

KEMAMPUAN GENERIK SAINS KESADARAN TENTANG SKALA SEBAGAI WAHANA MENGEMBANGKAN PRAKTIKUM KIMIA ORGANIK BERBASIS *GREEN CHEMISTRY*

Sudarmin

Universitas Negeri Semarang
e-mail: *darsudarmin@yahoo.com*

Abstract: Science Generic Performance of a Sense of Scale as a Media to Develop Organic Chemistry Practicum-Based Green Chemistry. The sense of implementing the principle of green chemistry in the community does not go well. Therefore this research is aimed to reveal the role of the generic science performance of the sense of scale as a media to develop Organic Chemistry practicum-based Green Chemistry. The research data was gathered using performance tests of generic science in integrated scale sense of Organic Chemistry concepts, interview, and questionnaire to find out the students' scale sense in using chemical substance in the chemistry organic practicum. It also reveals the logical result of the effect in using chemical substances to the environment and the way to develop the practicum activity-based green chemistry. The result shows that the prospective chemistry teachers have the generic ability of the sense of scale in the average category based on the N-gain rate. The students are able to understand the logical result of inappropriate use of chemical substances and its effect to the environment, and they are also able to develop the Chemistry Organic practicum-based green chemistry. It can be recommended to develop the practicum activity using micro scale of chemical substance that is environmentally friendly.

Abstrak: Kemampuan Generik Sains Kesadaran tentang skala Sebagai Wahana Mengembangkan.

Praktikum Kimia Organik Berbasis *Green Chemistry*. Kesadaran menjalankan prinsip *green chemistry* dalam masyarakat belum berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan mengungkap peran kemampuan generik sains kesadaran tentang skala sebagai wahana mengembangkan kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*. Penelitian ini menggunakan tes kemampuan generik sains kesadaran akan skala terintegrasi konsep-konsep kimia organik, wawancara, dan angket untuk mengetahui kesadaran akan ukuran skala dari mahasiswa dalam menggunakan bahan kimia dalam kegiatan praktikum kimia organik. Akibat logis penggunaan bahan kimia terhadap lingkungan, serta berpikir seharusnya mengembangkan kegiatan praktikum berbasis *green chemistry*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mahasiswa calon guru kimia memiliki kemampuan generik sains kesadaran tentang skala dalam kategori sedang berdasarkan harga N-gain. Mereka telah memahami akibat logis penggunaan ukuran bahan kimia yang kurang tepat, serta pengaruhnya terhadap lingkungan. Mahasiswa telah mampu mengembangkan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*, serta menyarankan mengembangkan kegiatan praktikum kimia organik mikroskala, serta menggunakan bahan kimia yang ramah lingkungan.

Kata kunci : kemampuan generik sains, kesadaran tentang skala, praktikum kimia organik, *green chemistry*

Pendidikan kimia saat ini mempunyai fokus pada pemikiran pengaruh produksi senyawa kimia pada lingkungan. Pada saat ini diperkirakan akan banyak sekali produk kimia yang dahulu dianggap ramah lingkungan, tetapi nanti dibatasi pemakaiannya

karena berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan. Padahal penanganan limbah industri, sebenarnya sudah sejak lama konsep pembangunan berkelanjutan diwacanakan oleh masyarakat dunia dan dijadikan kerangka acuan program pembangunan nasional di

banyak negara. Bertolak dari konsep pembangunan berkelanjutan tersebut, maka mulai tahun 1980-an telah dikembangkan kimia hijau (*Green Chemistry*) yang berkaitan penerapan 12 (dua belas) prinsip yang bertujuan untuk mengurangi aktivitas dan dampak industri kimia dan produk-produknya terhadap kesehatan manusia dan kondisi lingkungan (Hjresen, 2005). Pada bidang pendidikan teknik dikenal *green engineering* yang intinya sama dengan *green chemistry*, yaitu pencegahan terbentuknya limbah lebih baik daripada mengolah limbah setelah dihasilkan, serta mencegah polusi lingkungan bentuk molekul bahan kimia berbahaya bagi kehidupan dan lingkungan (Clark, 2005: 5).

