

GREEN CHEMISTRY PRACTICUM TO IMPROVE STUDENT LEARNING OUTCOMES OF REACTION RATE TOPIC

I Wayan Redhana¹ dan Luh Maharani Merta²

¹FMIPA Universitas Pendidikan Ganesha

²SMAN 4 Singaraja Bali

Email: redhana.undiksha@gmail.com

Abstract: This research investigates the effect of the method of green chemistry practicum on student learning outcomes. The study used a quasi-experimental research with non-equivalent pre-test post-test control group design. The population of the study was all students of mathematics and natural sciences of senior high schools in Bali Province. For the aim of the study, the research took two parallel classes, consisting of 40 students each, from one of the senior high schools. One class as a control group was taught by a method of conventional chemistry practicum and another as an experimental group was taught by a method of green chemistry practicum. The results show that the method of the green chemistry practicum is more effective than that of the conventional practicum in improving student learning outcomes.

Keywords: green chemistry practicum, conventional chemistry practicum, learning outcomes, reaction rate

METODE PRAKTIKUM KIMIA HIJAU UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA PADA TOPIK LAJU REAKSI

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menyelidiki pengaruh metode praktikum kimia hijau terhadap hasil belajar siswa. Penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen semu dengan *non-equivalent pre-test post-test control group design*. Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa SMA di Provinsi Bali. Untuk keperluan penelitian ini, diperlukan dua kelas paralel dari salah satu SMA yang ada di provinsi Bali. Pada penelitian ini, masing-masing kelas terdiri atas 40 orang siswa. Salah satu kelas sebagai kelompok kontrol yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional dan satu kelas yang lain sebagai kelompok eksperimen yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode praktikum kimia hijau lebih efektif daripada metode praktikum konvensional dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Kata Kunci: praktikum kimia hijau, praktikum kimia konvensional, hasil belajar, laju reaksi

PENDAHULUAN

Kimia merupakan ilmu yang termasuk rumpun IPA. Karakteristik kimia ada pada objek ilmu kimia, cara

memperoleh, dan kegunaannya. Kimia merupakan ilmu yang pada awalnya diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif),

namun pada perkembangan selanjutnya kimia juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif) (Depdiknas, 2006: 459). Kimia adalah ilmu yang mencari jawaban atas pertanyaan apa, mengapa, dan bagaimana gejala-gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat zat; transformasi antara sejumlah zat melalui reaksi; dan perubahan energi yang menyertai reaksi (Houston, 2001: xiii).

Kimia tidak dapat dilepaskan dari kegiatan praktikum. Praktikum ini umumnya digunakan untuk memverifikasi prinsip-prinsip, teori-teori, atau hukum-hukum yang dipelajari (Dogru, Gencosman, & Alaalkin, 2011: 17). Namun, belakangan seiring dengan tuntutan kurikulum yang menekankan pada pembelajaran yang berpusat pada siswa, praktikum diterapkan pada awal pembelajaran. Hal ini dimaksudkan agar siswa mengumpulkan data atau informasi melalui praktikum. Data atau informasi yang telah dikumpulkan ini kemudian dielaborasi. Melalui praktikum ini, siswa dapat mengkonstruksi pengetahuan. Dengan demikian, siswa dapat memahami prinsip-prinsip, teori-teori, atau hukum-hukum dengan baik. Penemuan prinsip-prinsip, teori-teori, atau hukum-hukum melalui praktikum menyebabkan siswa mengingat pengetahuan yang dipelajari lebih lama (Domin, 2007: 140).

Praktikum yang dilakukan oleh hampir semua sekolah, khususnya SMA, adalah metode praktikum kimia konvensional. Praktikum ini menggunakan prosedur yang umumnya ditemukan dalam buku-buku teks dan menggunakan bahan-bahan kimia sintetik produk industri. Praktikum ini menggunakan prinsip-prinsip reaksi kimia, seperti terbentuknya endapan, terjadinya perubahan warna, terbentuknya gas, atau terjadinya perubahan suhu.

Pada metode praktikum kimia konvensional untuk memverifikasi berlakunya hukum kekekalan massa (hukum Lavoisier), bahan-bahan yang digunakan adalah larutan timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dan larutan kalium iodida (KI). Pada praktikum ini, timbal nitrat direaksikan dengan larutan kalium iodida sehingga dihasilkan endapan timbal iodida (PbI_2) sebagai ciri dari reaksi telah berlangsung. Massa larutan timbal nitrat dan larutan kalium iodida sebelum reaksi ditimbang. Massa zat setelah reaksi, PbI_2 dan KNO_3 , juga ditimbang. Jika massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat setelah reaksi, maka pada reaksi antara larutan timbal nitrat dan larutan kalium iodida berlaku hukum kekekalan massa.

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam metode praktikum kimia konvensional berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Siswa dan guru-guru kimia sebagai pelaku utama metode praktikum kimia

konvensional, juga tidak bisa terbebas dari bahaya yang dapat ditimbulkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia. Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang digunakan dalam praktikum hukum kekekalan massa mengandung logam berat timbal. Jika logam berat ini sampai masuk ke dalam tubuh manusia (termasuk siswa dan guru), logam ini dapat toksik terhadap sistem reproduksi, sistem saraf pusat, sistem saraf tepi, darah dan ginjal (ScienceLab.com, 2013b: 1). Sementara itu, larutan KI toksik terhadap kelenjar tiroid (ScienceLab.com, 2013c: 1).

