

KONSEP PENGETAHUAN LINGKUNGAN GREEN CHEMISTRY PADA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI

Maria Ulfah¹, Praptining Rahayu², Lussana Rossita Dewi³

¹⁾ Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP PGRI Semarang

Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto Semarang

email : ulfahartono@gmail.com

ABSTRAK

Green Chemistry adalah paradigma yang menggiatkan rancangan proses dan produk yang bisa memperkecil bahkan menghilangkan penggunaan maupun pembentukan bahan kimia beracun dan berbahaya. Green Chemistry mengembangkan inovasi proses kimia yang menggeser, menambah/mengurangi atau memperbaharui proses kimia tradisional-konvensional menjadi lebih ramah terhadap lingkungan maupun manusia tanpa meninggalkan prinsip-prinsip optimasi proses produksi. Penerapan Green Chemistry adalah langkah penting menuju pembangunan berkelanjutan (sustainable development). Makalah ini membahas kemungkinan menerapkan konsep dan aspek-aspek Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan pada mahasiswa Pendidikan Biologi, terutama bila ilmu kimia bukan merupakan mata kuliah pokok. Tahapan pelaksanaan penerapan konsep Green Chemistry adalah sebagai berikut, tahap pertama, menanamkan kepekaan mahasiswa tentang masalah lingkungan dan pencemaran yang diakibatkan oleh bahan kimia beracun dan berbahaya, tahap kedua, mengenalkan kepada mahasiswa 12 prinsip Green Chemistry, tahap ketiga, mahasiswa belajar menganalisa penerapan prinsip Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan.

Kata Kunci : *Green Chemistry, sustainable development, Pengetahuan Lingkungan, 12 prinsip Green Chemistry.*

PENDAHULUAN

Green Chemistry adalah penerapan prinsip penghilangan dan pengurangan senyawa berbahaya dalam desain, pembuatan dan aplikasi dari produk kimia. Aspek Green Chemistry adalah meminimalisasi zat berbahaya, penggunaan katalis reaksi dan proses kimia, penggunaan reagen yang tidak beracun, penggunaan sumber daya yang dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi atom, penggunaan pelarut yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang. Green Chemistry bertujuan mengembangkan proses kimia dan produk kimia yang ramah lingkungan dan sesuai dengan pembangunan berkelanjutan[3].

Beberapa aplikasi Green Chemistry yang memenangkan penghargaan dari Presidential Green Chemistry Challenge Awards yang didukung ACS Green Chemistry Institute antara lain : Vitamin C (asam askorbat) untuk proses pembuatan polimer, Professor Krzysztof Matyjaszewski dari Carnegie Mellon University telah mengembangkan pelarut yang aman bagi lingkungan. Proses yang ditelitinya disebut Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP) yang biasa dilakukan untuk proses pembuatan polimer. Proses ATRP ini dilakukan dengan Vitamin C sebagai pereduksi. Hal ini menghemat pemakaian katalis serta aman bagi lingkungan. Gula dan minyak sayur sebagai bahan baku cat. Procter and Gamble mengembangkan cat yang dapat diperbaharui. Produsen cat biasanya memakai senyawa alkid sebagai bahan baku cat karena sifatnya tahan lama, mengkilap dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan misalnya bahan bangunan, industri logam, alat pertanian dan konstruksi, tetapi senyawa ini beracun. Oleh karena itu Procter dan Gamble menciptakan formulasi cat berbahan baku minyak Sefose menggantikan bahan baku yang berasal dari turunan minyak bumi. Minyak Sefose dibuat dari gula dan minyak sayur yang jauh lebih aman bahkan pemakaiannya hanya separuh dari senyawa alkid. Pati dan selulosa sebagai bahan bakar. Virent Energy Systems, Inc. membuat bahan bakar yang berasal dari pati dan selulosa. Cadangan minyak bumi yang semakin habis mendorong perusahaan ini mencari bahan bakar alternatif dari sumber yang dapat diperbaharui. Dengan bahan dasar air dan katalis, pati dan selulosa dapat diubah menjadi bahan bakar alternatif melalui proses yang hemat energi dan mudah dimodifikasi sesuai kebutuhan. Ini suatu terobosan yang menarik untuk mengimbangi harga minyak bumi yang tidak



