

**ANALISIS KEMAMPUAN AWAL KONSEP *GREEN CHEMISTRY* SEBAGAI UPAYA  
MENINGKATKAN KREATIFITAS MAHASISWA DALAM PRAKTIKUM KIMIA LINGKUNGAN**

**ANALYSIS OF THE INITIAL ABILITY OF THE *GREEN CHEMISTRY* CONCEPT TO IMPROVE  
STUDENT CREATIVITY IN THE ENVIRONMENTAL CHEMISTRY PRACTICUM**

**Syarifa Wahidah Al idrus\*, AA Purwoko, Saprizal Hadisaputra dan Eka Junaedi**

Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

\*Email: [syarifaidrus@unram.ac.id](mailto:syarifaidrus@unram.ac.id)

Diterima: 25 Juni 2020. Disetujui: 27 Juni 2020. Dipublikasikan: 30 Juni 2020

**Abstrak:** Telah dilakukan penelitian yang bertujuan mengetahui kemampuan awal konsep *green chemistry* mahasiswa kimia lingkungan semester VI Prodi Kimia FKIP Uniersitas Mataram. Penelitian ini merupakan studi pendahuluan dari pengembangan modul praktikum kimia lingkungan berbasis *green chemistry* untuk meningkatkan kereativitas mahasiswa. Jenis penelitian adalah deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan kemampuan awal konsep *green chemistry* mahasiswa Prodi Kimia FKIP Unram. Konsep awal yang diamati meliputi 12 prinsip *green chemistry*. Tes kemampuan awal ini disusun berjumlah dua belas butir soal. Kemampuan awal konsep *green chemistry* yang dianalisis merupakan kemampuan awal mahasiswa sebelum diterapkan suatu perlakuan yang diduga dapat mengembangkan kereativitas mahasiswa dalam praktikum Kimia lingkungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kemampuan awal konsep *green chemistry* mahasiswa kimia lingkungan secara umum berada dibawah 50%. (1) pencegahan terbentuknya limbah(44%), (2) ekonomi atom(48%), (3) sintesis kimia yang tidak berbahaya(36%), (4) perancangan produk kimia yang aman(36%), (5) pemakaian bahan pelarut dan pembantu yang aman(40%), (6) perancangan efisiensi energy (60%), (7) penggunaan bahan baku terbarukan(28%), (8) pengurangan langkah proses(32%), (9) penggunaan katalis untuk mempercepat proses(60%), (10) perancangan produk terbarukan yang ramah lingkungan(32%), (11) analisis langsung untuk mengurangi pencemaran(48%), (12) meminimalkan potensi kecelakaan(72%). Study pendahuluan kemampuan awal masih rendah, perlu dikembangkan modul praktikum kimia lingkungan berbasis *green chemistry* untuk meningkatkan kreatifitas mahasiswa Prodi Pendidikan Kimia Universitas Mataram.

**Kata Kunci:** kemampuan awal, *green chemistry*, kreatifitas mahasiswa, kimia lingkungan

**Abstract:** Has conducted research that aims to determine the ability of early *green chemistry* concept of students environmental chemistry Prodi chemistry Education FKIP Mataram University. This research is a preliminary study of the development of an environmental chemistry lab module based on *green chemistry* to improve student creativity. The study is descriptive research to describe the initial ability of the concept of *green chemistry*. Initial capability analyzed of 12 *green chemistry* principt. The initial ability tests were arranged twelve items. Initial capability analyzed of *green chemistry* is the ability of students before applied a treatment that could be expected to develop the creativity of students. The analysis showed that the ability of early *green chemistry* of students was under 50%. (1) prevention of waste generation (44%), (2) atomic economy (48%), (3) harmless chemical synthesis (36%), (4) safe chemical product design (36%), (5) safe use of solvents and auxiliaries (40%), (6) energy efficiency design (60%), (7) use of renewable raw materials (28%), (8) reduction of process steps (32%), (9) use catalysts to speed up the process (60%), (10) the design of environmentally friendly renewable products (32%), (11) direct analysis to reduce pollution (48%), (12) minimize the potential for accidents (72%). Preliminary study of initial ability is still low, it is necessary to develop an environmental chemistry practicum module based on *green chemistry* to enhance the creativity of students at the University of Mataram Chemical Education Study Program.