Hampir semua laboratorium kimia SMA tidak memiliki lemari asap. Lemari asap ini digunakan untuk mentransfer larutan yang menghasilkan uap atau gas beracun. Selain itu, lemari asap juga digunakan untuk melangsungkan reaksi-reaksi kimia yang menghasilkan gas-gas beracun. Lemari asap memiliki cerobong yang menuju ke atmosfer untuk membuang uap atau gas-gas beracun. Pada corong lemari asap dipasang kipas (*blower*) untuk menyedot uap atau gas beracun yang dihasilkan dari reaksi-reaksi kimia atau larutan yang mudah menguap.

Limbah yang dihasilkan dari metode praktikum kimia konvensional tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan karena umumnya sekolah tidak memiliki sistem pengolahan limbah khusus. Akibatnya, limbah kimia ini akan

masuk ke saluran air bawah tanah. Limbah ini bergabung dengan saluran air bawah tanah dan muncul sebagai sumber atau mata air. Sumber atau mata air inilah yang digunakan sebagai sumber air minum oleh penduduk. Dengan demikian, limbah kimia ini akan memasuki tubuh makhluk hidup, termasuk manusia. Selain itu, limbah kimia ini akan diserap oleh akar-akar tanaman dan akan diakumulasikan di dalam tubuh tanaman. Melalui sistem rantai dan jaring-jaring makanan, limbah ini akan memasuki tubuh hewan sebagai konsumen, termasuk manusia.

Limbah kimia yang dibuang ke lingkungan ini menyebabkan lingkungan mengalami pencemaran. Tanah, air, dan udara akan tercemar oleh limbah kimia berbahaya. Tercemarnya lingkungan ini menyebabkan biota yang ada di lingkungan mengalami kematian dan beberapa flora dan fauna akan punah. Air bersih dan udara bersih tidak ditemukan lagi, demikian juga dengan tanah. Akibatnya, lingkungan menjadi tidak lestari. Lingkungan yang tidak lestari ini menyebabkan generasi mendatang tidak dapat memenuhi kebutuhan hidupnya (Kerr, 2007: 96; Ravichandran, 2011: 130). Dengan kata lain, pembangunan berkelanjutan tidak dapat dicapai.

Untuk mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia yang digunakan dalam metode praktikum kimia konvensional

terhadap manusia dan lingkungan, penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya ini harus dikurangi atau diganti. Penggantian bahan-bahan kimia berbahaya ini dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan kimia ramah lingkungan. Penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan dalam metode praktikum kimia ini disebut sebagai metode praktikum kimia hijau atau metode praktikum kimia ramah lingkungan. Contoh penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau adalah tablet vitamin C, iodium tincture, tepung kanji, dan hati ayam.

Penggunaan bahan-bahan kimia ramah lingkungan dalam metode praktikum kimia hijau tidak mengurangi pembuktian prinsip-prinsip, teori-teori, atau hukum-hukum kimia melalui praktikum. Semua reaksi yang berlangsung dalam metode praktikum kimia hijau dapat berlangsung dengan baik dan gejalanya dapat diamati dengan mudah. Pengamatan terhadap gejala yang muncul, seperti terbentuknya endapan, perubahan warna, perubahan kalor, atau timbulnya gas, merupakan indikasi dari berlangsungnya suatu reaksi kimia.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan metode praktikum kimia hijau dan metode praktikum kimia konvensional dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

Kedua metode praktikum kimia ini diterapkan pada topik laju reaksi. Laju reaksi merupakan salah satu topik kimia yang menuntut pelaksanaan praktikum. Ada empat judul praktikum kimia pada topik laju reaksi yang dituntut dalam kurikulum kimia, yaitu (1) pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, (2) pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, (3) pengaruh suhu terhadap laju reaksi, dan (4) pengaruh katalis terhadap laju reaksi. Dengan jumlah judul praktikum yang cukup banyak ini, jumlah limbah yang dihasilkanpun juga cukup banyak. Penggantian bahan-bahan kimia berbahaya dengan bahan-bahan ramah lingkungan pada praktikum laju reaksi ini, selain dapat mencegah bahaya yang dapat ditimbulkan bagi siswa dan guru-guru kimia selama praktikum, juga dapat mencegah pembuangan limbah berbahaya ke lingkungan. Dengan demikian, lingkungan akan tetap lestari (berkelanjutan) (Kerr, 2007: 96; Ravichandran, 2011: 130).

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen semu dengan rancangan *nonequivalent pre-test post-test control group design*. Populasi penelitian ini adalah seluruh siswa kelas MIA SMA yang ada di Provinsi Bali. Untuk keperluan penelitian diperlukan dua kelas paralel. Dengan teknik penarikan sampel secara kluster, diperoleh dua kelas XI MIA dari salah satu SMA yang ada di provinsi Bali.

Jumlah siswa pada masing-masing kelas sebanyak 40 orang. Dari dua kelas sebagai sampel penelitian, salah satu sebagai kelompok kontrol yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional, dan kelas lainnya sebagai kelompok eksperimen yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau. Kedua kelompok diajar dengan model pembelajaran yang sama, yaitu model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) pada topik laju reaksi. Alasan pemilihan model pembelajaran ini karena secara bertahap pemerintah akan menerapkan Kurikulum 2013 di seluruh sekolah wilayah Indonesia. Model pembelajaran penemuan (*discovery learning model*) merupakan salah satu model pembelajaran yang direkomendasikan dalam Kurikulum 2013. Pada penelitian ini, yang dibedakan adalah metode praktikum, bukan model pembelajaran.

