
PENDEKATAN *GREEN CHEMISTRY* SUATU INOVASI DALAM PEMBELAJARAN KIMIA BERWAWASAN LINGKUNGAN

Nurbaity

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun 13220, Jakarta

Abstrak

Green chemistry merupakan kajian di bidang kimia yang relatif baru yang memfokuskan kajiannya pada penerapan sejumlah prinsip kimia dalam merancang menggunakan atau memproduksi bahan kimia untuk mengurangi pemakaian atau produksi bahan berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan mahluk hidup dan pelestarian lingkungan. Kajian *green chemistry* ini mencakup konsep dan pendekatan yang efektif untuk mencegah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh proses dan produk bahan kimia beracun dan berbahaya, karena penerapan metode pemecahan masalah secara inovatif terhadap masalah lingkungan. Mengingat pentingnya *green chemistry* sebagai pendekatan untuk pencegahan pencemaran akibat bahan-bahan kimia yang dapat merusak lingkungan, maka konsep *green chemistry* perlu diaplikasikan dalam pembelajaran kimia di sekolah-sekolah dan di perguruan tinggi, khususnya dalam kegiatan praktikum di laboratorium. Kegiatan praktikum di laboratorium yang berorientasi pada prinsip *green chemistry* dilakukan dalam bentuk aktifitas dalam upaya untuk mengurangi, menghilangkan dan mengganti penggunaan bahan-bahan kimia beracun dan berbahaya yang digunakan dalam percobaan untuk mengurangi kadar pencemar dan volume limbah. Guru atau dosen kimia sebagai ujung tombak dalam pelaksanaan pembelajaran kimia berwawasan lingkungan, perlu memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam mengaplikasikan prinsip-prinsip *green chemistry*.

Kata kunci : *Green chemistry*, pembelajaran kimia berwawasan lingkungan.

I. Pendahuluan

Abad ke-21 ditandai oleh perkembangan yang pesat di bidang teknologi telekomunikasi dan transportasi yang mengakibatkan peningkatan percepatan mobilisasi berbagai produk termasuk sumber daya manusia. Perkembangan tersebut menuntut SDM yang berkualitas, oleh karena itu upaya meningkatkan kualitas SDM menjadi agenda pembangunan yang teramat penting. Dalam upaya meningkatkan kualitas SDM, pendidikan mempunyai peranan yang sangat strategis, menyadari akan hal tersebut pemerintah terus melakukan kebijakan yang berkaitan dengan peningkatan mutu, relevansi dan efisiensi

dalam sistem pendidikan nasional. Untuk meningkatkan mutu pendidikan, peningkatan kualitas tenaga pengajar atau guru sangatlah relevan, karena guru sebagai pengajar menjadi bagian yang penting dalam melakukan proses pembelajaran di sekolah. Pembelajaran akan berjalan efisien dan efektif apabila guru memahami materi ajar dengan baik dan memiliki kemampuan mentransfer yang tinggi, menggunakan metode dan pendekatan yang tepat.

Pada saat ini muncul berbagai pendekatan dalam pembelajaran, semua ini merupakan upaya agar siswa dapat belajar secara optimal. Banyak ragam inovasi dalam pembelajaran dikembangkan

sebagai upaya antisipasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Terkait dengan agenda pembangunan, pembangunan saat ini diarahkan pada pembangunan berkelanjutan dimana World Commission on Environment and Development (WCED), yaitu Komisi Sedunia Lingkungan Hidup dan pembangunan telah mensyaratkan bahwa dalam pembangunan harus meningkatkan produksi dengan cara yang ramah lingkungan serta menjamin terciptanya kesempatan yang merata dan adil bagi semua orang dimana taraf hidup masyarakat diingkatkan dengan cara yang tidak merusak lingkungan hidup. Pembangunan diharapkan mengacu kepada pembangunan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan menuju terbentuknya green globe (bumi yang hijau/ lestari).

Berkaitan dengan hal di atas, proses pembangunan di Indonesia memang mampu memberikan sumbang yang signifikan pada pertumbuhan ekonomi, namun menimbulkan masalah, antara lain masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh bahan-bahan kimia yang beracun dan berbahaya yang berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Maka tidaklah keliru jika kondisi tersebut mendorong munculnya chemophobia dari masyarakat yang menganggap kimia sebagai racun dan penyebab timbulnya pencemaran lingkungan.

