

LAPORAN PENELITIAN MANDIRI

**EKSPLORASI KEGIATAN PEMBELAJARAN TINGKAT PERGURUAN
TINGGI:
PERSPEKTIF DOSEN MATA KULIAH KIMIA DASAR TENTANG KIMIA
HIJAU DAN INTEGRASINYA DALAM PERKULIAHAN**

Disusun oleh:

Nina Hamidah, MA, M.Sc.

NIP 197706302006042001



**FAKULTAS TARBIYAH DAN ILMU KEPENDIDIKAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

YOGYAKARTA

2023

Daftar Isi

I.	Pendahuluan	3
II.	Landasan teori	5
	A. Green Chemistry	5
	B. Pendidikan Green chemistry	6
	C. Konstruktivisme	7
	D. <i>Pedagogical content knowledge</i>	7
III.	Metode Penelitian	9
	A. Pemilihan Sampel Penelitian	9
	B. Pengumpulan dan Analisis Data	10
IV.	Hasil dan Pembahasan	11
	A. Praktik Umum dalam Pengajaran Mata Kuliah Kimia Dasar	11
	B. Pemahaman tentang Kimia Hijau:	15
	C. Mengenai Pengajaran tentang Kimia Hijau:.....	17
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	21
VI.	Daftar pustaka	22

I. Pendahuluan

Pendidikan kimia memainkan peran sentral dalam membentuk pemahaman siswa tentang prinsip-prinsip ilmiah dasar dan aplikasinya dalam konteks dunia nyata. Dengan meningkatnya perhatian global akan keadaan lingkungan dan keberlanjutannya, maka diperlukan praktik ilmiah yang bertanggung jawab. Dengan demikian, Pendidikan kimia diperlukan untuk dapat meningkatkan baik itu pengetahuan maupun keterampilan yang diperlukan bagi mahasiswa untuk dapat mengambil peranan yang lebih penting dalam bermasyarakat.

Untuk memenuhi hal itu, saat ini telah dikembangkan bidang yang relatif lebih baru dalam bidang kimia, yaitu gerakan kimia hijau atau *green chemistry*, yang sekarang lebih dikenal sebagai *sustainable chemistry* atau kimia berkelanjutan. Kimia hijau pada dasarnya merupakan desain dari suatu produk dan proses kimia yang meminimalisir dampak negatifnya terhadap lingkungan, baik itu dengan mengurangi jumlah limbah, mengefisienkan proses dan energi maupun mengurangi toksisitas bahan kimia yang terlibat dalam suatu proses kimia, baik itu dalam reaktan, maupun produk (Anastas dan Warner, 1998). Adanya gerakan *Education for Sustainable Development* yang diperkenalkan oleh PBB UNCED (1992) menjadikan prinsip *green chemistry* menjadi sangat penting untuk diperkenalkan sedini mungkin.

Perkenalan terhadap bidang kimia pada tingkat universitas diberikan pada mata kuliah Kimia Umum atau Kimia Dasar, yang biasanya merupakan mata kuliah yang wajib ditempuh oleh mahasiswa yang berkehendak untuk mempelajari bidang-bidang sains dan teknologi, seperti bidang IPA (kimia, fisika dan biologi), ilmu-ilmu kesehatan (seperti farmas atau kedokteran) maupun Teknik. Namun demikian, saat ini masih terdapat kesenjangan informasi serta pemahaman tentang prinsip-prinsip *green chemistry* serta bagaimana proses integrasinya dalam kegiatan pembelajaran di perguruan tinggi. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan informasi tersebut.

Dalam rangka mendapatkan informasi yang dibutuhkan, penelitian ini dilakukan untuk memenuhi 3 tujuan utama, yaitu:

1. untuk mengeksplorasi bagaimana kimia dasar diberikan pada tingkat perguruan tinggi, baik itu dari segi isi materi atau *content*, maupun metode mengajar atau pedagoginya
2. untuk memahami perspektif pandangan para dosen kimia tentang prinsip kimia hijau dan signifikansinya dalam konteks pendidikan ilmu pengetahuan; dan
3. untuk mengetahui pandangan para dosen yang mengampu mata kuliah dasar mengenai potensi dan tantangan untuk mengintegrasikan prinsip green chemistry ke dalam pembelajaran mata kuliah Kimia Dasar.

II. Landasan teori

A. Green Chemistry

12 prinsip kimia hijau yang pertama kali diusulkan oleh Anastas dan Warner (1998) dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Pencegahan. Lebih baik mencegah dihasilkannya limbah daripada membersihkan limbah setelah terbentuk.
2. Ekonomi Atom. Metode sintesis harus dirancang untuk memaksimalkan penggabungan semua bahan yang digunakan dalam proses ke dalam produk akhir.
3. Sintesis Kimia yang Lebih Tidak Berbahaya. Jika memungkinkan, metode sintesis harus dirancang agar dapat menggunakan dan menghasilkan zat dengan tingkat toksistas dan seminimal mungkin baik itu bagi kesehatan manusia maupun lingkungan.
4. Desain Bahan Kimia yang Lebih Aman. Produk kimia harus dirancang agar memiliki fungsi yang sesuai dan pada saat yang sama juga meminimalkan toksisitasnya.
5. Pelarut dan Bahan Aditif yang Sesuai dengan Prinsip Keselamatan. Penggunaan bahan tambahan (pelarut, agen pemisah, dll.) harus dihindari sedapat mungkin, atau gunakan yang sekiranya tidak berbahaya.
6. Desain untuk Efisiensi Energi. Semua proses kimia pada dasarnya membutuhkan energi, dan kebutuhan tersebut harus kita rekam secara jelas sehingga dampak yang dihasilkan dari proses kimia terhadap lingkungan maupun ekonomi dapat diminimalkan. Jika memungkinkan, metode sintesis harus dilakukan pada suhu dan tekanan ruang.
7. Penggunaan Bahan Baku Terbarukan. Bahan baku harus bersifat terbarukan dan tidak hanya menguras sumber daya alam saja.