Rancangan penelitian ini menggunakan tiga variabel, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kovariat. Variabel bebas pada penelitian ini adalah metode praktikum kimia yang terdiri atas dua level, yaitu metode praktikum kimia hijau dan metode praktikum kimia konvensional. Variabel terikat pada penelitian ini adalah hasil belajar siswa dan variabel kovariat adalah pengetahuan awal siswa (pra-tes).

Data utama pada penelitian ini adalah data skor pra-tes dan pasca-tes. Data skor pra-tes adalah data hasil tes

tengah semester. Tes tengah semester terdiri atas 27 soal isian singkat. Sementara itu, data skor pasca-tes berupa tes pilihan ganda dengan jumlah soal sebanyak 40 butir.

Perangkat pembelajaran pada penelitian ini terdiri atas Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang dilengkapi dengan Lembar Kerja Siswa (LKS). RPP dibuat untuk lima kali pertemuan di luar waktu pra-tes dan pasca-tes. Masing-masing pertemuan berlangsung selama 90 menit. Pelaksanaan metode praktikum terintegrasi dengan model pembelajaran penemuan. Tahapan pembelajaran terdiri atas kegiatan awal, inti, dan penutup. Kegiatan awal meliputi pemberian motivasi, apersepsi, penyampaian tujuan pembelajaran, cakupan materi dan sistem penilaian. Kegiatan inti meliputi tahap pemberian simulasi, pembuatan pernyataan masalah, pengumpulan data, verifikasi, dan generalisasi. Penerapan metode praktikum kimia konvensional pada kelompok kontrol dan metode praktikum kimia hijau pada kelompok eksperimen dilakukan pada tahap pengumpulan data dalam model pembelajaran penemuan. Metode praktikum konvensional dan metode praktikum kimia hijau hanya dibedakan dari bahan-bahan dan prosedur yang digunakan. Topik praktikum kimia adalah laju reaksi yang meliputi subtopik pengaruh luas permukaan, konsentrasi, suhu dan katalis terhadap laju reaksi.

Pada pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia konvensional adalah (1) potonglah pita logam magnesium dengan panjang 1 cm; (2) siapkan 5 mL larutan HCl 1 M dan masukkan ke dalam tabung reaksi pertama; (3) masukkan pita logam magnesium ke dalam 5 mL larutan HCl 1 M yang terdapat dalam tabung reaksi pertama; (4) ukur waktu reaksi (sampai pita logam magnesium habis bereaksi); dan (5) ulangi langkah (1)-(4) dengan menggunakan pita logam magnesium dengan panjang 1 cm yang kemudian pita logam magnesium tersebut di potong kecil-kecil. Pada pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia hijau adalah (1) sediakan 2 buah gelas kimia 100 mL; (2) ukur sebanyak 50 mL air kemudian masukkan ke dalam masing-masing gelas kimia; (3) masukkan satu tablet *efervesen* ke dalam gelas kimia pertama dan catat lama waktu reaksi; dan (4) gerus satu tablet *efervesen* menggunakan lumpang dan alu, kemudian masukkan ke dalam gelas kimia kedua dan catat lama waktu reaksi.

Pada pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia konvensional adalah (1) masukkan 5 mL larutan HCl 1 M ke dalam tabung reaksi pertama, 5 mL larutan HCl 2 M ke dalam tabung reaksi kedua, dan 5 mL larutan HCl 3 M ke dalam tabung reaksi ketiga; (2) masukkan pita logam magnesium yang

sama panjangnya ke dalam masing-masing tabung reaksi (gunakanlah pita logam magnesium dengan panjang 1 cm); dan (3) catatlah waktu reaksi mulai dari saat memasukkan pita logam magnesium sampai dengan pita logam magnesium habis bereaksi. Pada pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia hijau adalah (1) buat larutan stok vitamin C dengan menggerus 1000 mg tabel vitamin C dan larutkan dalam 60 mL akuades dan beri label sebagai larutan stok vitamin C; (2) ambillah 5 mL larutan stok vitamin C dan campurkan dengan 5 mL larutan iodium, kemudian tambahkan lagi dengan 15 mL aquades (beri label A pada larutan tersebut); (3) siapkan larutan B dengan menambahkan 15 mL aquades ke dalam 15 mL larutan hidrogen peroksida 3% dan 3 mL larutan kanji; (4) tuangkanlah larutan A ke dalam larutan B; (5) mulailah catat waktu segera setelah kedua larutan tercampur sampai ada perubahan warna; dan (6) ulangi percobaan dari prosedur nomor (1)-(4) dengan menggunakan 30 mL aquades ketika menyiapkan larutan A dan B.

Pada pengaruh suhu terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia konvensional adalah (1) masukkan ke dalam masing-masing gelas kimia 1, 2, dan 3 sebanyak 20 mL larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,2 M; (2) panaskan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dalam gelas kimia nomor 1 pada suhu 30 °C, gelas kimia nomor 2 pada suhu 40 °C, dan gelas kimia

nomor 3 pada suhu 50 °C; (3) letakkan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ di atas kertas yang telah diberi tanda silang; (4) masukkan 10 mL larutan HCl 2 M ke dalam masing-masing gelas kimia; dan (5) catat waktu reaksi mulai saat HCl dimasukkan sampai tanda silang pada kertas tidak terlihat lagi. Pada pengaruh suhu terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia hijau adalah (1) ambil 5 mL larutan vitamin C dan campurkan dengan 5 mL larutan iodium, kemudian tambahkan lagi dengan 30 mL aquades. Beri label A pada larutan tersebut; (2) siapkan larutan B dengan menambahkan 30 mL aquades ke dalam 15 mL larutan hidrogen peroksida 3% dan 3 mL larutan kanji; (3) tempatkan larutan A dan B di dalam penangas es sampai suhu 15 °C; (3) setelah didinginkan, tuangkan larutan A ke dalam larutan B; (4) mulailah catat waktu segera setelah kedua larutan bercampur sampai ada perubahan warna; dan (5) ulangi percobaan dari prosedur nomor (1)-(5), namun pada prosedur nomor (3) gantilah suhu 15 °C dengan suhu 30 °C.