stabil. Enzim untuk pembuatan kosmetik. Eastman Chemical dikenal sebagai perusahaan yang membuat kosmetik dan perlengkapan mandi . Seringkali bahan dasar kosmetik menggunakan asam kuat dan pelarut yang beracun. Untuk mengatasi masalah ini Eastman Chemical mengembangkan teknologi pembuatan ester yang biasa digunakan sebagai bahan baku dengan secara enzimatis. Pembuatan ester dengan cara ini ternyata lebih hemat dan aman karena berbahan baku alami. Kacang kedelai sebagai bahan pembuatan toner printer. Umumnya toner printer dibuat dari turunan minyak bumi. Sifatnya yang sulit lepas dari kertas mempersulit proses daur ulang. Perusahaan Battelle bersama Advanced Image Resources dan badan kedelai Ohio. Menciptakan toner printer yang berasal dari kedelai. Toner printer kedelai ini memiliki kualitas yang sama dengan toner printer konvensional selain mudah dihapus dari kertas dan pembuatannya yang hemat energi dan proses daur ulang jadi lebih mudah. Kacang kedelai sebagai bahan baku pembuatan lem perekat. Lem perekat banyak dipakai di perusahaan kayu dan kertas. Namun lem perekat yang umum dipakai mengandung formaldehid yang diketahui cukup berbahaya dan bisa menyebabkan kanker. Professor Kaichang Li dari Oregon State University bersama perusahaan pengolahan hutan Columbia and Hercules Inc. Mengembangkan bahan perekat berbahan dasar kacang kedelai sebagai pengganti 47 juta pon perekat berbahan dasar formaldehid. Green process. Mulai tahun 2005 S.C. Johnson and Son, Inc, membuat sistem yang mengukur kandungan produk yang mereka buat memiliki pengaruh pada lingkungan dan kesehatan. Sistem ini dinamakan Greenlist. Dengan sistem ini formulasi dari suatu produk lebih mudah dimodifikasi, hasilnya S.C. Johnson & Son berhasil mengurangi 4 juta pon pemakaian polyvinylidene chloride (PVDC) per tahun[1].

Green Chemistry adalah pemikiran mengenai kimia untuk menyelamatkan lingkungan dari pencemaran. Green Chemistry bukanlah cabang ilmu kimia baru tetapi cara pandang atau strategi dalam kaitannya dengan pemanfaatan kimia. Pada tahun-tahun belakangan ini, Green Chemistry telah diterapkan dalam bidang pendidikan dan pengajaran, penelitian dan aktivitas industri. Makalah ini menyajikan satu pemikiran penerapan konsep Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan pada mahasiswa pendidikan biologi, terutama apabila ilmu kimia bukan merupakan mata kuliah pokok. Diharapkan mahasiswa menjadi sadar dan peka terhadap masalah-masalah lingkungan yang timbul akibat pemrosesan dan produk kimia, sehingga mahasiswa dapat mengambil langkah-langkah untuk menyelamatkan, melestarikan lingkungan, serta dapat menciptakan produk atau proses kimia yang ramah lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ilmu Lingkungan adalah ilmu yang mempelajari kumpulan atau sejumlah kondisi eksternal (fisik, kimia, dan biologis) atau totalitas faktor edafik, klimatik, dan biotik yang mempengaruhi kehidupan individu organisme atau populasi. Ilmu Lingkungan juga didefinisikan sebagai kelompok sains yang menjelaskan kehidupan di bumi tetap berkesinambungan, menemukan masalah-masalah lingkungan, dan masalah-masalah lingkungan tersebut dapat dipecahkan. Ilmu Lingkungan menekankan penggunaan konsep dasar ekologi untuk menjelaskan hubungan antara masalah-masalah lingkungan, menghadapi masalah-masalah lingkungan, dan menunjukkan cara-cara yang memungkinkan yang berkaitan dengan pemecahannya[5].