**Keywords:** Ability beginning, *green chemistry*, creativity of student, chemistry of environment

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang ikut meratifikasi perjanjian Kyoto yang berkaitan dengan tata kelola bumi dan lingkungan yang bersih. Indonesia sebagai Negara berkembang memiliki andil besar dalam pemanasan global dan menjadi salah satu Negara penyumbang sumber gas rumah kaca (GRK) terbesar. Berdasarkan data yang dirilis oleh World Resource Insitute (WRI) Washington DC, Indonesia adalah negara

penyumbang emisi karbon terbesar ke-6 dunia.. WRI menyatakan bahwa rangking Indonesia dalam penyumbang emisi karbon (CO<sub>2</sub>) berada di bawah China, USA, Uni Eropa, India dan Rusia. Sedangkan total produksi emisi karbon yang dihasilkan Indonesia adalah 2,05 miliar ton. Hal ini tentunya menjadi perhatian khusus baik dari pihak dalam maupun dan luar negeri karena jika hal ini tidak ditangani maka akan menambah parah kerusakan lingkungan di masa mendatang. Antisipasi pada

semua bidang sangat diperlukan, termasuk bidang pendidikan kimia. Pemahaman tentang konsep *green chemistry* merupakan salah satu cara yang bisa diterapkan pada bidang pendidikan kimia.

*Green chemistry* atau kimia hijau adalah pendekatan komprehensif yang merancang bahan kimia aman mulai dari produk dan proses [1]. Kimia hijau disebut juga kimia berkelanjutan digunakan untuk merancang produk dan prosedur kimia yang mengurangi pembentukan zat kimia berbahaya. Prinsip kimia hijau sangat penting pada saat percobaan di laboratorium, karena adanya penggunaan bahan kimia berpotensi menghasilkan limbah. Limbah dari laboratorium kimia dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Sebagai pengguna laboratorium kimia, sekolah sudah mulai menerapkan Prinsip kimia hijau [2], dan diaplikasikan dalam kurikulum kimia [3]. Konsep *green chemistry* yang diintegrasikan dalam pendidikan, atau yang dikenal dengan *green chemistry education*. Menurut [4], *green chemistry education* memberikan kesempatan untuk mengintegrasikan konsep dan implementasi 12 prinsip *green chemistry* dalam kurikulum dan pembelajaran. Implementasi ini sebagai upaya untuk mengembangkan kesadaran lingkungan peserta didik. Pendidikan kimia memiliki peran sentral dalam pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan [5].

Penanaman konsep *green chemistry* bisa dilakukan pada setiap matakuliah di prodi pendidikan kimia, termasuk matakuliah kimia lingkungan. Sampai saat ini konsep *Green Chemistry* belum merupakan bagian utama dalam mata kuliah Kimia Lingkungan dan matakuliah yang lain di Prodi Pendidikan Kimia Universitas Mataram. Kimia Lingkungan merupakan matakuliah yang bertujuan untuk memberikan pengetahuan dan wawasan kepada mahasiswa tentang berbagai permasalahan lingkungan (perairan, udara dan tanah) dari segi tinjauan kimia. Selain itu mahasiswa diharapkan dapat menjelaskan berbagai proses perubahan kimia yang berlangsung di lingkungan dan berbagai aktivitas yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan serta penanggulangannya. Untuk mencapai tujuan Matakuliah Kimia Lingkungan diperlukan metode praktikum. Menurut [6] Praktikum merupakan cara penyajian materi yang cukup efektif karena mahasiswa melakukan aktivitas investigasi, penemuan dan pemecahan masalah. Sehingga pengetahuan yang diperoleh lebih bermakna karena merupakan hasil konstruksi proses kognitif sendiri.

Kegiatan praktikum di laboratorium merupakan bagian yang penting dalam pembelajaran kimia lingkungan. Namun, dalam pelaksanaannya dapat membahayakan praktikan dan juga menghasilkan limbah karena penggunaan bahan kimia berbahaya. Kondisi ini sangat bertolak

belakang dengan tujuan matakuliah kimia lingkungan untuk menyiapkan mahasiswa yang sadar lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan awal konsep *Green chemistry* sebagai upaya meningkatkan kemandirian mahasiswa dalam praktikum kimia lingkungan yang aman di masa pandemic. Selama masa pandemic, beberapa rencana praktikum akan dilakukan secara mandiri. Praktikum mandiri akan sangat berbahaya bagi mahasiswa jika tidak mengenal konsep kimia hijau. Mahasiswa akan dilibatkan mulai dari perancangan praktikum yang berbasis kimia hijau. Sebelum perancangan praktikum, diperlukan kemampuan awal konsep *green chemistry*. Kemampuan awal ini akan mempengaruhi kreativitas mahasiswa dalam merancang praktikum yang ramah lingkungan.