Penerapan proses industri berbasis *green chemistry* akan memberikan keuntungan keseimbangan antara aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial. Jika suatu proses industri berbasis *green chemistry*, maka industri tersebut akan menjalankan 12 berikut (1) pencegahan terbentuknya limbah, (2) ekonomi atom, (3) sintesis kimia yang tidak berbahaya, (4) perancangan produk kimia yang aman, (5) pemakaian bahan pelarut dan pembantu yang aman, (6) perancangan efisiensi energi, (7) penggunaan bahan baku terbarukan, (8) pengurangan langkah proses, (9) penggunaan katalis untuk mempercepat proses, (10) perancangan produk terbarukan yang ramah lingkungan, (11) analisis real time untuk pencegahan polusi, (12) menghindari penggunaan bahan kimia yang berbahaya, toksis, dan tak ramah lingkungan (Hazel, 2002). Dengan pelaksanaan ke-12 prinsip tersebut, berarti *green chemistry* dapat dipandang sebagai suatu langkah penting menuju kelestarian lingkungan atau pembangunan berkelanjutan.

Permasalahannya, banyak kalangan masyarakat yang belum mengenal dan menjalankan prinsip *green chemistry*. Peran kimia dan pendidikan kimia sangat penting dalam menyosialisasikan dan melaksanakan ke-12 prinsip *green chemistry* dalam pembelajaran. Hal tersebut penting, sehubungan kerusakan lingkungan yang saat ini terjadi, mengindikasikan peran kimia dan pendidikan kimia sampai saat ini belum berkontribusi optimal dalam menyelamatkan lingkungan. Oleh karenanya, pembelajaran kimia untuk menumbuhkan sikap kepedulian akan kelestarian lingkungan perlu ditanamkan sejak awal. Permasalahannya adalah dalam dunia pendidikan belum menjadi kelaziman *green chemistry* ditempatkan sebagai misi dan visi pendidikan, termasuk dalam pendidikan kimia; sehingga banyak limbah buangan hasil kerja laboratorium dibuang

tanpa memikirkan dampaknya terhadap lingkungan.

Pembelajaran kimia saat ini perlu dipikirkan suatu pola pembelajaran kimia yang berbasis *green chemistry*, diantaranya kegiatan praktikum kimia organik. Kegiatan praktikum kimia organik 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 organik berbasis *green chemistry* selama mereka menjalani pendidikan *pre service* di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK).

Mahasiswa calon guru kimia yang telah memiliki penguasaan mendesain dan menerapkan suatu percobaan kimia organik berbasis *green chemistry*, berarti mereka telah ikut menyelamatkan lingkungan serta memiliki kesadaran akan keberlanjutan kehidupan di masa mendatang. Pentingnya kemampuan generik sains kesadaran akan skala, dilandasi oleh rasa kegelisihan pola pembelajaran praktikum kimia organik saat ini yang kurang tepat, misalnya mahasiswa menggunakan zat dan pelarut yang tidak ramah lingkungan, pemakaian zat dan pelarut tidak efisien, dan belum terbiasa merancang kegiatan praktikum berbasis *green chemistry*. Kenyataan juga menunjukkan bahwa saat ini sudah banyak orang belajar kimia dan berpendidikan kimia namun belum berpikir dan bertindak dalam kehidupannya sesuai hakikat kimia yang dipelajari. Misalnya kepekaan akan penyelamatan lingkungan masih rendah, padahal kepekaan berpikir dan bertindak untuk menyelamatkan lingkungan dapat dilatihkan selama proses kegiatan pembelajaran kimia berlangsung. Huthison *et al* (2005) telah mendesain dan menerapkan suatu prosedur kerja laboratorium pada kimia organik berbasis *green chemistry*. Huthison memberikan contoh pemanfaatan cairan gas karbondioksida (CO_2) untuk mengekstrak kandungan senyawa bahan alam limonena pada kulit buah jeruk. Pemanfaatan cairan gas CO_2 tersebut untuk menggantikan pelarut-pelarut organik beracun seperti kloroform, heksana, dan eter yang lazim dimanfaatkan untuk mengisolasi bahan terpena minyak atsiri.