Konsep Green Chemistry dapat diterapkan pada mata kuliah Pengetahuan Lingkungan, sebagai contoh pokok bahasan Pembangunan Berkelanjutan, prinsip Green Chemistry yang dapat diterapkan antara lain pencegahan limbah, ekonomi atom, efisiensi energi, energi alternatif, katalisis, pengurangan langkah proses , perancangan produk degradable, dan analisa real-time untuk pencegahan polusi. Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang dalam proses pelaksanaannya tetap berupaya menjaga kelestarian bahan baku atau sumber daya alam, suatu pembangunan yang tidak menguras habis Sumber Daya Alam sehingga pembangunan berkelanjutan mengandung pengertian menunjang pembangunan yang berkesinambungan bagi peningkatan kesejahteraan manusia. Salah satu contoh dari pembangunan berkelanjutan adalah pertanian berwawasan lingkungan. Pertanian organik, pengelolaan hama terpadu, dan manajemen gulma merupakan unsur-unsur pertanian berwawasan lingkungan yang dapat menunjang pembangunan



berkelanjutan. Dalam kegiatan tersebut, faktor perlindungan terhadap lingkungan mendapat prioritas utama. Pertanian organik merupakan proses produksi yang didasarkan atas proses pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan senyawa kimia yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Untuk meningkatkan produksi pertanian tidak digunakan pupuk buatan dan pestisida, melainkan pupuk organik, pengendalian hama terpadu, manajemen gulma, dan pengembangan pola tanam. Pengelolaan hama terpadu mempunyai tujuan untuk meningkatkan produksi pertanian dan penghasilan petani dengan memperkecil biaya produksi, yaitu mengurangi penggunaan faktor produksi, terutama pestisida, untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan. Dengan konsep pengelolaan hama terpadu, pestisida hanya digunakan apabila berdasarkan pengamatan mingguan petani ternyata populasi hama telah melampaui ambang pengendalian. Manajemen gulma adalah upaya pendekatan terhadap gulma dengan menekankan peran terpadu antara pencegahan dan pengendalian. Manajemen gulma merupakan alternatif dalam menghadapi masalah gulma dengan mengurangi atau meniadakan sama sekali penggunaan herbisida yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan produksi pertanian. Penggunaan agen biotik yaitu organisme yang digunakan untuk menekan atau mengontrol gulma-hewan besar, serangga, nematoda, tumbuhan patogen dan pengendalian secara fisik dan mekanis, mendapat prioritas utama dalam manajemen gulma[5].

Tahapan pelaksanaan penerapan konsep Green Chemistry adalah sebagai berikut, tahap pertama, menanamkan kepekaan mahasiswa tentang masalah lingkungan dan pencemaran yang diakibatkan oleh bahan kimia beracun dan berbahaya, tahap kedua, mengenalkan kepada mahasiswa 12 prinsip Green Chemistry, tahap ketiga, mahasiswa belajar menganalisa penerapan prinsip Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan.

Langkah pertama untuk menerapkan konsep Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan pada mahasiswa Pendidikan Biologi adalah menanamkan kepekaan mahasiswa tentang masalah lingkungan dan pencemaran yang diakibatkan oleh bahan kimia beracun dan berbahaya. Ada beberapa masalah lingkungan dan pencemaran yang diakibatkan oleh bahan kimia beracun dan berbahaya, diantaranya: kekurangan energi, perubahan iklim global, sumberdaya alam yang semakin habis, kekurangan pangan, pencemaran lingkungan. Masalah lingkungan dan pencemaran yang diakibatkan oleh bahan kimia beracun dan berbahaya dapat dikurangi dengan penerapan Green Chemistry. Masalah kekurangan energi di dunia, dipengaruhi oleh faktor-faktor sumber daya yang tidak dapat diperbaharui dan berpotensi merusak lingkungan seperti karbondioksida, menipisnya lapisan ozon, dampak penambangan serta bahan beracun di sekitar kita. Untuk masalah kekurangan energi ini Green Chemistry dapat menjadi pendorong dalam pembuatan energi alternatif seperti photovoltaics, rekayasa bahan bakar hidrogen, bahan bakar nabati atau biologis dan yang lainnya. Selain itu gerakan Green Chemistry juga meningkatkan pemakaian katalis yang tepat dan mampu mengefisienkan pemakaian energi. Sebab jika alur proses sintesis dapat dipotong otomatis pemakaian energi dapat dihemat. Perubahan iklim, kenaikan suhu lautan, kimia stratosfir, dan pemanasan global adalah bidang kajian yang dapat diselesaikan Green Chemistry. Eksploitasi yang berlebihan atas sumber daya alam tak terbaharui, menyebabkan ketidakseimbangan pada skala yang memprihatinkan. Oleh karena itu pemakaian bahan bakar fosil menjadi isu utama dalam kajian Green Chemistry. Upaya-upaya yang dilakukan melalui Green Chemistry ialah sintesis bahan bakar yang dapat diperbaharui secara berkesinambungan baik dari segi ekonomi dan teknologi seperti: teknologi biomassa, teknologi nanosains, biosolar, efisiensi karbondioksida, kitin, dan pengolahan limbah. Ketika terjadi kelangkaan pangan maka aliran distribusi pun melemah. Metoda pertanian sekarang ini tak mampu lagi mengatasi masalah pangan di masa mendatang. Untuk itu perlu adanya metoda baru dalam mengatasi masalah pangan ini dan Green Chemistry secara sains dapat berperan dalam teknologi produksi makanan masa depan dengan cara: mengembangkan pestisida yang hanya berpengaruh pada organisme yang menjadi target dan dapat secara mudah terdegradasi menjadi zat tak berbahaya, mendesain proses daur ulang sisa-sisa produk pertanian untuk dapat diolah kembali, membuat sejenis fertilizer yang digunakan dengan takaran sesedikit mungkin dengan tingkat keberhasilan tinggi[2].