Kemampuan awal bisa disebut dengan *prior knowledge* (PK). PK merupakan salah satu langkah penting didalam proses belajar, dengan demikian setiap pengajar perlu mengetahui tingkat PK yang dimiliki para peserta didik. Mahasiswa akan menyaring konsep baru yang akan dipelajari melalui PK. Menurut [7], peningkatan kualitas pembelajaran di perguruan tinggi melalui penerapan praktikum mandiri sangat dipengaruhi oleh PK. Karena itu sebelum prancangan modul praktikum berbasis *green chemistry* dilakukan, perlu diketahui kemampuan awal yang meliputi 12 prinsip *green chemistry*. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan awal mahasiswa dalam mendeskripsikan dan menjelaskan konsep *green chemistry*.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah deskriptif yang bertujuan untuk mendeskripsikan kemampuan awal konsep *green chemistry* mahasiswa Prodi Kimia FKIP Unram. Penelitian ini menggunakan desain penelitian pra-eksperimental dengan melibatkan satu kelompok subjek. Menurut [8] penelitian pra-eksperimen hanya dilakukan pada satu kelompok subjek tanpa kelompok pembandingan. Instrumen tes terdiri dari 12 soal two tier. Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif dengan mentabulasikan jawaban mahasiswa untuk masing masing item soal. Instrumen disusun berdasarkan indikator konsep *green chemistry*. Pada penelitian ini akan diamati kemampuan awal mahasiswa mengenai 12 prinsip kimia hijau ((1) pencegahan terbentuknya limbah, (2) ekonomi atom, (3) sintesis kimia yang tidak berbahaya, (4) perancangan produk kimia aman, (5) penggunaan bahan pelarut yang aman, (6) perancangan efisiensi energi, (7) penggunaan bahan baku terbarukan, (8) mengurangi proses, (9) penggunaan katalis untuk mempercepat proses, (10) perancangan produk terbarukan ramah lingkungan, (11) pencegahan polusi, (12) menghindari penggunaan bahan kimia yang berbahaya, toksis, dan tak ramah lingkungan) [9].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dari penelitian adalah penyusunan tes kemampuan konsep kimia hijau. Mahasiswa kimia lingkungan semester VI yang

berjumlah 25 orang merupakan subjek dalam penelitian ini. Kategori kemampuan konsep green chemistry disusun mengikuti 12 prinsip seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Prinsip *Green Chemistry* [1]

| No  | Principle                                            | Annotation                                                                                                                                                                                                            |
|-----|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Pencegahan                                           | Lebih baik mencegah terbentuknya limbah daripada membersihkan limbah                                                                                                                                                  |
| 2   | Ekonomi atom                                         | memaksimalkan penggabungan semua bahan yang digunakan dalam proses untuk menjadi produk akhir                                                                                                                         |
| 3   | Merancang sintesis bahan kimia yang kurang berbahaya | Metode sintesis harus dirancang menggunakan dan menghasilkan zat yang tidak berbahaya dan aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan                                                                                  |
| 4   | Desain produk bahan kimia aman                       | Produk kimia dirancang sesuai keinginan dan meminimalkan toksisitasnya                                                                                                                                                |
| 5   | Pelarut dan zat tambahan aman                        | Penggunaan zat zat tambahan (pelarut, agen pemisah dan sebagainya) dibuat sedapat mungkin tidak berbahaya bila digunakan.                                                                                             |
| 6   | Efisiensi energi                                     | Desian energy pada proses kimia harus meminimalkan dampak negative bagi lingkungan dan ekonomi.                                                                                                                       |
| 7   | Penggunaan bahan baku terbarukan.                    | transformasi kimia harus dirancang untuk memanfaatkan bahan baku yang terbarukan                                                                                                                                      |
| 8   | Mengurangi penggunaan derivat kimia                  | Derivatisasi yang tidak perlu harus dikurangi atau dihindari jika mungkin, karena akan membutuhkan reagen tambahan dan menghasilkan limbah                                                                            |
| 9   | Katalis                                              | Katalis dapat memainkan beberapa peran dalam proses transformasi, antara lain dapat meningkatkan selektivitas reaksi, mengurangi suhu transformasi, meningkatkan tingkat konversi produk dan mengurangi limbah reagen |
| 10. | Desain untuk degradasi                               | Desain bahan kimia bisa didegradasi dengan mempertimbangkan aspek lingkungan.                                                                                                                                         |
| 11. | Analisis langsung untuk mengurangi pencemaran        | pengembangan metode dan teknologi analisis langsung yang dapat mengurangi penggunaan bahan kimia yang berbahaya dalam prosesnya                                                                                       |
| 12  | Minimalkan Potensi Kecelakaan                        | Bahan kimia yang digunakan dipilih sedemikian rupa sehingga potensi kecelakaan dapat diminimalkan.                                                                                                                    |