8. Mengurangi Produk Derivat/turunan. Penggunaan turunan yang tidak perlu (penggunaan gugus penghalang, pelindung dan modifikasi sementara dari proses fisik/kimia) harus diminimalkan atau dihindari jika memungkinkan, karena langkah-langkah tersebut memerlukan reagen tambahan dan dapat menghasilkan limbah.
9. Katalisis. Reagen katalitik (selektif sebisa mungkin) lebih unggul daripada reagen stokiometri.
10. Desain untuk Degradasi. Produk kimia harus dirancang sehingga pada akhir fungsinya, mereka terurai menjadi produk degradasi yang tidak berbahaya dan tidak persisten di lingkungan.
11. Analisis Real-time untuk Pencegahan Polusi. Metodologi analitik perlu lebih dikembangkan untuk memungkinkan pemantauan dan kontrol proses secara real-time sebelum terbentuknya zat berbahaya.
12. Kimia yang Lebih Aman Secara Bermakna untuk Pencegahan Kecelakaan. Zat dan bentuk suatu zat yang digunakan dalam proses kimia harus dipilih untuk meminimalkan potensi kecelakaan kimia, termasuk tumpahan, ledakan, dan kebakaran.

B. Pendidikan Green chemistry

Implementasi kimia hijau untuk praktik pembelajaran untuk tingkat pendidikan tinggi telah dilakukan baik itu di negara-negara Amerika, Eropa maupun wilayah lainnya sejak 1990-an (Andraos & Dicks, 2012; Sheehan et al., 2012; Hartwell, 2012; Bodner, 2014). Namun demikian, proses penetrasi dan pengenalan konsep ini dalam proses pembelajaran di negara-negara berkembang seperti Indonesia tidak terjadi secara serentak. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, penelitian ilmiah tentang kimia berkelanjutan telah berkembang pesat, juga di negara-negara yang sebanding dengan Indonesia (Karpudewan, Ismail & Roth, 2012; Gomes Zuin & Marquez, 2014), dan setidaknya dalam beberapa negara, hal ini juga

mempengaruhi praktik pengajaran di pendidikan kimia tingkat perguruan tinggi, misalnya di Malaysia (Karpudewan, Seng & Ismail, 2014).

C. Konstruktivisme

Teori konstruktivisme memberikan perspektif yang penting dalam membahas bagaimana dosen Kimia Dasar memahami prinsip *Green chemistry* serta berupaya untuk mengintegrasikannya dalam proses pembelajaran di perguruan tinggi. Konsep ini berakar dari gagasan Vygotsky (1978) dan tercermin dalam teori pendidikan kontemporer (Driver et al., 1985). Secara garis besar, konstruktivisme menyatakan bahwa pembelajaran adalah proses aktif di mana individu membangun pengetahuan melalui interaksi dengan pengalaman yang bermakna (*meaningful experience*). Penelitian kami akan berusaha untuk mengeksplorasi bagaimana pengalaman belajar dosen yang saat ini mengajar mata kuliah kimia dasar, sangat berpengaruh terhadap praktik perkuliahan yang saat ini dilakukan. Pengalaman yang terbentuk terutama ketika para dosen menempuh pendidikannya masing-masing juga akan dipengaruhi oleh pengalaman dan interaksi lain mahasiswa dan sesama kolega, dan membantu perspektif tentang *content* serta pedagogi yang dianggap penting dalam proses pembelajaran.

D. *Pedagogical content knowledge*

Menurut Shulman (1986), pemahaman akan materi yang spesifik atau *specific content knowledge* dari suatu mata pelajaran merupakan hal yang mutlak bagi guru dan merupakan inti dari profesionalisme dari seorang guru. Lebih jauh Shulman menjelaskan bahwa *specific content knowledge* ini terdiri dari 3 hal: *content knowledge* atau pemahaman materi, *curriculum knowledge* atau pemahaman kurikulum dan *pedagogical content knowledge* atau pemahaman akan pedagogi atau metode mengajar yang diperlukan untuk suatu materi.

Dengan demikian, sebelum staf pengajar atau dosen dapat mengintegrasikan prinsip-prinsip kimia hijau dalam kegiatan perkuliahan mereka, pengajar yang bersangkutan perlu memahami terlebih dahulu apa dan bagaimana itu prinsip kimia hijau. Untuk itulah wawancara tentang pemahaman serta perspektif dosen terhadap kimia hijau perlu dilakukan untuk mengetahui potensi dilakukannya integrasi kimia hijau ke dalam pembelajaran kimia dasar secara umum.

III. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan desain studi kasus (Creswell, 2013), di mana kami mempelajari praktik pengajaran mata kuliah kimia umum tahun pertama di universitas-universitas di Indonesia, serta menjelajahi gagasan tentang bagaimana prinsip-prinsip kimia hijau dapat diintegrasikan ke dalam mata kuliah-mata kuliah tersebut.

A. Pemilihan Sampel Penelitian

Untuk mendapatkan informasi komprehensif tentang bagaimana mata kuliah Kimia Dasar tahun pertama diajarkan di universitas-universitas di Indonesia, wawancara dilakukan dengan para dosen Kimia Dasar dari berbagai universitas. Karena jumlah universitas di Indonesia sangat banyak dan waktu penelitian yang terbatas, sulit untuk melakukan wawancara yang memungkinkan pemilihan sampel yang representatif dari para dosen. Oleh karena itu, untuk memilih sampel, kami memulai dengan menentukan universitas sampel dengan memilih yang menawarkan program kimia dan pendidikan kimia. Untuk universitas di bawah Kementerian Agama (Kemenag), hanya ada 5 UIN yang menawarkan kedua program tersebut, dan kami memilih semua universitas sebagai sampel kami. Sementara itu, untuk universitas di bawah Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemenristekdikti), kami memilih universitas yang terletak di kota yang sama atau di kota tetangga dari UIN untuk memungkinkan penjadwalan yang lebih efisien. Ada 5 universitas negeri di bawah Kemenristekdikti yang diambil sebagai sampel untuk penelitian ini, dan tambahan satu universitas swasta dipilih karena merupakan satu-satunya universitas swasta dengan akreditasi nasional tingkat A untuk program kimia tingkat sarjana, sehingga total 11 universitas diambil sebagai sampel.

Permintaan wawancara dilakukan melalui surel dan pos udara udara kepada para ketua program studi kimia dan pendidikan kimia di masing-masing universitas, dan setelah permintaan disetujui, para dosen

yang akan diwawancarai dipilih oleh Kaprodi. Pada awalnya, kami meminta untuk mewawancarai 2 dosen untuk setiap universitas yang mewakili mereka yang mengajar dalam program kimia dan pendidikan kimia. Namun, ada kasus di mana dosen mengajar di kedua program dan ketua hanya menunjuk satu untuk diwawancarai. Dalam kasus lain, kaprodi ketua menunjuk 3 dosen untuk diwawancarai, karena kegiatan praktikum kimia dasar diampu sebagai mata kuliah terpisah oleh dosen yang berbeda. Pada akhirnya, kami dapat mewawancarai 22 dosen dari 11 universitas. Dari 22 responden, hanya 1 yang berpangkat guru besar, dan sebaliknya, ada 2 orang dosen yang baru mengajar selama 1 tahun.

B. Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan antara Oktober dan November 2016 menggunakan wawancara semi-struktural selama 25-45 menit setiap sesi. Wawancara dimulai dengan memperkenalkan responden kepada pertanyaan-pertanyaan penelitian dan kemudian pertanyaan-pertanyaan diberikan untuk menjelajahi ide-ide mengenai tiga tema utama: 1) bagaimana kimia umum diajarkan dalam program masing-masing; 2) pemahaman responden tentang kimia hijau; dan 3) bagaimana kimia hijau dapat diintegrasikan ke dalam pengajaran kimia umum. Setiap wawancara direkam dan kemudian ditranskripsi secara verbatim untuk analisis.

Transkrip wawancara dianalisis menggunakan metode coding dua siklus (Saldaña, 2009). Selama siklus *coding* pertama, dilakukan *coding* atribut dan *coding* deskriptif. Pada coding atribut, bagian-bagian teks yang relevan di-*highlight* dan disarikan, kemudian diberi label atau atribut tertentu untuk menggambarkan gagasan dalam teks tersebut. Sementara itu, *coding* deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan profil sampel. Pada siklus coding kedua, dilakukan kategorisasi iteratif terhadap label-label tersebut, di mana kami mengklasifikasikan dan mengategorikan label-label tersebut ke dalam tema-tema yang paling sesuai dengan pertanyaan penelitian kami.

IV. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini dari makalah terdiri dari 3 bagian. Dalam bagian pertama, akan diberikan deskripsi tentang bagaimana mata kuliah kimia dasar diajarkan di berbagai universitas di Indonesia. Bagian kedua akan membahas pemahaman para dosen tentang prinsip-prinsip kimia hijau, sementara perspektif tentang bagaimana kimia hijau diperkenalkan kepada mahasiswa diberikan dalam bagian ketiga.

A. Praktik Umum dalam Pengajaran Mata Kuliah Kimia Dasar

Mata kuliah kimia dasartahun pertama diberikan tidak hanya untuk mahasiswa kimia dan pendidikan kimia, tetapi juga program lain seperti biologi dan fisika, dengan silabus yang berbeda dan jumlah kredit yang lebih sedikit. Namun, untuk tujuan studi ini, makalah ini hanya akan memberikan beberapa deskripsi mengenai mata kuliah kimia umum dalam program kimia atau pendidikan kimia.