Tahap kedua, mengenalkan kepada mahasiswa 12 prinsip Green Chemistry. Adapun 12 prinsip Green Chemistry : 1. Mencegah terbentuknya polutan proses kimia dengan cara merancang sintesa kimia yang mencegah terbentuknya sampah atau polutan. 2. Merancang bahan kimia dan produk turunannya yang aman yang menghasilkan produk kimia yang efektif tanpa atau rendah efek racunnya. 3. Merancang sintesa kimia yang tidak berbahaya, merancang proses dengan menggunakan dan menghasilkan senyawa yang memiliki sedikit atau tanpa efek beracun terhadap manusia dan lingkungan. 4. Memanfaatkan bahan baku dalam proses kimia dari material terbaharukan. Bahan baku dari produk agrikultur atau akuakultur bisa dikatakan sebagai bahan baku terbaharukan, sedangkan hasil pertambangan dikatakan sebagai bahan tidak dapat diperbaharui. 5. Menggunakan katalis. Reaksi yang memanfaatkan katalis memiliki keunggulan karena hanya menggunakan sedikit material katalis untuk mempercepat dan menaikkan produktifitas dan proses daur reaksi. 6. Menghindari proses derivatisasi terhadap senyawa kimia. Artinya menghindari tahapan pembentukan senyawa antara atau derivat ketika melakukan reaksi, karena agen derivat tersebut menambah hasil samping atau hanya terbuang percuma sebagai sampah. 7. Memaksimalkan ekonomi atom dengan cara merancang proses sehingga hasil akhir mengandung proporsi maksimum terhadap asupan awal proses sehingga tidak menghasilkan limbah. 8. Penggunaan pelarut dan kondisi reaksi yang lebih aman dengan cara mencoba menghindari penggunaan pelarut, agen pemisah, atau bahan kimia pembantu lainnya. Pelarut digunakan seminimal mungkin dan tidak menimbulkan masalah pencemaran atau kerusakan terhadap lingkungan dan atmosfer. Air adalah universal solvent yang ramah lingkungan. 9. Meningkatkan efisiensi energi yaitu melakukan reaksi pada kondisi mendekati atau sama dengan kondisi alamiah, misalnya suhu ruang dan tekanan atmosfer. 10. Merancang bahan kimia dan produknya yang dapat terdegradasi setelah digunakan menjadi material tidak berbahaya atau tidak terakumulasi setelah digunakan. 11. Analisis pada waktu bersamaan dengan proses produksi untuk mencegah polusi. Dalam sebuah proses, dimasukkan tahapan pengawasan dan pengendalian bersamaan dan sepanjang proses sintesis untuk mengurangi pembentukan produk samping. 12. Memperkecil potensi kecelakaan yaitu merancang bahan kimia dan wujud fisiknya yang dapat meminimalkan potensi kecelakaan kimia misalnya ledakan, kebakaran, atau pelepasan racun ke lingkungan[4].