Hasil tes kemampuan awal mahasiswa menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa terhadap konsep *green chemistry* rata rata masih rendah (< 50 %). Sebagian besar mahasiswa Prodi Pendidikan kimia Universitas Mataram semester VI memiliki kemampuan awal konsep *green chemistry* yang masih rendah, seperti terlihat pada grafik 1. Rendahnya kemampuan awal mahasiswa karena tidak diarahkan untuk mengkaji reaksi-reaksi kimia dan sifat-sifat bahan kimia yang digunakan sebagai pereaksi atau pelarut, sehingga mahasiswa tidak memahami bahaya limbah praktikum terhadap keberlanjutan lingkungan. Limbah praktikum di laboratorium berpotensi menimbulkan pencemaran

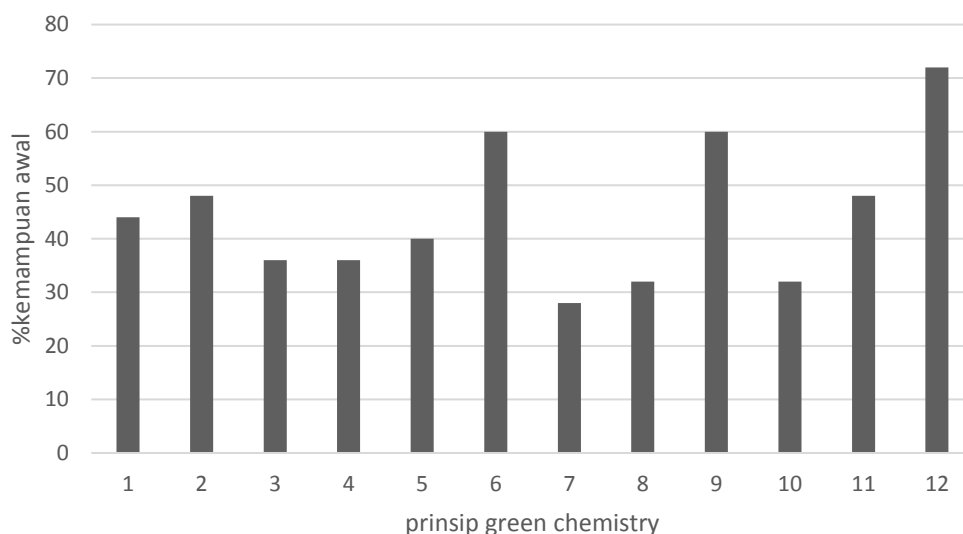
lingkungan. Pencemaran lingkungan merupakan salah satu materi yang dipelajari dalam matakuliah kimia lingkungan.

Pada gambar 1, terlihat dari 12 prinsip green chemistry, hanya 4 (empat) prinsip yang mencapai kemampuan awal diatas 50 %, 8 prinsip yang lain berada dibawah 50 %. Prinsip pertama "pencegahan", sebagian kecil mahasiswa memahami prinsip ini (48%), terlihat dari jawaban mahasiswa yang menyatakan lebih baik mencegah daripada membersihkan limbah hanya 11 orang. Alasan yang diajukan mahasiswa pada prinsip ini cukup beragam. Mahasiswa semester VI prodi pendidikan kimia sudah mengambil beberapa

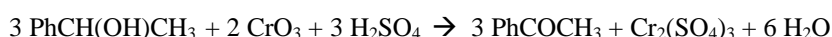
matakuliah Kimia berbasis praktikum. Praktikum yang diikuti tidak melatih mahasiswa peka terhadap apa yang dilakukan dan limbah yang dihasilkan akan mencemari lingkungan [10]. Kondisi ini akan membuat mahasiswa tidak akan berfikir proses pencegahan dari limbah yang akan dihasilkan. Praktikum yang selama ini dilakukan berprinsip cookbook (berbasis panduan). Prinsip *green chemistry* “pencegahan”, merupakan upaya untuk mencegah terbentuknya limbah daripada membersihkan limbah.