Pengalaman empiris juga menunjukkan bahwa pembelajaran kimia di LPTK termasuk Unnes; umumnya mahasiswa calon guru kimia penguasaan konsep-konsep, aturan dan prinsip-prinsip kimia juga masih bersifat verbalistik. Liliarsari (2007) menyatakan suatu pembelajaran kimia yang hanya menekankan penguasaan konsep, aturan, dan prinsip

yang bersifat verbalistis, berarti pembelajaran tersebut tidak bermakna. Artinya mahasiswa tahu konsep-konsep kimia mengenai bahaya pemanfaatan pelarut kimia bagi lingkungan, tetapi mereka belum berbuat dan bertindak bagaimana cara mengatasi pemanfaatan zat kimia dan pelarut organik tersebut agar tidak membahayakan bagi lingkungan. Oleh karenanya, arah pembelajaran kimia di LPTK perlu diubah modusnya, yaitu pembelajaran kimia sebagai wahana membekali setiap mahasiswa calon guru kimia dengan kemampuan berpikir dan bertindak sesuai pengetahuan kimia yang dimiliki. Dengan demikian, sebagai hasil belajar kimia bagi calon guru kimia adalah kualitas lulusan calon guru kimia yang memiliki kemampuan berpikir dan bertindak berdasarkan pengetahuan kimia yang dimilikinya dan menularkannya pada peserta didiknya kelak. Kemampuan berpikir dan bertindak berdasarkan pengetahuan sains, termasuk kimia lebih dikenal dengan kemampuan generik sains (Sudarmin, 2007). Pada penelitian kemampuan generik sains yang berkaitan dengan kesadaran tentang skala atau ukuran dalam pemanfaatan zat dan pelarut kimia dalam praktikum disebut sebagai kemampuan generik sains kesadaran tentang skala.

Pada pembelajaran sains, termasuk dalam pembelajaran kimia, dikenal sembilan kemampuan generik sains (Brotosiswojo, 2000: 78), yaitu (1) pengamatan langsung dan tak langsung, (2) kesadaran tentang skala, (3) bahasa simbolik, (4) hukum sebab akibat, (5) konsistensi logis, (6) inferensi logika, (7) *logical frame*, (8) abstraksi, dan (9) pemodelan. Sudarmin (2007) telah mengembangkan model pembelajaran kimia organik terintegrasi kemampuan generik sains. Mengacu uraian berkaitan *green chemistry*, maka pada uraian berikut dibahas bagaimana peranan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala sebagai wahana mengembangkan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* bagi mahasiswa calon guru kimia. Suatu kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* diterapkan, maka berimplikasi mahasiswa akan memiliki pengalaman dan kemampuan merancang dan mendesain suatu percobaan kimia organik berbasis *green chemistry* yang akan menyelamatkan lingkungan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kualitatif. Peneliti berusaha mengungkap kemampuan generik sains kesadaran skala dengan

kemampuan calon guru kimia mengembangkan kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*. Subjek penelitian adalah mahasiswa program studi pendidikan kimia semester dua FMIPA Unnes yang mengambil mata kuliah Praktikum Kimia Organik I yang berjumlah 79 orang.