Tahap ketiga, mahasiswa belajar menganalisa penerapan prinsip Green Chemistry dalam konsep Pengetahuan Lingkungan. Mahasiswa diharapkan dapat mengidentifikasi dan menganalisis prinsip-prinsip Green Chemistry yang terdapat dalam pokok-pokok bahasan mata kuliah Pengetahuan Lingkungan. Dengan penerapan konsep Green Chemistry dalam mata kuliah Pengetahuan Lingkungan diharapkan mahasiswa paham bahwa konsep Green Chemistry adalah mencegah polusi mulai dari tingkat molekuler melalui desain sintesis dan mendukung lebih lanjut penemuan proses kimia yang lebih ramah lingkungan yang tidak hanya dapat mengurangi sisa bahan beracun tapi menghilangkan sama sekali substansi-substansi yang berpotensi racun dan berbahaya.

PENERAPAN KONSEP *GREEN CHEMISTRY* PADA MATA KULIAH PENGETAHUAN LINGKUNGAN

No	Konsep Pengetahuan Lingkungan	Aspek <i>Green Chemistry</i>
1	Lingkungan (Lingkungan, Ekologi, Dampak Manusia terhadap Bumi, Beberapa Kasus Masalah Lingkungan, Pertumbuhan Kesadaran terhadap Lingkungan, Organisasi Lingkungan Hidup di Dunia, Satuan makhluk Hidup, Komponen Ekosistem, Rantai Makanan dan Jaring-jaring Makanan, Interaksi antarspesies)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencegahan limbah 2. Perancangan produk kimia yang lebih aman 3. Efisiensi energi 4. Energi alternatif 5. Perancangan produk <i>degradable</i> 6. Analisa <i>real-time</i> untuk pencegahan polusi



2	Pencemaran Lingkungan (Pencemaran Udara, Pencemaran Suara, Pencemaran Air, Pencemaran Tanah, Pencemaran Biologis, Pencemaran Personal dan Lingkungan Sosial)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencegahan limbah 2. Ekonomi atom 3. Efisiensi energi 4. Energi alternatif 5. Pengurangan langkah proses 6. Katalisis 7. Perancangan produk <i>degradable</i> 8. Analisa <i>real time</i> untuk pencegahan polusi 9. Bahan kimia yang aman
3	Dampak Lingkungan dan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencegahan limbah 2. Ekonomi Atom 3. Efisiensi energi 4. Energi alternatif 5. Katalisis 6. Perancangan produk <i>degradable</i> 7. Analisa <i>real time</i> untuk pencegahan polusi 8. Bahan kimia yang aman
4	Pembangunan Berkelanjutan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pencegahan limbah 2. Ekonomi atom 3. Efisiensi energi 4. Energi alternatif 5. Katalisis 6. Pengurangan langkah proses 7. Perancangan produk <i>degradable</i> 8. Analisa <i>real-time</i> untuk pencegahan polusi
5	Norma-Norma Lingkungan dalam Masyarakat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ekonomi atom 2. Pencegahan limbah 3. Efisiensi energi 4. Energi alternatif 5. Pencegahan polusi 6. <i>Design for degradation</i>

Materi Pengetahuan Lingkungan di atas merupakan materi Mata Kuliah Pengetahuan Lingkungan Semester 2 di Program Studi Pendidikan Biologi FPMIPA IKIP PGRI Semarang

KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan Green Chemistry pada aktivitas dan proses produksi yang dilakukan secara konsisten dan tepat, dapat mengurangi bahkan menghilangkan senyawa beracun yang berdampak manusia, biosfir, dan lingkungan sekitar. Pentingnya gerakan ini didukung semua pihak terutama kalangan industri dan pemerintah. Green Chemistry memang tidak akan menyelesaikan semua masalah polusi, energi dan pangan. Tetapi peranannya mampu memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap kelestarian hidup jangka panjang (*sustainable development*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Aplikasi Green Chemistry yang Memenangkan Penghargaan Dari Presidential Green Chemistry Challenge Awards. <http://www.epa.gov/greenchemistry>. Diakses : 22 Maret 2013.
- . Masalah Dunia Yang Dapat Diperbaiki Green Chemistry. <http://www.worldofteaching.com>. Diakses : 22 Maret 2013



- Muryanto, St dan Hadi, S.D. 2006. Mengintegrasikan Green Chemistry Ke Dalam Program Studi S1 Bidang Sains Dan Teknik. Proceeding. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Palgunadi J. Kimia Hijau “New But Old Stuff” Yang Sedang Trendi. <http://www.alchemysukma.blogspot.com>. Diakses : 22 Maret 2013.
- Purnomo H. 2006. Dasar-Dasar Ilmu Lingkungan. IKIP PGRI Semarang. Semarang