Secara umum, mata kuliah ini diajarkan dalam bentuk ceramah dan kerja laboratorium, dan aspek ini tampaknya menjadi kesamaan satu-satunya yang ditemukan di semua universitas selama penelitian kami. Aspek lain seperti isi silabus, jumlah kredit, distribusi kredit, jumlah mahasiswa dalam setiap kelas, serta bagaimana kerja laboratorium diatur sangat berbeda dari satu universitas ke universitas lainnya. Beberapa perbedaan antara program kimia dan pendidikan kimia lebih terlihat di universitas di bawah MORA, dan kami akan menjelaskan ini lebih lanjut dalam paragraf berikutnya.

Jumlah mahasiswa dalam setiap kelas berkisar antara 30-50, dan dalam kasus di mana lebih dari 50 mahasiswa mendaftar, mahasiswa biasanya dibagi menjadi dua kelas paralel atau lebih. Pembagian kelas seperti ini biasanya tidak hanya berlaku untuk mata kuliah kimia umum, tetapi juga untuk mata kuliah lainnya. Dalam beberapa kasus, kelas-kelas paralel diberi atribut A atau B, dan atribut ini akan tetap ada hingga mahasiswa lulus dari program. Meskipun jumlah mahasiswa biasanya tidak mempengaruhi

bagaimana bagian ceramah dari mata kuliah diatur, hal ini tidak berlaku untuk kerja laboratorium. Sebagai contoh, laboratorium di UIN pada umumnya lebih kecil dan memiliki fasilitas yang lebih terbatas sehingga hanya memungkinkan jumlah mahasiswa yang lebih sedikit untuk melakukan kerja laboratorium pada saat bersamaan. Selain itu, di 3 dari 5 UIN yang kami kunjungi, program kimia dan pendidikan kimia dikelola oleh fakultas yang berbeda, di mana program kimia menjadi bagian dari Fakultas Sains dan Teknologi, dan pendidikan kimia dari Fakultas Pendidikan. Dalam kasus seperti ini, mereka biasanya memiliki laboratorium yang berbeda, dan kerja laboratorium juga dikelola oleh orang-orang yang berbeda.

Di beberapa universitas, kerja laboratorium diatur oleh koordinator, seorang dosen yang ditunjuk yang akan mengelola aktivitas laboratorium untuk mata kuliah tertentu. Di universitas-universitas di bawah MRTHE, umumnya seorang koordinator akan mengatur kerja laboratorium umum tidak hanya untuk mahasiswa kimia dan pendidikan kimia, tetapi juga mahasiswa dari departemen lain yang berbeda, meskipun apakah mahasiswa dari departemen lain akan melakukan kerja laboratorium tergantung pada kurikulum untuk masing-masing program studi. Selama kerja laboratorium, koordinator dibantu oleh para asisten mahasiswa yang disebut sebagai "asisten mahasiswa". Asisten-asisten ini adalah mahasiswa yang dipilih dari kalangan mahasiswa kimia atau pendidikan kimia yang lebih senior, sebagian besar dari tahun ketiga atau keempat, meskipun dalam beberapa kasus, mahasiswa tahun kedua atau lulusan baru juga dapat dipilih. Wawancara kami mengungkapkan bahwa biasanya ada 2 hingga 4 asisten mahasiswa dalam setiap sesi kerja laboratorium, dengan jumlah mahasiswa berkisar antara 15 hingga 30. Salah satu dosen menyebutkan bahwa asisten mahasiswa terutama diperlukan untuk mata kuliah kimia umum tahun pertama, karena mahasiswa tahun pertama biasanya belum akrab dengan pengaturan dan peralatan laboratorium. Dia kemudian menyatakan bahwa jumlah asisten mahasiswa dalam mata kuliahnya dapat dikurangi dari 4 menjadi 2 pada semester kedua, dan menjadi nol untuk kerja laboratorium kimia yang lebih lanjut seperti kimia anorganik. Namun, tidak ada dosen lain yang memberikan informasi mengenai masalah ini. Satu dosen, bagaimanapun, menyatakan bahwa bekerja sebagai asisten laboratorium adalah

salah satu mata kuliah yang diperlukan bagi mahasiswa yang harus diambil sebelum penelitian mereka untuk tesis sarjana.