Pada pengaruh katalis terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia konvensional adalah (1) siapkan 3 gelas kimia, kemudian masukkan 25 mL larutan H_2O_2 5 % ke dalam masing-masing gelas kimia; (2) tambahkan 10 tetes larutan NaCl 0,1 M dalam gelas kimia nomor 2; (3) tambahkan 10 tetes larutan FeCl_3 0,1 M dalam gelas kimia nomor 3; dan (4)

amati gelembung yang terjadi dan catatlah waktu yang diperlukan. Pada pengaruh katalis terhadap laju reaksi, prosedur praktikum kimia hijau adalah (1) siapkan 2 buah gelas kimia, kemudian masukkan 25 mL larutan H_2O_2 3% ke dalam masing-masing gelas kimia; (2) tambahkan 5 mL ekstrak hati ayam ke dalam gelas kimia nomor 1, sedangkan dalam gelas kimia nomor 2 tanpa ditambahkan ekstrak hati ayam; dan (3) amati gelembung yang terjadi dan catat waktu terbentuknya gelembung.

Sementara itu, instrumen penelitian yang digunakan berupa tes hasil belajar. Sebelum digunakan, tes hasil belajar divalidasi terlebih dahulu oleh dua orang ahli (dosen) dan seorang praktisi (guru) mengenai isi, bahasa, dan desain. Tes hasil belajar yang telah divalidasi oleh ahli dan praktisi ini diuji coba untuk menentukan validitas, daya pembeda, dan tingkat kesukaran butir soal serta reliabilitas tes. Uji coba tes hasil belajar dilakukan kepada 93 orang siswa di sekolah yang sama, namun di kelas XII. Analisis butir tes menggunakan program *microsoft excel*. Kategori validitas, daya pembeda, dan tingkat kesukaran butir soal serta reliabilitas tes menggunakan kriteria yang dikembangkan oleh Measurement and Evaluation Center (2003: 1-2). Analisis butir tes menghasilkan bahwa keempat puluh butir soal yang diuji coba semuanya valid (nilai r-hitung berkisar antara

0,24 sampai 0,80) dan reliabel dengan nilai r sebesar 0,92 (reliabilitas sangat tinggi). Sementara itu, untuk daya pembeda butir soal, rinciannya adalah 7 soal tergolong kategori sedang, 22 soal tergolong kategori baik, dan 11 soal tergolong kategori sangat baik. Untuk tingkat kesukaran soal, rinciannya adalah 5 soal tergolong kategori mudah, 31 soal tergolong kategori sedang, dan 4 soal tergolong kategori sukar. Terhadap butir soal yang tergolong kategori mudah dan sukar, butir soal yang bersangkutan direvisi hanya berkaitan dengan redaksi.

Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa data kuantitatif, yaitu skor pra-tes dan skor pasca-tes. Hipotesis *null* yang diuji (dengan α 0,05) adalah tidak ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional. Hipotesis ini diuji dengan statistik analisis kovarian (Anakova). Variabel kovariat, bebas, dan terikat berturut-turut adalah pengetahuan awal siswa (hasil pra-tes), metode praktikum, dan hasil belajar siswa (hasil pasca-tes). Sebelum pengujian hipotesis, pengujian asumsi perlu dilakukan, meliputi uji normalitas data, uji homogenitas varians, uji linieritas, dan uji homogenitas kemiringan garis

regresi.

HASIL

Hasil Penelitian

Analisis Deskriptif

Hasil penelitian yang berupa statistik pra-tes dan pasca-tes pada masing-masing kelompok dapat dibagi menjadi empat kategori, yaitu, statistik pra-tes kelompok eksperimen, statistik pasca-tes kelompok eksperimen, statistik pra-tes kelompok kontrol, dan statistik pasca-tes kelompok kontrol. Keempat kategori statistik ini disajikan dalam Tabel 1.

Uji Asumsi

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis dengan statistik Anakova, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi. Uji asumsi tersebut meliputi uji normalitas data, uji homogenitas varians, uji linieritas, serta uji homogenitas kemiringan garis regresi.

Uji normalitas sebaran skor dilakukan dengan menggunakan statistik Kolmogorov-Smirnov dan/atau Shapiro-Wilk (Tabel 2). Berdasarkan Tabel 2, seluruh hasil uji skor pra-tes dan pasca-tes pada masing-masing kelompok berdistribusi normal. Hal ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi hasil uji statistik Kolmogorov-Smirnov dan/atau Shapiro-Wilk semuanya lebih dari dari 0,05.