Memperhatikan kondisi di atas, dewasa ini para ahli kimia melakukan usaha untuk mencari bahan dasar yang tidak berbahaya dan mengubah proses-proses kimia dalam industri menjadi lebih aman dan lebih bersih. Usaha tersebut lebih dikenal dengan nama green chemistry. Sebagai bidang kajian kimia yang relatif baru, green chemistry

memfokuskan kajiannya pada penerapan sejumlah prinsip kimia yaitu dalam merancang, menggunakan atau memproduksi bahan kimia untuk mengurangi pemakaian atau produksi zat berbahaya. Bidang kajian ini mencakup konsep dan pendekatan yang efektif untuk mencegah pencemaran, karena penerapan metode pemecahan masalah secara ilmiah dan inovatif terhadap bahaya pencemaran akibat bahan kimia beracun langsung pada sumbernya.

Mengingat konsep dan pendekatan green chemistry sebagai pendekatan untuk pencegahan pencemaran akibat bahan-bahan kimia yang dapat merusak lingkungan dan kesehatan, perlu dipikirkan bagaimana menerapkan gagasan konsep dan gagasan green chemistry ini dalam pembelajaran kimia di sekolah maupun perguruan tinggi di Indonesia. Untuk maksud tersebut sudah barang tentu para pendidik atau guru di bidang kimia perlu mempunyai pengetahuan tersebut secara memadai.

II. Permasalahan

Bagaimanakah penerapan pembelajaran kimia berwawasan lingkungan melalui pendekatan green chemistry ?

III. Pembahasan

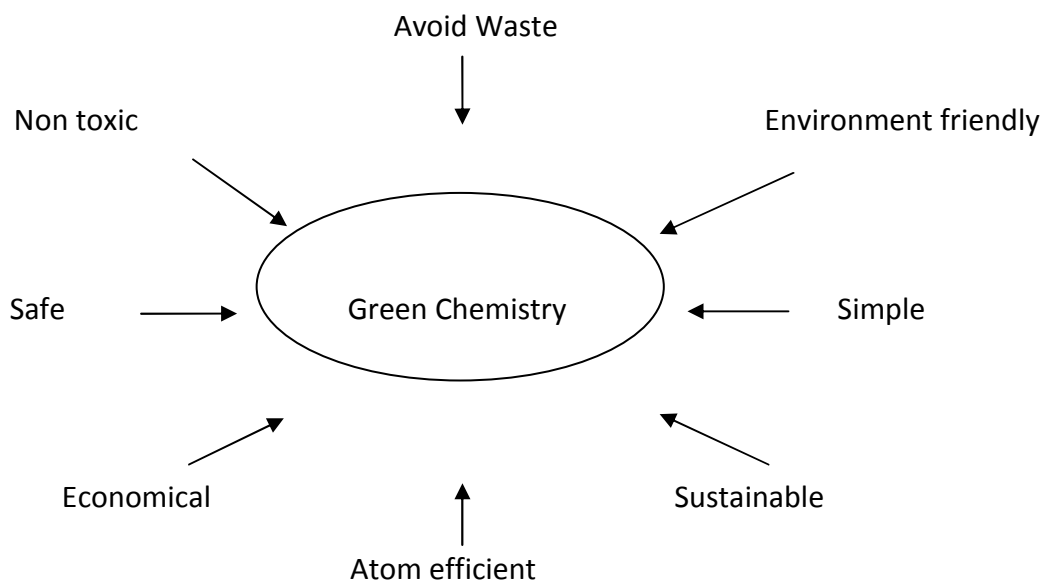
1. Pendekatan *Green Chemistry*.

Pengertian secara umum green chemistry adalah suatu metode baru untuk mengurangi bahaya bahan kimia, disamping memproduksi produk dengan cara yang lebih efisien dan lebih hemat. (Kenneth & James, 2004). Menurut Anastas dan Tracy C (1996), green chemistry adalah penggunaan teknik dan metode secara kimia untuk mengurangi atau mengeliminasi penggunaan bahan dasar, produk, produk samping, pelarut, pereaksi, yang berbahaya bagi kesehatan

manusia masalah lingkungan . Dengan demikian tujuan green chemistry adalah untuk mencegah atau mengurangi atau lingkungan.Sedangkan Menurut Rashmi Sanghi (2003), green chemistry merupakan bagian yang esensial dalam program yang kompre-hensif untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Secara umum green chemistry berhubungan dengan hal-hal untuk meminimalkan buangan pada sumbernya, pemakaian katalisator dalam reaksi, penggunaan pereaksi (reagents) yang tidak berbahaya, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi ekonomi, pelarut yang ramah lingku-ngan serta dapat didaur ulang.