Prinsip ke 2, efisiensi atom mengharapkan penggabungan semua bahan yang digunakan dalam proses kimia menghasilkan produk akhir yang

maksimal. Kemampuan awal mahasiswa kimia lingkungan pada prinsip ini mencapai 48 %. Mahasiswa hanya bisa menjelaskan bahwa efisiensi atom dibutuhkan dalam praktikum kimia lingkungan, tapi tidak bisa menjelaskan alasan dan contoh. Efisiensi atom secara umum didapatkan mahasiswa pada hampir semua materi pada matakuliah di prodi kimia, hanya mahasiswa tidak mengetahui sebagai efisiensi atom (prinsip *green chemistry*). Sebagai contoh, efisiensi atom pada kondisi stoikiometrik dari reaksi  $\text{CrO}_3$  pada reaksi oksidasi alkohol sekunder menjadi keton terkatalisis oleh  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Gambar 2).

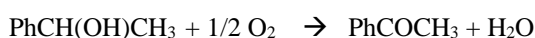


Gambar 1. Persentase Kemampuan Awal konsep *green chemistry* Mahasiswa Kimia Lingkungan



$$\text{Efisiensi atom} = 360/860 = 42 \%$$

katalis



$$\text{Efisiensi atom} = 120/138 = 87 \%$$

Gambar 2. Efisiensi Atom Kondisi Stoikiometrik pada Reaksi Oksidasi Alkohol

Efisiensi atom merupakan alat untuk mengukur kemampuan lingkungan menerima proses kimia [11]. Efisiensi atom didefinisikan sebagai rasio massa molar produk yang diinginkan terhadap massa molar semua hasil reaksi pada reaksi stoikiometrik. Pada proses kimia yang ideal, bahan baku digunakan tanpa hasil samping berarti semua atom ditransfer ke dalam produk melalui proses katalitik.

Pada prinsip ke 3 “Merancang sintesis bahan kimia yang kurang berbahaya”, hanya 9 orang yang bisa menjawab dengan benar. Mahasiswa diharapkan peka dengan kondisi lingkungan saat ini sebagai kemampuan awal yang harus dimiliki sebelum masuk matakuliah kimia lingkungan. Dengan memahami proses ini mahasiswa memilih bahan kimia yang aman untuk praktikum kimia lingkungan. Mahasiswa sebagai calon guru kimia akan mampu merancang praktikum dengan bahan

kimia yang aman. Beberapa contoh penerapan prinsip green chemistry antara lain : Proses pembuatan polimer menggunakan Vitamin C (asam askorbat). Pembuatan polimer dengan Vitamin C sebagai pereduksi melalui proses ATRP. Proses ATRP mengurangi pemakaian katalis serta aman bagi lingkungan. Selain itu, pada pembuatan polystyrene foam sheet, chlorofluorocarbon (CFC) yang berkontribusi terhadap penurunan O<sub>3</sub> (ozon) dan pemanasan global, bisa digantikan CO<sub>2</sub>. Memberikan contoh, pemanfaatan cairan gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) menggantikan pelarut organik beracun untuk mengekstrak kandungan senyawa bahan alam limonena pada kulit buah jeruk dan mengisolasi bahan terpena minyak atsiri [12].

Kemampuan awal mahasiswa pada prinsip ke 4 “Desain produk bahan kimia aman” hanya 36%. Sebagian kecil mahasiswa menyatakan bahwa desain produk bahan kimia aman penting dalam praktikum kimia lingkungan, tapi hampir semua mahasiswa tidak bisa memberikan contoh prinsip ke 4 ini. Mendesain sintesa untuk digunakan dan menghasilkan zat kimia yang aman. Penggunaan bahan baku yang dapat diperbarui lebih disarankan daripada menggunakan bahan baku yang tak terbarukan didasarkan pada alasan ekonomi. Bahan baku terbarukan biasanya berasal dari produk pertanian atau hasil alam, sedangkan bahan baku tak terbarukan berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan bahan tambang lainnya.