Pengambilan data melalui pengungkapan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala menggunakan tes. Instrumen tes disusun bertolak pada indikator setiap kemampuan generik sains kesadaran skala dan karakteristik setiap konsep kimia organik. Bentuk instrumen tes kemampuan generik sains kesadaran tentang skala berupa pertanyaan benar-salah diikuti penjelasan singkat, baik penjelasan singkat secara kuantitatif atau kualitatif. Penskoran soal benar salah dilakukan dengan memberikan skor 0 untuk jawaban salah atau tidak diisi dan skor satu untuk jawaban benar. Penskoran jawaban soal isian singkat mengacu sistem penskoran dari Arter (2000). Indikator setiap kemampuan generik sains kesadaran skala yang terungkap pada jawaban subjek penelitian akan diberi skor skor 0 jika tidak tepat, skor 1-2 jika epat tapi kurang sistematis, dan skor 3 jika jawaban sangat tepat dan sistematis.

Pada penelitian ini, instrumen tes sebelum dicobakan secara empirik, perangkat tes divalidasi oleh pakar yang memfokuskan pada penelitian kemampuan generik sains dan pakar kimia organik. Kemampuan calon guru dalam mengembangkan kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* diperoleh melalui penilaian atas rancangan kegiatan praktikum kimia organik tersebut telah mencerminkan kegiatan praktikum berbasis *green chemistry*. Variabel yang dipakai adalah apakah zat kimia dan pelarut yang digunakan; serta takaran atau ukurannya telah menunjukkan prinsip *green chemistry*. Kesesuaian tes dan lembar penilaian divalidasi pakar berkaitan dengan apakah butir-butir dalam instrumen penelitian mengukur penguasaan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala calon guru kimia. Penghitungan koefisien reliabilitas instrumen penelitian ini digunakan internal konsistensi (Surapranata, 2005). Uji reliabilitas menggunakan uji reliabilitas konsistensi butir tes dan dalam hal ini penghitungan menggunakan program *software SPSS for window* versi 11,0.

Analisis data instrumen tes penguasaan kemampuan generik sains pada penelitian ini terdiri atas data skor pretes, postes, nilai N-gain, dan penetapan kriteria capaian N-gain atas kemampuan generik sains kesadaran tentang skala dari subjek

penelitian. N-gain dihitung melalui rumus Hake (1998), yaitu skor postes dikurangi skor pretes dibagi dengan skor maksimal dikurangi skor pretes. Kemampuan merancang kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* dilakukan dengan menilai hasil rancangan kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* oleh mahasiswa calon guru kimia. Variabel yang diamati dari hasil pengembangan kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* adalah format dan sistematika rancangan, isi kegiatan praktikum mencerminkan kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* yang ditandai jumlah ukuran atau takaran zat dan pelarut yang digunakan, jenis zat dan pelarut yang digunakan, serta cara pembuangan limbah zat dan larutan yang digunakan praktikum. Data yang terkumpul hasil evaluasi terhadap hasil pengembangan kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* dianalisis menggunakan deskripsi kualitatif.

PEMBAHASAN

Hasil Pengelompokan Subjek Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengelompokan mahasiswa atas kelompok prestasi tinggi, sedang dan rendah. Pengelompokan subjek penelitian ini ke dalam prestasi tinggi, sedang dan rendah didasarkan atas indeks prestasi (IP) semester kesatu. Dipilihnya indeks prestasi (IP) semester satu sebagai dasar pengelompokan karena IP kumulatif lebih menggambarkan kemampuan menyeluruh mahasiswa daripada hanya didasarkan pada skor nilai suatu mata kuliah tertentu. Tabel 1 disajikan hasil

pengelompokan prestasi tinggi, sedang dan rendah dari subjek penelitian.

Data Tabel 1 tersebut diketahui subjek penelitian untuk kelompok prestasi tinggi memiliki batas IP terendah 3,20 (IP rerata kelas + standar deviasi) dan IP tertinggi 3,80 dan berjumlah 13 orang. Untuk mahasiswa kelompok prestasi rendah memiliki IP tertinggi (IP rerata kelas - standar deviasi), sehingga memiliki rentangan IP antara 2,18 - 2,58 dan berjumlah 12 orang. Mahasiswa kelompok prestasi sedang memiliki rentangan IP antara 2,63 - 3,15 dan berjumlah 54 orang.