Berdasarkan pengertian dan definisi tentang konsep green chemistry tersebut di atas, maka konsep ini dalam pembelajaran kimia dapat diterapkan.

Sebagaimana yang dikemukakan oleh Rashmi Sanghi (2003) pada sintesa senyawa organik dan prosesnya yang ramah lingkungan atau berorientasi green chemistry harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu: a) menghindari limbah, b) efisiensi atom, c) menghindari penggunaan dan produksi bahan kimia yang beracun dan berbahaya, d) menghasilkan senyawa-senyawa dengan hasil yang lebih baik atau sama, e) dapat dibiodegradasi, f) mengurangi energi yang dibutuhkan, g) menggunakan bahan yang dapat didaur ulang, dan h) menggunakan katalis. Semua persyara-tan ini dapat dipenuhi dengan konsep green chemistry, jadi dapat dikatakan bahwa green chemistry adalah proses kimia atau teknologi yang dapat memperbaiki lingkungan dan kualitas hidup. Konsep green dapat dilihat pada bagan berikut ini :



Upaya memperbaiki lingkungan dan memecahkan masalah lingkungan yang ditawarkan dalam green chemistry sangat bervariasi terutama pada tahap perencanaan. Hal ini disebabkan karena jenis bahan kimia dan jenis transformasinya juga bervariasi.

Akan tetapi, pemecahan masalah tersebut dapat dikelompokkan dalam dua komponen yaitu pemecahan masalah yang berkaitan dengan bahan mentah (feedstock) dan pemecahan masalah yang berkaitan dengan kondisi reaksi.

Misalnya dalam rancangan sintesisnya, tidak melihat pada molekul akhir yang dihasilkan, akan tetapi pada jalur (pathway) sintesis yang digunakan untuk menghasilkan molekul akhir tersebut. Dengan memodifikasi jalur sintesisnya, maka akan didapatkan produk akhir yang sama dengan cara yang konvensional, namun toksisitas bahan dasar, produk maupun buangnya dapat dikurangi.

Menurut Anastas & Warner hal yang penting dalam green chemistry adalah:

- 1) Mencegah terjadinya limbah di tempat pertama
- 2) Menggunakan pereaksi dan pelarut yang aman
- 3) Melakukan perubahan reaksi secara selektif dan efisien
- 4) Menghindari produk dan reaksi kimia yang tidak perlu.

Selanjutnya Anastas & Warner mengusulkan 12 prinsip green chemistry yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

- 1) Pencegahan terbentuknya bahan buangan beracun akan lebih baik dari pada menangani atau membersihkan bahan buangan tersebut.
- 2) Mengekonomiskan atom dalam merancang metode sintesis
- 3) Sintesis bahan kimia yang tidak atau kurang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungannya.

- 4) Merancang produk bahan kimia yang lebih aman, walaupun sifat racunnya dikurangi tetapi fungsinya tetap efektif.
- 5) Menggunakan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman dan tidak berbahaya.
- 6) Rancangan untuk efisiensi energi.
- 7) Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui.
- 8) Mengurangi turunan (derivatives) yang tidak penting
- 9) Menggunakan katalis untuk meningkatkan selektivitas dan meminimalkan energi.
- 10) Merancang produk-produk kimia yang dapat terdegradasi menjadi produk yang tidak berbahaya.
- 11) Analisis serentak untuk mencegah polusi.
- 12) Bahan kimia yang digunakan dalam proses kimia dipilih yang lebih aman untuk mencegah kecelakaan.

Sebagaimana telah dikemukakan, bahwa prinsip *green chemistry* bertujuan mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan-bahan kimia yang berbahaya dengan mendesain dari produk-produk kimia dan prosesnya, dengan demikian penerapan 12 prinsip inilah yang akan diaplikasikan dalam pembelajaran kimia yang berwawasan lingkungan, baik dalam bentuk teori maupun pada kegiatan praktikum di laboratorium.