Prinsip ke 5 “Pelarut dan zat tambahan aman”, hanya 40% mahasiswa yang bisa menjawab tanpa bisa memberikan contoh. Penggunaan pelarut

pada praktikum kimia merupakan suatu hal yang pasti. Mahasiswa selama praktikum, hanya berperan sebagai pengguna alat dan bahan kimia tanpa peka akan bahaya yang bisa ditimbulkan. Peran metode praktikum dalam matakuliah kimia lingkungan untuk mengembangkan proses berpikir dan peka terhadap kondisi lingkungan. Laboratorium bukan hanya tempat praktikum, tetapi lebih dari itu yaitu sebagai tempat untuk mengembangkan proses berpikir dengan timbulnya berbagai masalah dan pertanyaan [13]. Masalah yang harusnya dipikirkan mahasiswa adalah penggunaan pelarut dalam setiap praktikum yang dapat membahayakan lingkungan. Prinsip ke lima green chemistry dapat dikembangkan dalam perencanaan praktikum untuk penggunaan pelarut yang aman. Pelarut menurut prinsip green chemistry, harus ramah lingkungan, alami, tidak beracun, murah, dan tersedia. Contoh pengurangan bahaya pelarut dalam laboratorium seperti terlihat pada tabel 2 [14].

Kegiatan praktikum kimia lingkungan sering membutuhkan zat dan pelarut organik. Setelah kegiatan praktikum zat dan pelarut tersebut biasanya dibuang ke lingkungan. Mengacu hal tersebut, maka mahasiswa calon guru kimia perlu diberi pengalaman suatu rancangan pembelajaran praktikum kimia lingkungan berbasis green chemistry. Mahasiswa calon guru kimia yang telah memiliki penguasaan mendesain dan menerapkan suatu percobaan kimia lingkungan berbasis green chemistry, berarti mereka telah ikut menyelamatkan lingkungan serta memiliki kesadaran akan keberlanjutan kehidupan di masa mendatang.

Tabel 2. Contoh penggunaan pelarut kimia yang aman menurut Prinsip Kimia Hijau

| Bahan yang digunakan                                | Sebelum penerapan green chemistry | Setelah penerapan Green Chemistry |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| [CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ] | 0,02M                             | 0,005M                            |
| Konsentrasi/                                        | 0,02M/                            | 0,005M/                           |
| Volume NaOH                                         | 200mL                             | 100 mL                            |
| konsentrasi/                                        | 0,02M/                            | 0,005M/                           |
| Volume HCl                                          | 150mL                             | 100 mL                            |

Prinsip ke 6 “efisiensi energy”, kemampuan awal mahasiswa pada kategori sedang (60%) mahasiswa menjawab dengan benar. Mahasiswa memahami setiap proses kimia membutuhkan energy. Penggunaan energy yang tinggi akan berdampak pada lingkungan. Energi yang dapat diperbaharui merupakan pengembangan prinsip green chemistry. Pengetahuan tentang efisiensi energy sudah didapatkan dari proses belajar kimia sebelumnya. Pembelajaran kimia akan membantu mahasiswa mengaitkan gejala alam dengan komposisi, struktur dan sifat, perubahan dinamika, dan energetika zat [15].

Kemampuan awal mahasiswa pada prinsip penggunaan bahan baku terbarukan pada kategori

sangat rendah (28%). Mahasiswa kimia lingkungan belum memahami tentang bahan baku terbarukan dan contoh bahan baku terbarukan. Mahasiswa terlalu focus pada materi yang ada di kampus sehingga kurang melihat lingkungan sekitar dan perkembangan saat ini. Contoh penerapan prinsip ini telah banyak dikembangkan dalam industry kimia seperti nanopartikel. Menurut fauziah (energy terbarukan), pemanfaatan bioreduktor dalam ekstrak tanaman, limbah makanan dan hasil pertanian untuk sintesis nanopartikel dapat memaksimalkan pemanfaatan sumber daya alam terbarukan.

Prinsip 8 “mengurangi penggunaan derivat kimia”, kemampuan awal mahasiswa pada kategori sangat rendah (32%). Hal ini terlihat dari

jawaban mahasiswa yang sebagian besar tidak mengetahui tentang pengurangan penggunaan derivat kimia. Katalis sebagai prinsip green chemistry yang ke 9 cukup dipahami mahasiswa dengan persentase kemampuan awal 60 % (tinggi). Katalis sebagai zat yang mempercepat reaksi sangat dipahami oleh mahasiswa. Selain itu katalis juga dapat meningkatkan selektivitas dan meminimalkan energi. Penggunaan katalis dalam industri juga sudah berkembang pesat seperti proses pembuatan bahan bakar alternatif dengan bahan dasar pati, selulosa, air dan katalis.