Kemampuan Generik Sains Kesadaran Tentang Skala

Kimia organik adalah ilmu yang berlandaskan percobaan. Untuk dapat memahami kimia secara benar, maka orang yang belajar kimia harus mempunyai kepekaan yang tinggi tentang skala atau kemampuan generik sains kesadaran tentang skala yang baik (Liliasari, 2003). Pada penelitian ini kemampuan generik sains kesadaran tentang skala dibekalkan melalui pembelajaran kimia organik yang menekankan pada konsep terkait satuan besaran jari-jari atom suatu unsur, harga muatan formal, kekuatan asam suatu asam karboksilat, dan membandingkan energi potensial relatif dari berbagai bentuk konformer sikloheksana. Pendekatan pembelajaran untuk meningkatkan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala pada penelitian ini menggunakan peta konsep dan visualisasi animasi dari gambar/symbol, dan latihan soal; serta kegiatan penggunaan zat dan pelarut dalam kegiatan

Tabel 1. Pengelompokan Prestasi dari Subjek Penelitian

No.	Kelompok prestasi	Jumlah (N) subjek penelitian	IP terendah	IP tertinggi
1.	Tinggi	13	3,20	3,80
2.	Sedang	54	2,63	3,15
3.	Rendah	12	2,18	2,58

Tabel 2 Skor Pretes, Postes, N-gain dan Taraf Pencapaian Kemampuan generik Sains Kesadaran Tentang Skala

Kelompok Prestasi	Rerata Pretes	Rerata Postes	N-gain	Taraf pencapaian
Tinggi	10,23	16,46	0,603	Sedang
Sedang	8,48	15,13	0,562	Sedang
Rendah	6,92	12,50	0,452	Sedang

praktikum kimia organik.

Pada Tabel 2 disajikan berikut disajikan hasil analisis skor rerata pretes, postes, N-gain, dan taraf pencapaian penguasaan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala dari subjek penelitian pada berbagai kelompok prestasi.

Hasil analisis skor pretes postes dalam penguasaan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala untuk berbagai kelompok prestasi seperti disajikan tabel 2 diatas, maka terlihat kemampuan generik sains kesadaran tentang skala untuk kelompok prestasi tinggi, sedang, dan rendah mengalami urutan kenaikan N-gain, berturut-turut 0,603; 0,562; 0,452 setelah pembelajaran kimia organik diterapkan. Dengan demikian melalui pembelajaran kimia organik dengan pendekatan peta konsep, animasi simulasi, latihan soal, dan kegiatan praktikum kimia organik telah mampu meningkatkan kesadaran tentang skala pada calon guru kimia sampai kategori sedang menurut harga N-gain (Hake, 1998). Dari ketiga kelompok subjek penelitian, maka kelompok prestasi tinggi yang mencapai N-gain tertinggi yaitu 0,603 atau 60,3 % dan berarti skor pencapaian sedang. Harga rerata N-gain tersebut dapat dimaknai model yang diterapkan mampu meningkatkan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala calon guru kimia pada kategori sedang.

Dengan memperhatikan pola keteraturan harga N-gain dari tinggi ke rendah, maka ditemukan suatu pola keteraturan berikut penguasaan kemampuan generik sains kesadaran tentang skala subjek penelitian kelompok prestasi tinggi lebih baik daripada kelompok prestasi sedang dan rendah. Hasil penelitian ini sejalan hasil temuan Gerace dan Beaty (2005) yang menemukan pola keteraturan dalam pembelajaran sains berorientasi keterampilan berpikir pemecahan masalah, maka mahasiswa prestasi tinggi lebih baik daripada mahasiswa prestasi rendah. Hal tersebut terjadi karena mahasiswa kelompok prestasi tinggi memiliki kemampuan analisis berpikir dan retensi memori jangka panjang lebih baik daripada kelompok prestasi sedang dan rendah. Mengacu hasil penelitian Gerace dan Beaty (2005) tersebut, maka hasil penelitian ini ditemukan pola yang sama dengan penelitian Gerace dan Beaty tersebut

Pengembangan Praktikum Kimia Organik Berbasis *Green Chemistry*.