2. Pembelajaran Kimia yang Berwawasan Lingkungan

Banyak metode dan pendekatan dalam pembelajaran kimia yang dilakukan dalam bentuk teori dan praktikum. Pembelajaran kimia dengan melakukan praktikum di laboratorium dewasa ini, dilakukan secara tradisional dalam pengertian mengikuti aktifitas praktikum mengikuti langkah-langkah berdasarkan

prosedur yang telah disiapkan. Pada pendekatan ini mahasiswa tidak diarahkan untuk mengkaji reaksi-reaksi kimia dan sifat-sifat bahan kimia yang digunakan sebagai pereaksi atau pelarut, sehingga mahasiswa kurang mampu mengaitkan konsep yang diterima dari kegiatan praktikum 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 sebelum dibuang.

Dengan demikian pendekatan green chemistry pada kegiatan praktikum di laboratorium, mahasiswa diberi pengalaman belajar untuk mengkaji setiap langkah-langkah praktikum yang akan dilakukan, mengkaji reaksi-reaksi kimia, sifat-sifat bahan kimia yang digunakan apakah termasuk bahan kimia yang digunakan sebagai pelarut atau reagen tersebut termasuk bahan-bahan yang beracun dan berbahaya atau bahan-bahan yang digunakan merupakan bahan yang ramah lingkungan.

Sehingga mahasiswa dalam melakukan praktikum bukan hanya sekedar mengikuti prosedur yang telah ada akan tetapi mahasiswa diajak untuk mengembangkan kemampuan berfikirnya

dalam memecahkan masalah masalah lingkungan.

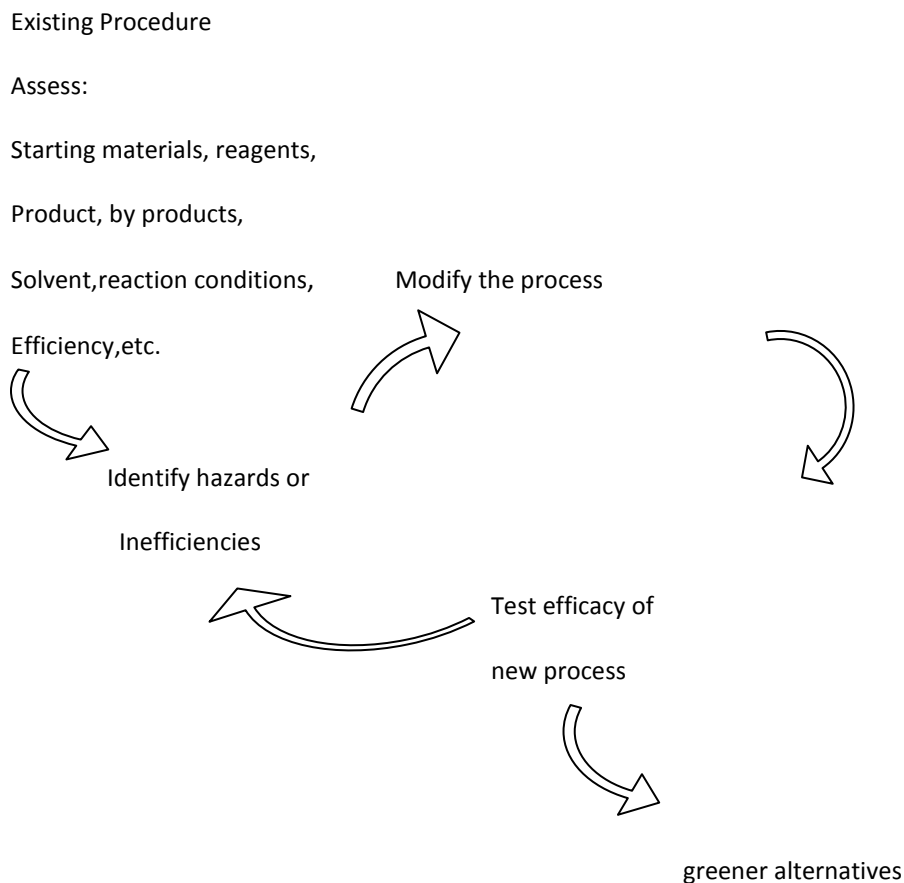
Jelaslah bagi kita bahwa tujuan terpenting dari kegiatan laboratorium itu bukan hanya sekedar mengajarkan bagaimana prosedur kegiatan laboratorium yang benar, akan tetapi terletak pada bagaimana kemampuan intelektual siswa/mahasiswa dapat berkembang dari kegiatan laboratorium

Dalam pembelajaran kimia, laboratorium bukan hanya sekedar tempat untuk mengecek kebenaran teori yang telah diajarkan di kelas, tetapi lebih dari itu yaitu sebagai tempat untuk mengembangkan proses berpikir dengan timbulnya berbagai masalah dan pertanyaan.