Tabel 1. Statistik pra-tes dan pasca-tes untuk kelompok kontrol dan eksperimen

Tes	Kelompok	Statistik	Nilai
Pra-tes	Kontrol	Mean	48,460
		Median	49,170
		Std. Deviation	16,709
	Eksperimen	Mean	49,872
		Median	50,000
		Std. Deviation	16,410
Pasca-tes	Kontrol	Mean	82,562
		Median	82,500
		Std. Deviation	4,330
	Eksperimen	Mean	88,000
		Median	87,500
		Variance	15,769
		Std. Deviation	3,971

Tabel 2. Hasil uji normalitas skor pra-tes dan pasca-tes

Tes	Kelompok	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Pra-tes	Kontrol	0,110	40	0,200	0,952	40	0,088
	Eksperimen	0,131	40	0,079	0,957	40	0,128
Pasca-tes	Kontrol	0,131	40	0,083	0,948	40	0,065
	Eksperimen	0,125	40	0,116	0,955	40	0,113

Uji homogenitas varians dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kesamaan varians antarkelompok. Uji homogenitas varians menggunakan *Levene's test*. Tabel 3 menunjukkan

bahwa nilai signifikansi keseluruhan data pada kelompok kontrol dan eksperimen lebih dari 0,05. Ini mengklarifikasi bahwa varians antarkelompok adalah homogen.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas data

Tes	Deskripsi	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Pra-tes	Based on Mean	0,222	1	78	0,639
	Based on Median	0,174	1	78	0,677
	Based on Median and with adjusted df	0,174	1	77,469	0,677
	Based on trimmed mean	0,203	1	78	0,654
Pasca-tes	Based on Mean	0,218	1	78	0,642
	Based on Median	0,309	1	78	0,580
	Based on Median and with adjusted df	0,309	1	77,812	0,580
	Based on trimmed mean	0,207	1	78	0,650

Tabel 4. Hasil uji linieritas

Kelompok	Kriteria	Nilai Statistik					
		<i>Sum of Squares</i>	df	<i>Mean Square</i>	F	Sig.	
Kontrol	Between (Combined)	474,844	25	18,994	1,038	0,487	
	Groups	Linearity	88,355	1	88,355	4,827	0,045
		Deviation from Linearity	386,489	24	16,104	0,880	0,621
Eksperimen	Between (Combined)	498,958	33	15,120	1,062	0,521	
	Groups	Linearity	0,357	1	0,357	0,025	0,000
		Deviation from Linearity	498,601	32	15,581	1,094	0,502

Uji homogenitas kemiringan garis regresi dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh pra-tes atau pengetahuan awal siswa terhadap pasca-tes atau hasil belajar siswa. Uji ini dilakukan dengan menggunakan analisis varians. Hasil uji homogenitas

kemiringan garis regresi ini disajikan dalam Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, nilai signifikansi pada baris metode*pra-tes lebih dari 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa variabel kovariat (pra-tes) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap pasca-tes atau hasil

belajar siswa.

Tabel 5. Hasil uji homogenitas kemiringan garis regresi

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Metode	196,241	1	196,241	11,859	0,001
Pra-tes	40,369	1	40,369	2,440	0,122
Medode*pra-tes	45,943	1	45,943	2,776	0,100

Uji Hipotesis

Dengan telah dipenuhinya uji asumsi, uji hipotesis menggunakan statistik Anakova dapat dilanjutkan. Ringkasan hasil uji hipotesis menggunakan statistik Anakova dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Uji hipotesis

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Pra-tes	42,518	1	42,518	2,511	0,117
Metode	577,954	1	577,954	34,13 ₉	0,000

Berdasarkan Tabel 6, nilai signifikansi pada baris pra-tes lebih dari 0,05, yaitu 0,117, yang artinya variabel kovariat tidak berpengaruh secara signifikan terhadap hasil belajar siswa. Sementara itu, nilai signifikansi pada baris metode kurang dari 0,05, yaitu 0,000. Ini berarti bahwa:

H_0 : tidak ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional **ditolak**, atau

H_a : ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional **diterima**.

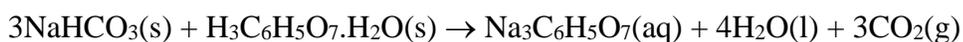
Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional. Dari skor rata-rata hasil belajar siswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Tabel 1) dapat ditarik

simpulan bahwa metode praktikum kimia hijau lebih efektif daripada metode praktikum kimia konvensional dalam meningkatkan hasil belajar siswa.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji Anakova, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional pada topik laju reaksi (Tabel 6). Dari skor rata-rata hasil belajar siswa (Tabel 1) dapat diketahui bahwa hasil belajar siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau lebih efektif daripada hasil belajar siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut.

Pertama, siswa merasa lebih aman bekerja dengan bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau dibandingkan dengan bahan-bahan kimia yang digunakan dalam metode praktikum kimia konvensional. Hal ini disebabkan oleh



Sementara itu, reaksi antara NaHCO_3 dan asam tartrat adalah



Ukuran tablet *efervesen* (tablet utuh dan butiran kecil dengan masa yang sama) berpengaruh pada kecepatan melarutnya tablet. Kecepatan melarutnya tablet ini dapat

bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau adalah bahan-bahan sering mereka gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, prinsip reaksi kimia dan gejala yang yang diamati selama reaksi berlangsung tidak berbeda antara metode praktikum kimia hijau dan metode praktikum kimia konvensional.