Prinsip 10 “Desain untuk degradasi”, kemampuan awal mahasiswa pada kategori sangat rendah (32%). Mahasiswa belum terbiasa untuk merancang suatu kegiatan praktikum. Metode praktikum yang biasa dilakukan hanya bekerja, tanpa merancang. Peningkatan kemampuan mahasiswa dalam merancang praktikum harus diimbangi dengan pengembangan kerangka kognitif tentang lingkungan. Degradasi lingkungan disebabkan oleh gaya hidup masyarakat. Degradasi ekosistem diakibatkan oleh perilaku manusia [16]. Mahasiswa prodi pendidikan kimia sebagai calon guru akan mempunyai peran merancang praktikum yang aman bagi lingkungan dan memberikan konseptual lingkungan pada siswa. Guru mempunyai peran penting dalam meningkatkan minat siswa pada masalah lingkungan [17].

Kemampuan awal prinsip green chemistry selanjutnya “analisis langsung untuk mengurangi pencemaran” yaitu 48%. Prinsip ini mempunyai tujuan untuk memantau dan mencegah terbentuknya zat berbahaya dari metode analisis kimia. Prinsip “minimalkan potensi kecelakaan” dipahami mahasiswa sebesar 72 %. Kemampuan awal mahasiswa tentang minimalkan potensi kecelakaan diperoleh dari matakuliah sebelumnya. Selain itu setiap tata tertib dari praktikum merupakan upaya meminimalkan potensi kecelakaan.

Secara keseluruhan kemampuan awal mahasiswa tentang prinsip green chemistry masih rendah. Beberapa faktor yang menjadi penyebab antara lain mahasiswa belum mengetahui tentang konsep *green chemistry*. Pengembangan kimia berbasis green chemistry sangat dibutuhkan pada bidang kimia termasuk pendidikan kimia. Pendidikan kimia selain berinteraksi dengan zat kimia juga berinteraksi dengan mahasiswa calon guru. Penanaman konsep kimia yang aman akan berlanjut ke siswa. Konsep penggunaan zat kimia yang tak terkendali akan menyebabkan kerusakan lingkungan. Kemampuan awal mahasiswa kimia lingkungan yang rendah berpengaruh terhadap tujuan dari matakuliah kimia lingkungan. Kimia hijau merupakan pendekatan untuk mencegah pencemaran lingkungan akibat bahan kimia. Karena itu, konsep green chemistry perlu diaplikasikan dalam pembelajaran kimia diperguruan tinggi.

Mahasiswa kurang mampu mengaitkan konsep yang diterima dari kegiatan praktikum selama ini dengan masalah lingkungan. Sebagaimana telah dikemukakan sebelumnya, konsep *green chemistry* bertujuan untuk mengurangi pencemaran yang diakibatkan oleh proses dan produk kimia yang dapat mengganggu kualitas lingkungan. Pendekatan green chemistry dalam kegiatan laboratorium dapat dikembangkan dan diaplikasikan antara lain dengan mengganti bahan baku pada pembuatan suatu senyawa kimia, mengganti pelarut yang lebih aman, mengganti bahan pendukung dalam suatu proses kimia, meminimalkan bahaya dari limbah praktikum atau mengolah limbah. Pembelajaran kimia bisa dilakukan di kelas atau di laboratorium. Pembelajaran kimia di laboratorium dalam bentuk praktikum berbasis green chemistry akan meningkatkan kepekaan mahasiswa terhadap lingkungan. Kepekaan lingkungan akan meningkatkan kreatifitas mahasiswa dalam merancang praktikum mandiri berbasis green chemistry.

Kemampuan awal green chemistry yang termasuk rendah membutuhkan pelatihan untuk merancang praktikum mandiri kimia lingkungan yang berbasis green chemistry. Menurut [18] Kreativitas merupakan kemampuan menyelesaikan permasalahan dengan merancang sesuatu atau modifikasi yang sudah ada sehingga mempunyai manfaat yang lebih baik. Metode pembelajaran yang dapat mengembangkan kreativitas adalah metode praktikum [19]. Maka pengembangan modul praktikum berbasis green chemistry untuk meningkatkan kreatifitas mahasiswa perlu dilakukan.