Pertanyaan-pertanyaan ini akan merangsang siswa untuk mengembangkan proses berpikirnya, sehingga kemampuan intelektual siswa akan semakin meningkat ke arah kemampuan intelektual tertinggi. Berikut ini akan dikemukakan bagaimana mengembangkan alternatif green chemistry dalam merencanakan kegiatan praktikum.

Pada setiap reaksi kimia selalu melibatkan reaktan dan produk atau dalam suatu reaksi kimia untuk menghasilkan suatu produk melibatkan bahan awal, pereaksi, dan pelarut. Pada proses perubahan bahan awal menjadi produk berdasarkan green chemistry perlu dikembangkan strategi untuk mengevaluasi dan memodifikasi reaksi yang ada.

Strategi untuk mengevaluasi reaksi kimia atau proses dan mengembangkan alternatif green chemistry dapat dilihat pada gambar sebagai berikut,



Gambar 2.3 Strategipengembanganalternatif green chemistry padakegiatanlaboratorium

Sumber : Kenneth M.Doxsee/James E.Hutchison, "Green Organic Chemistry" (2004), p.52.

Dari bagan di atas dapat dijelaskan langkah-langkah dalam mengembangkan alternative reaksi dan proses kimia berdasarkan prinsip green chemistry: (1) Menganalisa proses yang ada, mengidentifikasi bahan yang digunakan dalam menghasilkan suatu produk (material awal, pereaksi, dan pelarut) dan produk / produk samping serta kondisi reaksi. (2) Mengidentifikasi potensi bahaya karena bahan-bahan dan mempertimbangkan sifat-sifat dari energi yang masuk. (3) Meneliti semua efisiensi dari semua reaksi atau proses yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk akhir yang diinginkan. (4)

Merancang modifikasi proses atau prosedur yang selanjutnya diuji untuk menentukan apakah metode baru ini efektif dan dapat mengurangi bahaya.

Dalam melakukan kegiatan praktikum atau percobaan berdasarkan green chemistry diperlukan beberapa kriteria antara lain adalah: 1) mengajarkan reaksi kimia dan tekniknya yang terbaru; 2) mengilustrasikan konsep-konsep green chemistry; 3) melakukan diskusi kelas dan dilengkapi dengan isu-isu lingkungan; 4) mahasiswa/siswa diberi waktu untuk mengemukakan kendala dari setiap percobaan; 5) percobaan dapat dilakukan

secara makro maupun mikro; 6) gunakan pereaksi dan pelarut yang murah dan ramah lingkungan dan 7) kurangi limbah laboratorium dan sifat racunnya.

Untuk meminimalkan dan mengeliminasi bahan berbahaya dalam kegiatan laboratorium digunakan langkah-langkah sebagai berikut : 1) menaksir kondisi reaksi kimia, terutama pelarut dan pereaksi atau reagen: 2) dalam penuntun praktikum, untuk setiap prosedur identifikasi bahan-bahan berbahaya atau yang tidak efisien dan 3) evaluasi keefisiensi semua proses untuk bahan berbahaya. Beberapa contoh eksperimen berdasarkan prinsip green chemistry

1. Pembuatan asam adipat, asam ini digunakan sebagai bahan yang penting dalam pembuatan nilon.

Bahan dasar yang digunakan adalah benzen, benzen ini adalah zat organik yang dapat menyebabkan kanker. Berkenaan dengan prinsip green chemistry yaitu mencari bahan pengganti benzen dengan bahan yang tidak berbahaya Anastas dan Tracy melakukan percobaan pembuatan asam adipat dengan menggunakan glukosa sebagai bahan dasar pengganti benzen. Bahan ini aman, dapat diperbaharui, dan ramah lingkungan.