Pada metode praktikum kimia hijau yang mempelajari pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan adalah tablet *efervesen* dan air. Tablet *efervesen* dan air sering dikonsumsi oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari sehingga kedua bahan-bahan ini aman digunakan oleh siswa. Tablet *efervesen* dikonsumsi karena kandungan vitamin C-nya. Tablet *efervesen* adalah tablet yang mengandung natrium bikarbonat (NaHCO_3), asam sitrat atau asam tartrat, dan vitamin C. Kandungan yang penting dari tablet *efervesen* ini dalam konteks pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi adalah kandungan NaHCO_3 dan asam sitrat atau asam tartrat, bukan kandungan vitamin C-nya. Reaksi antara NaHCO_3 dan asam sitrat adalah

diketahui dari kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas, yaitu gas CO_2 . Kecepatan melarutnya berdasarkan ukuran tablet ini merupakan juga kecepatan reaksi yang

berlangsung antara NaHCO_3 dan asam sitrat atau antara NaHCO_3 dan asam tartrat.

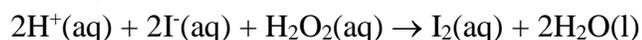
Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap laju reaksi pada metode praktikum kimia hijau, bahan-bahan yang digunakan adalah tablet vitamin C (asam askorbat), larutan H_2O_2 3%, iodium *tincture*, pati, dan air (Wright, 2002: 40A). Tablet vitamin C sering

dikonsumsi untuk mengurangi sariawan. Iodium *tincture* digunakan sebagai obat luka. Pati digunakan sebagai bahan makanan sumber karbohidrat. Sementara itu, larutan H_2O_2 3% digunakan sebagai obat antiseptik.

Pada praktikum ini “larutan A” yang mengandung mengandung vitamin C, I_2 , dan air di buat. Reaksi yang terjadi dalam “larutan A” adalah



Demikian juga, “larutan B” yang mengandung larutan H_2O_2 3% dan pati dibuat. Pada pencampuran antara



$\text{I}_2(\text{aq})$ yang terbentuk pada reaksi kedua segera bereaksi dengan amilum membentuk kompleks berwarna biru kehitaman (Wright, 2002: 40A). Kecepatan reaksi ditentukan oleh kecepatan terbentuknya kompleks berwarna biru tua.

Pada pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi ini dalam metode praktikum kimia hijau, konsentrasi diubah dengan mengatur volume air yang digunakan pada pembuatan “larutan A” dan “larutan B.” Reaktan dengan konsentrasi yang lebih tinggi menghasilkan laju reaksi yang lebih cepat yang ditandai oleh kecepatan pembentukan kompleks berwarna biru tua.

Pada pengaruh suhu terhadap laju reaksi dalam metode praktikum kimia hijau, variabel yang diubah adalah

“larutan A” dan “larutan B,” reaksi yang terjadi adalah

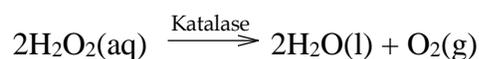
suhu reaksi. Reaksi dilaksanakan pada beberapa suhu, yaitu 15 °C, 25 °C, dan 40 °C. Hasil yang diperoleh adalah makin tinggi suhu reaksi, laju reaksi makin cepat.

Bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau tidak saja aman bagi siswa, tetapi juga ramah terhadap lingkungan (Singh, Singh, & Singh, 2014: 5). Limbah yang dihasilkan dari metode praktikum kimia hijau diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan sehingga tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Dengan demikian, lingkungan akan dapat dijaga kelestariannya (Kerr, 2007: 96; Ravichandran, 2011: 130).

Pada metode praktikum kimia hijau untuk mempelajari pengaruh

katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan adalah larutan H₂O₂ 3% dan hati ayam. Hati ayam sering dikonsumsi oleh masyarakat sebagai sumber lemak dan protein. Akan tetapi, pada metode praktikum kimia hijau ini yang dipentingkan

adalah enzim katalase yang terdapat dalam hati ayam. Enzim katalase ini membantu penguraian H₂O₂ menjadi H₂O dan O₂. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut (Kimbrough, Magoun, & Langfur, 1997: 210).

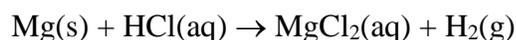


Di pihak lain, pada metode praktikum kimia konvensional, bahan-bahan kimia yang digunakan adalah bahan-bahan kimia sintetik produksi industri. Bahan-bahan kimia ini berbahaya bagi makhluk hidup. Selain itu, bahan-bahan kimia ini sulit diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan sehingga bahan-bahan ini dapat mencemari lingkungan.

Pada metode praktikum kimia konvensional untuk mempelajari pengaruh luas permukaan dan

konsentrasi, bahan-bahan yang digunakan adalah pita magnesium dan larutan HCl. Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh logam magnesium adalah iritasi pada mata, kulit, paru-paru, dan bahkan dapat merusak saluran pencernaan (ScienceLab.com, 2013f: 1). Sementara itu, larutan HCl toksik terhadap ginjal, hati, membran mukus, saluran pernafasan atas, kulit, mata, sistem peredaran darah, dan mata (ScienceLab.com, 2013a: 1).

Reaksi yang terjadi antara logam magnesium dan larutan HCl adalah



Kecepatan reaksi ditentukan oleh kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas hidrogen. Kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas hidrogen ini dipengaruhi oleh ukuran pita logam magnesium pada pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi. Makin kecil ukuran pita logam magnesium untuk massa logam magnesium yang sama, gelembung-gelembung gas hidrogen yang terbentuk makin cepat atau laju reaksi

makin cepat. Di pihak lain, pada pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas hidrogen dipengaruhi oleh konsentrasi larutan HCl. Makin tinggi konsentrasi larutan HCl, kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas hidrogen makin cepat atau laju reaksi makin cepat.