Jumlah sesi laboratorium untuk setiap semester juga berbeda-beda, tetapi jumlah sesi minimum untuk eksperimen "kimia basah" adalah 4, beberapa dengan sesi tambahan untuk eksperimen "kimia kering" atau presentasi mahasiswa. Jumlah sesi kerja laboratorium tampaknya berkaitan dengan bagaimana mata kuliah kimia umum diatur. Di beberapa universitas, kuliah kimia umum dan kerja laboratorium diberikan sebagai mata kuliah yang berbeda dan oleh karena itu mungkin didistribusikan di semester yang berbeda dalam kurikulum. Dalam kasus seperti itu, topik-topik kerja laboratorium tidak selalu sesuai dengan silabus untuk kuliah dan biasanya ada jumlah sesi kerja laboratorium minimum yang ditentukan oleh administrasi. Panduan kerja laboratorium sudah ditentukan sebelumnya dan beberapa di antaranya sudah usang. Setidaknya tiga dosen menyatakan bahwa mereka ingin panduan kerja laboratorium diubah, tetapi kondisi yang ada di departemen masing-masing tidak memungkinkan mereka melakukannya karena berbagai alasan. Salah satu dosen, yang memiliki pengalaman mengajar lebih dari 10 tahun, menyatakan bahwa panduan laboratorium yang ada telah digunakan sejak sebelum dia mulai bekerja di universitas. Namun, perubahan semacam itu hanya bisa dilakukan oleh koordinator dan senioritas masih memainkan peran utama dalam penunjukan posisi tersebut. Sebaliknya, dosen lain, yang ditunjuk untuk mengatur kerja laboratorium dalam tahun pertamanya bekerja di universitas, menyebutkan batasan waktu sebagai masalah, menekankan bahwa dia perlu mempelajari lebih banyak tentang percobaan sebelum melakukan perubahan apapun.

Menariknya, meskipun kerja laboratorium selalu menjadi bagian dari mata kuliah kimia umum, tidak banyak dosen yang mengidentifikasi pentingnya melakukan kerja laboratorium bagi mahasiswa. Sebagai contoh, seorang dosen menyadari bagaimana perubahan kurikulum baru-baru ini di departemen, yang memberikan jumlah kredit yang lebih sedikit untuk kerja laboratorium, berdampak negatif pada keterampilan laboratorium mahasiswa. Sentimen serupa diberikan oleh seorang dosen lain yang

bertindak sebagai koordinator kerja laboratorium untuk mata kuliah ini, yang menekankan bahwa tujuan dari kerja laboratorium terutama untuk memberi mahasiswa keterampilan laboratorium yang diperlukan untuk mata kuliah lebih lanjut yang lebih tinggi, dengan menggambarkan aspek-aspek teknis dasar seperti cara menyiapkan larutan, penggunaan alat ukur seperti neraca kimia dan beberapa peralatan gelas, dan keterampilan laboratorium lainnya seperti titrasi atau metode yang tepat untuk pemanasan, dan lebih lanjut menyatakan bahwa "kerja laboratorium kimia umum tidak terkait dengan ceramah kimia umum".

Dalam hal bagian kuliah dari mata kuliah, tampaknya mata kuliah diajarkan terutama dengan pendekatan berpusat pada guru, yang tidak jarang untuk mata kuliah tingkat universitas. Salah satu dosen menekankan pentingnya mata kuliah kimia umum untuk memperbaiki miskonsepsi mahasiswa yang mungkin mereka miliki dari pembelajaran sebelumnya di sekolah menengah, dengan menekankan bahwa kimia umum seharusnya mempersiapkan mahasiswa untuk mata kuliah kimia yang lebih tinggi. Namun, sebagian besar dosen, ketika ditanyakan tentang apa yang diajarkan dalam kimia umum, menyebutkan topik-topik kimia seperti stoikiometri atau termodinamika, yang menyoroti betapa pentingnya konten mata kuliah, yang juga mengapa konten mata kuliah di departemen kimia berbeda dari departemen lain seperti fisika dan biologi.

Hanya satu dosen yang membahas pendekatan yang lebih berpusat pada mahasiswa untuk kelasnya, yang digunakan untuk kelas kimia umum yang diberikan kepada mahasiswa fisika. Tanpa ada kerja laboratorium yang dibutuhkan dalam mata kuliahnya, dia menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis proyek, di mana mahasiswa melakukan penelitian mini selama setengah semester kedua. Meskipun penelitian tersebut terutama melibatkan tinjauan literatur, mahasiswa dihimbau untuk mengambil masalah dari pengalaman sehari-hari mereka yang mereka anggap terkait dengan kimia. Menariknya, meskipun dia menyatakan bahwa dia tidak pernah mendengar tentang prinsip-prinsip kimia hijau, dia menyebutkan bahwa penelitian mini tersebut diharapkan dapat menunjukkan kepada mahasiswa bahwa "kimia dapat ramah lingkungan" berbeda dengan kesan umum tentang kimia di mata

publik, yang "ekstrem" dan "berbahaya". Penelitian mini ini, lanjutnya, diharapkan dapat memberikan pemahaman pada mahasiswa tentang bagaimana "mengatasi dampak negatif dari kimia", yang sangat sejalan dengan gagasan kimia hijau. Namun, dia juga menyatakan bahwa dia mungkin tidak akan menggunakan pendekatan berbasis proyek dalam kelas kimia umum untuk mahasiswa kimia, karena mahasiswa akan belajar tentang kimia lebih komprehensif dalam mata kuliah lainnya. Dia lebih lanjut menyiratkan bahwa untuk mereka yang bukan mahasiswa kimia, proyek semacam ini memungkinkannya untuk mengharuskan mahasiswa belajar lebih banyak tentang kimia, karena mereka perlu melakukan studi mandiri lebih lanjut untuk proyek mereka.