Pengaruh dari suatu reaksi kimia pada lingkungan tidak berakhir di pintu laboratorium, walaupun dalam

kuliah praktikum sebagian besar memang demikian karena sedikitnya jumlah bahan kimia dan limbah yang digunakan. Untuk memperluas pandangan dari waktu ke waktu dapat menyediakan wawasan baru dan pembelajaran yang menarik. Kemampuan generik sains kesadaran tentang skala memberikan landasan dalam mengembangkan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*. Melalui kemampuan generik sains kesadaran tentang skala akan membekali calon guru kimia untuk berpikir sebagai berikut: (a) Bagaimanakah bahan kimia yang ramah lingkungan dapat diperoleh dan terbuat?, (b) Berapa ukuran jumlah dan skala bahan-bahan kimia tersebut untuk kegiatan praktikum kimia organik?, (c) Apa yang terjadi dengan limbahnya?, (d) Apakah perlu untuk menghasilkan peralatan reaksi sendiri?

Pada pengembangan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* ini, prosedur pengembangan diawali dengan penjelasan singkat oleh peneliti mengenai tugas yang harus dilakukan mahasiswa sebagai subjek penelitian. Pada pertemuan ini dijelaskan mengenai standar kompetensi yang diharapkan dari kegiatan praktikum berbasis *green chemistry* yaitu mahasiswa mampu menjelaskan tentang teknik Pengurangan, pemanfaatan dan penanganan limbah dari kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*. Indikator keberhasilan kegiatan praktikum ini adalah (a) mahasiswa mampu menjelaskan 12 prinsip *green chemistry*, serta bagaimana mengurangi resiko pencemaran lingkungan akibat limbah kimia, (b) mengkaji dan mendiskusikan 12 *prinsip green chemistry* dalam rangka pengurangan, pemanfaatan dan penanganan limbah dan prospeknya di masa datang, (c) merancang kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*. Pada tataran desain kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*, maka mahasiswa calon guru kimia sebagai subjek penelitian dibagi dalam delapan kelompok praktikum dengan setiap kelompok terdiri atas lima orang. Setiap kelompok melakukan penetapan materi kegiatan praktikum yang dikembangkan, agar kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* atau menerapkan prinsip *green chemistry*, menarik, penting dalam pengembangan ilmu kimia organik, serta prosedur percobaannya mudah dilaksanakan.

Hasil diskusi antara peneliti dengan delapan kelompok tersebut, maka disepakati tiga kegiatan praktikum kimia organik yang dikembangkan yaitu (a) kegiatan praktikum identifikasi gugus fungsional

Tabel 3. Hasil Rancangan Kegiatan Praktikum Kimia Organik Berbasis *Green Chemistry*