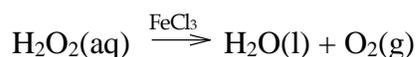
Pada metode praktikum kimia konvensional untuk mempelajari

pengaruh suhu terhadap laju reaksi, bahan-bahan kimia yang digunakan adalah larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan larutan HCl . Kedua larutan ini merupakan bahan-bahan kimia sintetik berbahaya. Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sangat toksik terhadap paru-paru dan membran mukus (ScienceLab.com, 2013e: 1).



Kecepatan terbentuknya endapan berwarna kuning ini dipengaruhi oleh suhu reaksi. Makin tinggi reaksi kecepatan terbentuknya endapan berwarna kuning makin cepat.

Pada metode praktikum kimia konvensional untuk mempelajari pengaruh katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan adalah larutan H_2O_2 dan larutan FeCl_3 . Larutan FeCl_3 merupakan logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup.



Kedua, penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan dalam metode praktikum kimia hijau dapat meningkatkan rasa ingin tahu siswa karena siswa bekerja dengan bahan-bahan yang baru bagi mereka. Peningkatan rasa ingin tahu ini juga dipicu oleh tidak adanya reaksi-reaksi kimia yang mereka temukan dalam buku-buku pelajaran yang digunakan di sekolah. Mereka berusaha mencari reaksi-reaksi yang terjadi dari bahan-bahan praktikum kimia hijau dengan menelusuri artikel-artikel di internet. Hasil penelusuran mereka

Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan HCl digunakan pada praktikum ini karena reaksi dari kedua zat ini menghasilkan perubahan warna, yaitu terbentuknya endapan berwarna kuning yang berupa kekeruhan dari belerang. Reaksi yang terjadi adalah

Larutan FeCl_3 toksik terhadap paru-paru dan membran mukus (ScienceLab.com, 2013d: 1).

Pada praktikum ini, larutan FeCl_3 digunakan sebagai katalis yang mempercepat penguraian larutan H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 . Di pihak lain, penguraian larutan H_2O_2 tanpa penggunaan katalis berlangsung sangat lambat. Reaksi penguraian larutan H_2O_2 oleh katalis FeCl_3 adalah sebagai berikut.

menunjukkan bahwa prinsip-prinsip dan gejala-gejala reaksi yang terjadi pada metode praktikum kimia hijau dan metode praktikum kimia konvensional secara umum sama, seperti munculnya gas dan terjadinya perubahan warna.

Berikut ini adalah pendapat siswa terhadap penggunaan bahan-bahan ramah lingkungan dalam metode praktikum kimia hijau.

“Dengan menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan, saya semakin termotivasi karena rasa ingin tahu saya untuk mencoba praktikum semakin

besar. Tidak hanya itu, kegiatan praktikum dengan bahan-bahan yang mudah didapat, harga terjangkau, dan aman membantu saya untuk mencoba kembali praktikum laju reaksi di luar kegiatan sekolah.”

Dengan meningkatnya rasa ingin tahu siswa terhadap reaksi-reaksi pada metode praktikum kimia hijau, motivasi belajar siswa juga meningkat. Peningkatan motivasi belajar melalui metode praktikum kimia hijau ini juga dilaporkan oleh Karpudewan, Ismail, dan Mohamed (2011: 45).

Peningkatan motivasi belajar ini sangat penting dalam pendidikan. Dengan motivasi belajar yang tinggi, siswa berusaha mempelajari materi kimia dan mananyakan masalah-masalah kimia yang dihadapi dengan lebih giat. Hal inilah yang mendorong siswa menguasai materi kimia dengan lebih efektif. Penguasaan materi kimia ini merupakan cerminan dari hasil belajar siswa.

Penerapan metode praktikum kimia hijau juga memberikan sejumlah keuntungan. Pertama, bahan-bahan ramah lingkungan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau sangat aman bagi siswa dan limbah hasil praktikum tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Hal ini didukung oleh komentar siswa sesaat setelah mereka melaksanakan kegiatan praktikum.

“Saya merasa lebih nyaman bekerja dengan bahan-bahan

yang digunakan dalam praktikum kimia hijau karena bahan-bahannya aman dan ramah terhadap lingkungan.”

Berbeda halnya dengan pendapat siswa yang melaksanakan metode praktikum kimia konvensional. Mereka menyatakan bahwa

“Saya merasa tidak aman dalam kegiatan praktikum karena saya sudah pernah merasakan saat praktikum berlangsung, bahan-bahan kimia tersebut mengenai tangan saya dan rasanya gatal dan panas.”

Kedua, keberadaan bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau sangat melimpah, mudah diperoleh, dan harganya sangat murah. Hal ini mengakibatkan kegiatan praktikum kimia dapat dilakukan oleh hampir semua sekolah, walaupun sekolah tidak memiliki laboratorium kimia, bahan-bahan kimia, dan alat-alat laboratorium kimia. Tablet *efervesen* yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau untuk mempelajari pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi dapat dibeli bebas di toko-toko. Bandingkan dengan metode praktikum kimia konvensional yang menggunakan bahan-bahan seperti pita magnesium dan larutan HCl. Kedua bahan ini sangat mahal dan hanya dapat dibeli di toko kimia dan itupun harus ada surat ijin. Dengan kata lain, bahan-bahan kimia tidak dijual bebas untuk umum. Untuk

praktikum pengaruh katalis terhadap laju reaksi pada metode praktikum kimia konvensional, katalis yang digunakan FeCl_3 , sedangkan pada praktikum kimia hijau katalis bersumber dari hati ayam, yaitu enzim katalase. Sebagai perbandingan, harga FeCl_3 per lima gramnya sebesar Rp9.772,76 (Sigma-Aldrich, 2015: 1), sedangkan harga hati ayam per lima gramnya hanya sekitar Rp200,00. Dengan demikian, ada penghematan biaya praktikum.