B. Pemahaman tentang Kimia Hijau:

Meskipun seluruh responden wawancara mengenal istilah "kimia hijau," hasil wawancara kami menunjukkan bahwa para dosen memiliki tingkat pemahaman yang bervariasi terkait dengan konsep dan prinsip-prinsip kimia hijau. Dari semua responden yang kami wawancara, hanya satu orang dosen yang pernah mengikuti mata kuliah atau lokakarya mengenai kimia hijau, dan saat ini dia mengajar mata kuliah Kimia Hijau secara terpisah, tidak digabungkan dengan mata kuliah lainnya. Dua responden lainnya menjelaskan mengenal tentang kimia hijau ini dari kegiatan *workshop* atau pelatihan tentang *Chemical Safety and Security* yang dilaksanakan oleh Himpunan Kimia Indonesia (HKI) hasil kerja sama dengan *American Chemical Society (ACS)*.

Sementara itu, sebagian dosen lain menyatakan bahwa mulai mengenal tentang *green chemistry* melalui penelitian atau mata kuliah yang mereka ajarkan. Sebagai contoh, salah seorang dosen menyebutkan penelitiannya tentang polimer kimia, dan menyebutkan beberapa prinsip yang terkait dengan sintesis kimia seperti pengurangan atau peniadaan pelarut serta bahan-bahan terbarukan. Dosen lain menyatakan bahwa dia mulai membaca tentang kimia hijau setelah mahasiswa di kelasnya sering menyebutkan istilah tersebut saat mempersiapkan kegiatan laboratorium mereka. Hal ini menunjukkan bahwa ketika

pembelajaran formal atau non-formal tentang kimia hijau tidak terjadi, para dosen pada umumnya mengenal istilah kimia hijau melalui penelitian dan mata kuliah yang mereka ajarkan.

Oleh karena itu, tidak mengherankan bahwa sebagian besar dosen tampaknya hanya memiliki pemahaman parsial tentang istilah "kimia hijau" dan prinsip-prinsipnya. Dosen-dosen pada umumnya tidak mengetahui adanya 12 prinsip Green chemistry yang diperkenalkan oleh Werner, meskipun dapat menyebutkan beberapa prinsipnya selama wawancara berlangsung, terutama yang terkait dengan pengurangan limbah kimia dan kimia yang lebih aman. Beberapa dosen juga menyebutkan penggunaan katalis serta efisiensi energi selama proses kimia. Ketika membahas pengurangan limbah, beberapa dosen menyebutkan bagaimana kegiatan praktikum yang dilaksanakan sebagai bagian dari mata kuliah telah mengintegrasikan prinsip green chemistry dengan berupaya menggunakan sejumlah bahan kimia yang sesedikit mungkin. Namun demikian, hal ini juga disebabkan adanya kekhawatiran mereka tentang kurangnya fasilitas pengolahan limbah yang tepat dan mudah diakses, yang serupa dengan apa yang kami sampaikan dalam penelitian sebelumnya (Hamidah, Prabawati, Fajriati & Eilks, 2017).

Kami juga melihat bahwa beberapa dosen terlihat ragu dan bahkan enggan menjelaskan apa itu kimia hijau atau apakah mereka akrab dengan konsep tersebut, dengan menggunakan ungkapan seperti "Saya cukup tahu" dan "Saya tahu polanya", tetapi tanpa penjelasan lebih lanjut. Namun, ketika pertanyaan wawancara beralih ke aspek yang terkait dengan kimia hijau, mereka menjadi lebih terbuka dan mampu membahas lebih banyak, di mana beberapa prinsip kimia hijau juga disebutkan. Sementara itu, seorang dosen lain mengungkapkan ketidakpastiannya tentang konsep tersebut, sehingga setelah memberikan contoh bagaimana dia kadang-kadang meminta mahasiswanya untuk "... membayangkan apa yang akan terjadi jika tidak ada proses kimia" dan membandingkan bahan sintesis seperti plastik dengan bahan "yang disediakan oleh alam" seperti daun yang gugur, dia mengakhiri penjelasannya dengan bertanya apakah hal-hal tersebut adalah "bagian dari kimia hijau".

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa para dosen ini memang memiliki pemahaman yang berbeda tentang green chemistry, dan hal ini sangat mempengaruhi bagaimana green chemistry diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran yang dilakukan.

C. Mengenai Pengajaran tentang Kimia Hijau:

Semua dosen setuju bahwa kimia hijau penting dan bahwa mahasiswa seharusnya mengetahui tentang konsep tersebut. Namun, mereka memiliki ide yang berbeda tentang bagaimana konsep kimia hijau seharusnya diperkenalkan kepada para mahasiswa. Beberapa dosen membahas beberapa ide tentang bagaimana kimia hijau seharusnya diperkenalkan, sementara yang lain menjelaskan tentang apa yang sudah mereka lakukan mengenai masalah ini. Ide-ide tentang bagaimana kimia hijau diintegrasikan dalam kurikulum juga bervariasi, mulai dari memberikannya sebagai mata kuliah terpisah, sebagai topik dalam beberapa mata kuliah tertentu, atau hanya sebagai prinsip-prinsip yang perlu diterapkan oleh mahasiswa selama bekerja di laboratorium tanpa perlu memperkenalkannya sebagai kimia hijau.

