asam kuat dilakukan di lemari asam untuk meminimalisir resiko bahaya bagi praktikan maupun polusi. Hal tersebut sejalan dengan indicator peduli lingkungan sekolah yaitu kebiasaan menjaga kebersihan dan kelestarian lingkungan, pengelolaan sampah yang realistis perencanaan pembersihan lingkungan dan pemeliharaan lingkungan sekolah.

4. SIMPULAN

Modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* telah diuji validitasnya dan diuji coba lapangan tahap awal melalui uji respon terhadap mahasiswa. Validitas modul berdasarkan uji ahli yang dikembangkan memiliki skor pada komponen kelayakan materi adalah sebesar 3,88, komponen kelayakan desain adalah 3,71 dan komponen kelayakan kebahasaan adalah 3,31 (skala 1-4). Selanjutnya, hasil pengujian dengan angket respon mahasiswa memperoleh prosentase sebesar 90,6% untuk komponen kelayakan desain/ penyajian; sebesar 91,4% untuk komponen kelayakan materi dan 96,9% untuk aspek kebahasaan. Berdasarkan hasil uji ahli dan uji validitas, modul praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* valid untuk digunakan dalam kegiatan praktikum di laboratorium.

Saran dari peneliti untuk penelitian lain agar dikembangkan produk penelitian serupa mengenai modul pembelajaran praktikum Mata Kuliah Analisis Senyawa Kimia berbasis *Green Chemistry* pada mata kuliah lain di Program Studi Tadris IPA FTIK UIN KHAS Jember, khususnya mata kuliah dengan rumpun ilmu kimia kimia dan atau sains yang melibatkan penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan sekitar kampus. Selain itu, saran untuk penelitian yang telah dilakukan adalah agar produk yang telah dikembangkan dapat diimplementasikan (uji efektifitas) dalam pembelajaran praktikum dan diseminasikan sehingga dapat layak untuk dijadikan sebagai referensi dalam kegiatan praktikum.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LP2M UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember yang telah mendukung penelitian dari segi materiil dan juga semua pihak yang telah membantu keberlangsungan penelitian, khususnya civitas akademika Tadris IPA UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember.

Daftar Pustaka

- Abbas, M., Zakaria, A. M., Balkhyour, M. A., & Kashif, M. (2016). Chemical Safety in Academic Laboratories: An Exploratory Factor Analysis of Safe Work Practices & Facilities in a University. *Journal of Safety Studies*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.5296/jss.v2i1.8962>
- Anastas, P. T., & Beach, E. S. (2009). *Changing the Course of Chemistry*. <https://pubs.acs.org/sharingguidelines>
- Arifin, W., Latisma, L., & Oktavia, B. (2018). A Development Module of Chemistry Learning Based on Chemopreneurship Oriented. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)Journals.Org*,

7(1), 51-56. <http://ijpsat.ijsht-journals.org>

- DİNÇOL ÖZGÜR, S., ÖZDEMİR ŞİMŞEK, P., & YILMAZ, A. (2016). Biyoloji Öğretmen Adaylarının Kimya Laboratuvar Yaşantıları: Bir Durum Çalışması. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 125-125. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.277482>
- Emda Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, A. (2014). LABORATORIUM SEBAGAI SARANA PEMBELAJARAN KIMIA DALAM MENINGKATKAN PENGETAHUAN DAN KETRAMPILAN KERJA ILMIAH. In *Lantanida Journal* (Vol. 2, Issue 2).
- Guidelines for Chemical Laboratory Safety in Secondary Schools*. (2016).
- Kadek Ana Peratiwi, N., Wayan Redhana, I., & Maryam Jurusan Pendidikan Kimia, S. (2014). BUKU PEDOMAN PRAKTIKUM KIMIA RAMAH LINGKUNGAN UNTUK PEMBELAJARAN KIMIA SMA (Vol. 2, Issue 1).
- Karpudewan, M., Ismail, Z. H., & Mohamed, N. (2011). Green Chemistry: Educating Prospective Science Teachers in Education for Sustainable Development at School of Educational Studies, USM. *Journal of Social Sciences*, 7(1), 42-50.
- Oleh. (2017). PENGEMBANGAN BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM BERNUANSA GREEN CHEMISTRY PADA MATERI ASAM BASA, LARUTAN PENYANGGA, DAN HIDROLISIS GARAM KELAS XI IPA DI SMA INSTITUT INDONESIA SEMARANG SKRIPSI *Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Kimia*.
- Prabawati, S. Y., & Wijayanto, A. (n.d.). PENERAPAN GREEN CHEMISTRY DALAM PRAKTIKUM KIMIA ORGANIK (MATERI REAKSI NITRASI PADA BENZENA).
- Redhana, W., Luh, D., & Merta, M. (n.d.). GREEN CHEMISTRY PRACTICUM TO IMPROVE STUDENT LEARNING OUTCOMES OF REACTION RATE TOPIC.
- Wahyuningsih, A. S., & Rohmah, D. J. (2017). PENGEMBANGAN MODUL PRAKTIKUM KIMIA DASAR BERBASIS GREEN CHEMISTRY UNTUK MAHASISWA CALON GURU IPA. *Jurnal Pena Sains*, 4(1).