No	Percobaan	Prinsip <i>green chemistry</i>	Penilaian
01.	Identifikasi gugus fungsional senyawa karbon melalui <i>microscale</i> (3 kelompok)	Metode <i>microscale</i> : Praktikum kimia organik dengan memodifikasi penggunaan jumlah dan ukuran reagen atau pelarut organik dengan skala lebih kecil, sehingga menerapkan ekonomi atom atau efisiensi zat.	Prosedur kerja yang diajukan tujuan, dan prosedur percobaan dalam kategori baik mudah dipahami, dan memperetimbangkan ekonomi atom.
02.	Isolasi senyawa organik bahan alam dengan distilasi uap air (3 kelompok)	Isolasi menggunakan proses destilasi uap untuk senyawa minyak atsiri bunga kenanga dan mawar. Percobaan ini menerapkan prinsip <i>green chemistry</i> penggunaan pelarut organik ramah lingkungan. berbahaya, dan toksis.	Prosedur kerja dan tujuan percobaan yang akan dicapai baik, mudah dipahami, serta pemanfaatan air sebagai pengekstrak, berarti pelarut ini ramah lingkungan.
03.	Pembuatan Biodiesel dari minyak jelantah (2 kelompok)	Pembuatan biodiesel menggunakan proses transesterifikasi tri gliserida menjadi metil ester dengan alkohol sebagai pengesterifikasi dan dihasilkan metil ester dan gliserol sebagai bahan bakar. Percobaan ini menerapkan prinsip pencegahan terbentuknya limbah minyak jelantah dan rancangan pembuatan energi terbarukan.	Prosedur kerja dan tujuan percobaan yang akan dicapai baik, mudah di-pahami, Pemanfaatan minyak jelantah berarti mencegah pembuangan minyak jelantah ke lingkungan dan pembuatan energi terbarukan.

senyawa karbon, (b) isolasi senyawa organik bahan alam, (c) serta pembuatan biodiesel. Rancangan kegiatan praktikum kimia organik yang disusun disepakati terdiri atas (a) Judul percobaan, (b) maksud dan tujuan praktikum, (c) dasar teori, (d) alat dan bahan percobaan, (e) prosedur percobaan, (f) lembar pengamatan, dan (g) evaluasi. Pada Tabel 3 berikut disajikan hasil penilaian kinerja mahasiswa dalam merancang kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*.

Pada Tabel 3 tersebut, terlihat adanya tiga materi pokok dalam praktikum kimia organik yang dalam proses perkuliahannya berbasis *green chemistry*. Huthicon (2004) mengusulkan dalam menyusun dan mengembangkan prosedur kerja di laboratorium kimia organik berbasis *green chemistry*, hendaknya seorang dosen/guru perlu melakukan tahapan kegiatan sebagai berikut (a) identifikasi dan evaluasi prosedur percobaan yang telah ada, (b) menemukan dan mengembangkan prosedur kerja baru yang berbasis *green chemistry*, (c) melakukan uji dan tes prosedur baru berkaitan dengan efisiensi, efektivitas, dan hasil percobaan, (d) jika ketiga langkah telah terlaksana dan terpenuhi prinsip-prinsip *green chemistry*, maka prosedur kerja yang diajukan dapat dijadikan prosedur kerja alternatif dan dapat diimplementasikan. Hasil penilain atas

rancangan praktikum mahasiswa calon guru kimia tersebut, maka secara konseptual telah layak untuk diterapkan dalam kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*.

Pada kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* selain kemampuan generik sains kesadaran tentang skala yang terkait erat dengan prinsip ekonomi atom, penggunaan pelarut organik ramah lingkungan, dan pencegahan limbah, maka juga berkaitan dengan konsep-konsep kimia yang harus disampaikan, beserta keterkaitannya dengan kemampuan generik sains yang lain.. Pada Tabel 4 disajikan mengenai pemetaan antara hubungan kegiatan praktikum, prinsip *green chemistry*, dan kemampuan generik sains.

Dengan melihat tabel diatas, maka kegiatan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry* bertujuan pemahaman konsep-konsep kimia yang terkait dengan materi kegiatan praktikum kimia organik tersebut.