Hanya satu dosen yang menyatakan bahwa kimia hijau sudah termasuk dalam kurikulum sebagai mata kuliah terpisah dan ditawarkan sebagai mata kuliah elektif. Karena dia juga yang mengajar mata kuliah tersebut, dia lebih lanjut menjelaskan bahwa dia menggunakan proyek-proyek yang disebut "tantangan kimia hijau" sebagai salah satu alat penilaian untuk mata kuliah tersebut, di mana mahasiswa bersaing satu sama lain. Namun, proyek-proyek tersebut berbeda dari tahun ke tahun, dan mahasiswa menyajikan proyek mereka dengan menggunakan media berbeda seperti poster atau posting media sosial. Dia juga menyatakan bahwa mengintegrasikan kimia hijau ke dalam mata kuliah kimia umum sulit dilakukan, karena mahasiswa perlu memahami konsep dasar kimia dalam mata kuliah tersebut. Oleh karena itu, dia percaya bahwa memperkenalkan kimia hijau sebaiknya dilakukan dalam mata kuliah terpisah, atau dalam mata kuliah kimia yang lebih lanjut, di mana penerapan prinsip-prinsip kimia hijau dapat digunakan sebagai contoh-contoh.

Namun, sebaliknya, seorang dosen menyatakan bahwa kimia hijau seharusnya dan bisa diintegrasikan ke dalam semua mata kuliah kimia. Merujuk pada mata kuliah yang dia ajar, dia menyebut bahwa dia selalu mencoba mencari kasus-kasus berbeda, misalnya dengan menggunakan artikel-artikel dari jurnal, yang dapat digunakan sebagai contoh untuk mengajar berbagai topik dalam kimia umum. Dia lebih lanjut menjelaskan bahwa dia akan menggunakan kasus-kasus tersebut untuk menunjukkan bagaimana kimia hijau diterapkan dalam penelitian kimia atau industri. Dia juga menyatakan bahwa sebagian besar dosen muda di departemennya "menyadari" tentang kimia hijau, mengatakan bahwa dia kadang-kadang mendiskusikan metode pengajaran dengan beberapa rekan dosen lainnya dan menemukan bahwa beberapa dari mereka juga menggunakan pendekatan serupa untuk mengintegrasikan kimia hijau ke dalam mata kuliah-mata kuliah mereka. Mengenai praktik di laboratorium, dia juga menekankan pentingnya mengajarkan kepada mahasiswa tentang pengelolaan limbah, prosedur keamanan, dan aspek lainnya, meskipun dia mengakui bahwa praktik ini masih jauh dari ideal.

Namun, dosen-dosen lainnya kurang rinci dan spesifik, meskipun ide-ide mereka mirip. Sehubungan dengan bagian kuliah dalam mata kuliah, seorang dosen menyatakan bahwa bab terakhir dalam mata kuliah kimia umum memberikan pengantar tentang kimia lingkungan, di mana topik-topik seperti efek rumah kaca serta kimia hijau disertakan, tetapi dia percaya bahwa akan lebih baik jika mahasiswa diwajibkan untuk mengambil mata kuliah terpisah tentang kimia hijau. Namun, sebagian besar dosen lebih sejalan dengan integrasi prinsip-prinsip kimia hijau ke dalam mata kuliah kimia. Seorang dosen menyebutkan bahwa kimia hijau dapat diintegrasikan ke dalam kimia umum dan digunakan sebagai konteks untuk mengajar topik-topik tertentu, misalnya dengan menggunakan kasus tertentu sebagai pengantar sebelum mahasiswa mempelajari suatu topik tertentu, atau menggunakan kasus tersebut untuk memperkenalkan masalah dalam latihan tertulis atau ujian.

Meskipun semua dosen memiliki sikap positif terhadap inklusi atau integrasi kimia hijau dalam kurikulum, beberapa dari mereka ragu-ragu untuk melakukannya dalam mata kuliah masing-masing. Seorang dosen

menyebutkan bahwa dia tidak memiliki cukup pengetahuan tentang kimia hijau, mengatakan bahwa dia perlu "belajar lebih banyak sebelum menggunakan gagasan kimia hijau untuk mengajar mahasiswa saya". Beberapa dosen menyatakan bahwa lebih penting bagi mahasiswa untuk belajar tentang nilai-nilai kimia hijau, dan bahwa memperkenalkan mereka sebagai kimia hijau sebenarnya tidak begitu perlu. Sementara itu, dosen lain menyatakan bahwa ada terlalu banyak topik dan konten yang harus disampaikan dalam kuliah kimia umum, sehingga sudah cukup untuk mengajarkan beberapa prinsip kimia hijau untuk praktik laboratorium.