## KESIMPULAN

Kemampuan awal green chemistry yang dimiliki mahasiswa prodi pendidikan kimia sebagian besar berkategori rendah (< 50%). Hal ini disebabkan mahasiswa belum peka terhadap kondisi lingkungan yang diakibatkan oleh limbah yang dihasilkan dalam setiap proses kimia. Kemampuan konsep green chemistry perlu diberikan dalam bentuk praktikum atau model pembelajaran berbasis green chemistry. Berdasarkan study pendahuluan kemampuan awal ini, akan dikembangkan modul praktikum berbasis green chemistry untuk meningkatkan kreatifitas mahasiswa kimia lingkungan prodi pendidikan kimia Universitas Mataram.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anastas, P. T., Kirchoff, M. M., & Williamson, T. C. (2001). Catalysis as a foundational pillar of green chemistry. *Applied Catalysis A: General*, 221(1-2).
- [2] Aubrecht, K. B., Padwa, L., Shen, X., & Bazargan, G. (2015). Development and Implementation of A Series of Laboratory Field

- Trips for Advanced High School Students to Connect Chemistry to Sustainability. *Journal of Chemical Education*, 92(4), 631-637.
- [3] Karpudewan, M., Roth, W. M., & Ismail, Z. (2015). The effects of "Green Chemistry" on secondary school students' understanding and motivation. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 24(1), 35-43.
- [4] Haack J.A., Hutchison, J.E., Kirchoff, M.M., & Levy, I.J. (2005). Going green: Lecture assignments and lab experiences for the college curriculum. *Journal of Chemical Education*, 82(7), 974-976.
- [5] Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59- 68.
- [6] Hofstein, Avi. (2004). "The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research". *Chemistry Education Research and Practice*. Vol. 5, No. 3, pp. 247-264.
- [7] Sugiyarto, S. (2009). Peningkatan Kualitas Pembelajaran Dalam Bidang Ekologi di Perguruan Tinggi Melalui Penerapan Praktikum Mandiri. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning* (Vol. 6, No. 1).
- [8] Creswell, John W. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. Fourth Edition. Boston, MA: Pearson.
- [9] Rakesh k. shindu, dkk. (2017). Applications Of Green Chemistry In Pharmaceutical Chemistry And Day Today Life. *Archives of Medical and Pharmaceutical Sciences Research* (AMPSR).2017,01(02):39-44.
- [10] Singh, A., Singh, S., Singh, N. (2014). Green Chemistry: Sustainability An Innovative Approach. *Journal of Applied Chemistry*, 2(2)
- [11] Lichtfouse, E., Schwarzbauer, J., & Robert, D. (Eds.). (2011). *Environmental chemistry for a sustainable world: volume 2: remediation of air and water pollution* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- [12] Hutchison, S.M. (2000). Process used to develop and teach greener laboratory procedures. *J.chem Ed.*2000.77, 1627-1629.
- [13] Nurbaity. (2011). Pendekatan Green Chemistry Suatu Inovasi Dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia* Vol.1, No.1
- [14] Paristiowati, M., dkk. (2019). Green Chemistry-Based Experiments As The Implementation Of Sustainable Development Values. *Jurnal Tadris Kimiya* 4, 1 (Juni 2019): 11-20. DOI: <http://dx.doi.org/10.15575/jtk.v4i1.13566>
- [15] E. Mulyasa. (2009). *Praktik Penelitian Tindakan Kelas*. Bandung: Rosdakarya
- [16] Vlek, C., & Steg, L. (2007). Human behavior and environmental sustainability: problems, driving forces and research topics. *Journal of Social Issues*, 63(1)
- [17] Teksoz, Gaye., Sahin, Elvan., and Ertepiner, Hamide. 2010. "A New Vision for Chemistry Education Students: Environmental Education". *International Journal of Environmental & Science Education*. Vol. 5, No. 2, pp. 131-149.
- [18] Munandar, S.C. Utami. 2012. *Pengembangan Kreativitas Anak Berbakat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- [19] Hosnan, M. (2014). *Pendekatan Saintifik Dan Konstektual Dalam Pembelajaran Abad 21*. Bogor. Ghalia Indonesia.