PENUTUP

Pada uraian diatas telah dijelaskan kemampuan generik sains kesadaran akan skala sebagai wahana mengembangkan kegiatan praktikum

Tabel 4. Pemetaan hubungan praktikum kimia organik, konsep kimia organik, *Green Chemistry* dan Kemampuan Generik Sains

No.	Kegiatan Praktikum	Konsep Kimia yang terkait.	Kemampuan generik Sains diperlukan
01.	Identifikasi gugus fungsi senyawa karbon.	<ul style="list-style-type: none"> • Aldehida • Gugus Karbonil • Alkohol • Keton. • Rantai hidro-karbon 	Inferensi logika, kesadaran tentang skala
02.	Isolasi senyawa organik bahan alam	<ul style="list-style-type: none"> • Distilasi sederhana • Distilasi fraksinasi • Ekstraksi • Refluk 	Konsistensi logis dan Kesadaran tentang skala
03.	Sintesis Biodiesel	<ul style="list-style-type: none"> • Esterifikasi • Asam Lemak • Gliserol • Bahan bakar alami 	Inferensi logika, konsistensi logis, dan kesadaran tentang skala

kimia organik berbasis green chemistry. Hasil penelitian menunjukkan mahasiswa calon guru kimia memiliki kemampuan generik sains kesadaran tentang skala dalam kategori sedang berdasarkan harga N-gain; serta mereka telah memahami akibat logis penggunaan ukuran bahan kimia yang kurang tepat, serta pengaruhnya terhadap lingkungan. Mahasiswa calon guru kimiatelah mampu mengembangkan praktikum kimia organik berbasis *green chemistry*, serta menyarankan mengembangkan kegiatan praktikum kimia organik mikroskala, serta menggunakan bahan kimia yang ramah lingkungan.

DAFTAR RUJUKAN

- Brotosiswojo, B.S. 2001. *Hakekat Pembelajaran MIPA dan Kiat Pembelajaran Kimia di Perguruan Tinggi*. Jakarta: PAU-PPAI
- CURVE.(2001). *Generik Skills in VET*. [on line]. Tersedia <http://www.ncver.edu.au>. [3 Juni 2004].
- Clark, J.H. 2005. *Green Chemistry and Environmentally Friendly Technologies*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.
- Doxsee, K.M, and Hutchison., J.E. 2004. *Green Organic Chemistry: Strategies, Tools, and Laboratory Experiment*. Thompson Brooks& Cole. pp. 115-119.
- Hjeresen, D,L, Schutt, D.L, and Boese, J.M. 2000. *Green Chemistry and Education*. Journal of Chemical Education. Vo.77. No. 1543-1550
- Hutchison, S.M. 2000. *Process used to develop and teach greener laboratory procedures*. [J.chem. Ed.2000.77, 1627-1629](http://www.jchem.ed.2000.77.1627-1629).
- Ketzle, Mc. Thomson, J.E, Sullivan, Hutchison, R. 2004. *Green chemical processing in the teaching laboratory: A Convenient liquid CO₂ extraction of natural product*. Green Chem, 355-358.
- Liliasari. 2007. *Science Concepts and Generic Science Skills Relationship in the 21st Century Science Education*. Paper presented in International Seminar. UPI Bandung, 27 October 2007.
- Ryan, M.A, and Timmesand, M. 2003. *Introduction to Green Chemistry: Instructional Activities for Introductory Chemistry*. Washington: American Chemical Society tersedia: www.chemistry.org/education/chemmatters.html
- Rustaman, N.Y. 2007. *Kemampuan Dasar Ilmiah dalam Pendidikan Sains dan Asessmenya*. Makalah disampaikan pada seminar internasional di UPI Bandung, tanggal 27 Oktober 2007.
- Sudarmin. 2007. *Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Organik dan Ke-terampilan Generik Sains (MPKOKG) Bagi Calon Guru Kimia*. Disertasi S-3 Pendidikan IPA. Sekolah Pascasarjan UPI Bandung.
- Vanasupa, L. And Splitt, F.G. 2005. *Curricular for A Sustainable Future: A pro-posal for integrating enviroment concept into our curricula*. On line: www.calpoly.edu/~vanasupa.paper. Diakses tanggal 10 Nopember 2007.