Salah satu dosen menekankan pentingnya kebijakan untuk memotivasi dosen-dosen untuk mengintegrasikan kimia hijau ke dalam mata kuliah, dengan mengatakan bahwa agar dianggap serius oleh para dosen, kimia hijau harus dimasukkan ke dalam pernyataan misi departemen. Sebaliknya, seorang dosen lainnya menyebutkan bahwa di departemennya, kimia hijau sudah menjadi bagian dari pernyataan misi departemen, namun implementasinya masih terbatas pada lokakarya tentang penggunaan bahan kimia yang lebih sedikit atau berbeda untuk praktik laboratorium. Outputnya, katanya, hanya berupa panduan laboratorium di mana jumlah bahan kimia yang digunakan dikurangi. Praktik ini, bagaimanapun, tidak jarang terjadi di universitas lain meskipun mereka tidak menyebutkan kimia hijau secara khusus. Pada umumnya, ketika kimia hijau tidak dipertimbangkan, pengurangan penggunaan bahan kimia tampaknya terkait dengan peningkatan kesadaran akan bahaya limbah kimia bagi lingkungan serta alasan keuangan (penggunaan lebih banyak bahan kimia lebih mahal).

Sementara itu, seorang dosen menyebutkan ciri khas universitasnya, yaitu Universitas Konservasi, dan ada mata kuliah yang berjudul Pendidikan Konservasi yang merupakan mata kuliah yang wajib diambil oleh semua mahasiswa di universitas tersebut. Namun, konservasi tidak hanya berkaitan dengan konservasi lingkungan, tetapi juga konservasi lainnya seperti budaya, seni, bahasa, dan lain-lain. Untuk departemen kimia, dosen yang mengajar mata kuliah ini biasanya adalah yang memiliki spesialisasi dalam kimia lingkungan. Karena karakteristik khusus universitas ini, departemen juga memasukkan penggunaan

kimia hijau dalam pernyataan misinya. Namun, karena dokumen dan pernyataan misi ini dibuat beberapa waktu yang lalu dan tidak semua dosen terlibat, tidak semua dosen sebenarnya menggunakan prinsip-prinsip kimia hijau dalam mata kuliah mereka. Dia juga menyatakan rasa terima kasihnya karena wawancara mengingatkannya untuk mengintegrasikan kimia hijau dalam mata kuliahnya, bukan hanya karena penting, tetapi juga karena sesuai dengan pernyataan misi universitas.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Pembelajaran mata kuliah kimia dasar pada dasarnya dibagi menjadi dua, yaitu kegiatan perkuliahan/teori dan praktikum. Sebagian besar teori dan praktikum ini diberikan dalam bentuk mata kuliah terpisah, dan sering kali diampu oleh dosen yang berbeda, sehingga proses koordinasi dan sinkronisasi teori dan praktikum belum tentu terjadi secara terstruktur.
2. Prinsip green chemistry masih dipahami secara terbatas oleh para dosen, meskipun sebagian besar mengatakan mengetahui tentang hijau. Tingkat pemahaman tentang prinsip green chemistry ini relatif tidak seragam, dan sangat dipengaruhi oleh pendidikan formal dan non formal yang ditempuh, meskipun pada beberapa kasus, pengalaman mengajar pun dapat mempengaruhi dorongan untuk mempelajari konsep ini.
3. Sebagian besar dosen belum mengintegrasikan prinsip green chemistry ke dalam praktik perkuliahan di kelas. Di samping itu, beberapa dosen juga menyarankan bahwa pengenalan tentang green chemistry ini tidak perlu dilakukan pada mata kuliah kimia dasar, tapi dilakukan pada mata kuliah yang lebih lanjut seperti kimia lingkungan.

Adapun saran setelah dilakukannya penelitian ini adalah untuk penelitian berikutnya, perlu diupayakan adanya desain perkuliahan yang mengintegrasikan secara langsung prinsip green chemistry, sehingga mahasiswa dapat menjadi lebih up to date dalam memahami kebutuhan yang diperlukan di masa kini, terutama dalam bidang kimia

VI. Daftar pustaka

- Anastas, P. T.; Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*; Oxford University Press: Oxford, U.K.
- Andraos, J. & Dicks, A.P. (2012). Green chemistry teaching in higher education: a review of effective practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 69-79.
- Bodner, M. (2014). Green Chemistry and Sustainability Education in the U.S. In: I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds), *Science education research and education for sustainable development*, Aachen: Shaker, in print.
- Driver**, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.) (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes Open University Press
- Hartwell, S.P. (2012). Exploring the potential for using inexpensive natural reagents extracted from plants to teach chemical analysis. *Chemistry Education Research and Practice*. 13. 135-146
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Roth, W.-M. (2012). Ensuring sustainability of tomorrow through green chemistry integrated with sustainable development concepts (SDCs). *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 120-127.
- Karpudewan, M., Seng, C.H., Ismail, Z. (2014). Route to Sustainability Using Green Chemistry in Pre-service Teachers' Curriculum. In: I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds), *Science education research and education for sustainable development*, Aachen: Shaker (2014), in print.
- Sheehan, M., Schneider, P., Desha, C. 2012. Implementing a systematic process for rapidly embedding sustainability within chemical engineering education. *Chemical Education Research and Practice*. 13(1). 112-119
- Shulman**, L.S. (1986) Those Who Understand Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- UNCED (1992). Agenda 21. Retrieved from UN official website at <http://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf> on 13 October 2014
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Zuin, V.G., Marquez, C.A. (2014). Sustainable Development, Green Chemistry and Environmental Education in Brazil. In I. Eilks, S. Markic, B. Ralle (Eds): *Science education research and education for sustainable development*. Aachen: Shaker, in print.