2. Sintesis polikarbonat

Bahan dasar yang digunakan adalah fosgen dan metilen klorida, bahan ini merupakan bahan kimia yang beracun

yang menyebabkan kanker pada manusia. Asahi melakukan sintesis polikarbonat dengan menghilangkan penggunaan fosgen dan metilen klorida dengan karbondioksida, sehingga polikarbonat yang dihasilkan bermutu tinggi, tahan pemanasan, dapat diolah kembali dan bebas dari kotoran senyawa klorin yang mempunyai sifat negatif terhadap sifat-sifat polimer. Berbeda dengan polikarbonat yang dihasilkan dari fosgen dan metilenklorida yang mengandung senyawa klorin yang sukar dihilangkan.

Memperhatikan betapa besarnya peran laboratorium dalam pembelajaran kimia, dituntut kreativitas yang tinggi dari seorang guru, karena peran laboratorium bukan lagi sekedar memanfaatkan alat dan bahan yang ada di laboratorium, tetapi bagaimana merancang dan mengembangkan alternatif kegiatan laboratorium atau praktikum yang berorientasi pada konsep green chemistry. Dalam hal ini guru dapat menggunakan bahan-bahan kimia yang aman dan murah, zat-zat kimia yang mahal dapat digantikan dengan zat kimia yang murah yang mungkin dapat digunakan sebagai pengganti. Selain itu melakukan praktikum dalam skala mikro merupakan salah satu pendekatan green chemistry yang berbasis laboratorium, dengan pendekatan ini dapat mengurangi jumlah bahan kimia yang dipakai maupun yang dibuang sebagai limbah karena menggunakan bahan kimia dalam jumlah yang sangat sedikit dan peralatannya pun berskala

kecil, akan tetapi tidak mengurangi standar pembelajaran yang diperlukan serta secara teknik dapat diterapkan secara industri.

IV. Kesimpulan

Green chemistry berperan penting dalam upaya untuk mencegah atau mengurangi bahaya polusi akibat bahan kimia beracun dan berbahaya yang menimbulkan masalah lingkungan. *Green chemistry* mempunyai 12 prinsip yang dapat diaplikasikan dalam pembelajaran kimia khususnya pada kegiatan praktikum di laborato-rium dengan cara mengurangi/ mengganti bahan-bahan kimia yang berbahaya yang digunakan dalam suatu reaksi kimia atau sintesa suatu senyawa yang menghasilkan limbah berbahaya yang menimbulkan masa-lah lingkungan .

Pembelajaran kimia dengan pendekatan green chemistry bukanlah tujuan yang absolut tetapi mempunyai dedikasi terhadap proses pembangu-nan yang berkelanjutan, di mana lingkungan dipertimbangkan sejalan dengan kimia.

Inovasi kegiatan laboratorium dari tradisional ke *green chemistry* mungkin hanya memiliki efek yang minim pada lingkungan sekitar namun kita bisa mendapatkan efek yang lebih besar

secara nasional bila mahasiswa/siswa terjun ke karier profesional.

V. Saran

Green chemistry sebagai kajian baru di bidang kimia maka pendidikan mempunyai tempat yang strategis untuk menerapkan prinsip *green chemistry*, maka diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. *Green chemistry* merupakan pilihan yang tepat untuk mewujudkan pembelajaran kimia yang berwawasan lingkungan, oleh karena itu dalam pembelajaran kimia baik di sekolah menengah maupun di perguruan tinggi perlu dirancang pembelajaran teori maupun praktikum di laboratorium dengan mengaplikasikan prinsip-prinsip *green chemistry*
2. Agar para dosen dan guru mengkaji dan merevisi percobaan-percobaan yang selama ini dilakukan, mencari alternatif dan memilih materi praktikum serta mengembangkan, merancang dan melakukan percobaan-percobaan baru yang berorientasi *green chemistry*.
3. Untuk mahasiswa perlu dilakukan penelitian-penelitian yang berorientasi pada *green chemistry*.

DAFTAR PUSTAKA

Anastas, P.T & Warner J.C. , 1998. Green Chemistry : Theory and Practices, New York : OxfordUniversity Press.

Clark, J.H , 1995. Chemistry Of Waste Minimization. Glasgow : Blackie Academic & Profesional.

Doxsee Kenneth M./Hutshison James E. , 2004. Green Organic Chemistry Strategis, Tools, and Laboratory Experiments, United States : Thomson Brooks/Cole.

Shanghi, Rasmi, 2003. " The Need For Green Chemistry" :Environt Friendly Alternative. New Delhi :Naroso Publishing House.

Williamson, Kenneth L., 1989. Macroscale&Microscale Organic Experiments.Toronto : DC Health and Company Lexington.