Dengan mudahnya diperoleh bahan-bahan dalam metode praktikum kimia hijau, siswa dapat mencoba praktikum di rumah masing-masing dan dapat juga mengulangnya beberapa kali sehingga siswa dapat melakukan pengamatan terhadap proses praktikum dengan lebih cermat. Hal ini juga memotivasi siswa untuk belajar kimia.

Ketiga, metode praktikum kimia hijau juga dapat dilaksanakan dengan barang-barang gelas/plastik atau kaleng bekas. Hal ini disebabkan oleh bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau tidak bereaksi dengan alat-alat dari bahan plastik atau logam. Penggunaan barang-barang gelas/botol plastik atau kaleng bekas dapat mengurangi pembuangan limbah plastik ke lingkungan sehingga pencemaran tanah oleh barang-barang bekas plastik atau kaleng bekas dapat dikurangi. Penggunaan barang-barang gelas/botol

plastik atau kaleng bekas ini dapat menghemat anggaran praktikum kimia.

Pengembangan praktikum kimia hijau juga telah dilakukan sebelumnya pada pembuatan asetanilida, reaksi trans-stilbena, reaksi Diels-Alder, sintesis asam adipat, dan sintesis biodiesel (Chandrasekaran *et al*, 2009: 11-42). Travis *et al* (2003: 1032) juga telah berhasil menggunakan *oxone* (campuran KHSO_5 , KHSO_4 , dan K_2SO_4 dalam air) dalam dimetilformamida untuk reaksi oksidasi aldehyd aromatik menjadi asam karboksilat. Penggunaan *oxone* sebagai oksidator pada reaksi ini sangat menguntungkan karena reaksi berlangsung dalam air atau campuran air-etanol dan produk mengendap pada proses pendinginan sehingga mudah dipisahkan. Selanjutnya, Yamada, Torri, dan Uozumi (2009: 5) menggunakan *oxone* untuk siklisasi oksidatif alkenol. Beyond Benign (2014) telah berhasil “menghijaukan” praktikum kimia untuk topik-topik (1) asam-basa dan pH, (2) katalis dan oksigen, (3) entalpi pembakaran, (4) kesetimbangan/principle LeChatelier, (5) eksoterm dan endoterm, (6) uji nyala dan spektra emisi, (7) mol, atom, dan gram, (8) kelarutan, dan (9) sublimasi. Pada “penghijauan” praktikum pergeseran kesetimbangan kimia, Beyond Benign (2014) menggunakan bahan-bahan amilum, air teh, dan asam asetat.

Uraian di atas menjelaskan kepada kita betapa pentingnya

mengintegrasikan kimia hijau ke dalam praktikum kimia. Pentingnya penghijauan praktikum/ kurikulum kimia juga telah dilaporkan oleh beberapa ahli. Menurut Kerr (2007: 96), kimia hijau merupakan alat yang ampuh untuk menyiapkan siswa melakukan praktik-praktik yang menguntungkan bagi umat manusia dan lingkungan. Sementara itu, Braun *et al* (2006: 1126) menyatakan bahwa kimia hijau tidak dimaksudkan untuk menggantikan materi pembelajaran yang telah ada, melainkan mengajarkan dengan cara-cara yang baru, yaitu menggabungkan kimia hijau ke dalam materi kimia.

Integrasi kimia hijau ke dalam kurikulum kimia memberikan motivasi dan kesempatan kepada siswa untuk mengatasi, mengeksplorasi, dan menyenangkan sains sejak awal. Kurikulum ini menyediakan pemahaman tentang dampak sains secara luas, menjembatani kesenjangan antara kelas dan lingkungan global dan yang paling penting adalah membantu menyiapkan ahli-ahli kimia yang peduli terhadap kesehatan dan lingkungan di masa depan. Kimia hijau merupakan pilar bagi pembangunan berkelanjutan (Ravichandran, 2011: 129; Singh & Ravichandran, 2014: 147).

Penelitian-penelitian dalam upaya menghijaukan kurikulum kimia telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Deetlefs dan Seddon (2010: 20-27) telah melakukan asesmen

menggunakan strategi SWOT terhadap metodologi sintesis dan pemurnian sejumlah cairan ionik. Hasil asesmennya adalah sintesis dan pemurnian cairan ionik hidrofobik lebih hijau daripada cairan ionik hidofilik. Sementara itu, Montanes, Palomare, dan Sanches-Tovar (2012: 131-133) mengintegrasikan pembangunan berkelanjutan dalam pendidikan teknik kimia dengan sistem manajemen lingkungan. Di pihak lain, Burmeister, Rauch, dan Eilks (2012: 64-65) mengusulkan empat model untuk mengintegrasikan pembangunan berkelanjutan ke dalam pendidikan kimia, yaitu: (1) mengadopsi prinsip-prinsip kimia hijau ke dalam praktikum pendidikan kimia, (2) menambahkan strategi berkelanjutan sebagai konten pendidikan kimia, (3) menggunakan isu-isu berkelanjutan yang kontroversial untuk isu-isu sosio-sains, dan (4) pendidikan kimia sebagai bagian dari pengembangan sekolah. Galgano *et al.* (2012: 150) telah berhasil mengembangkan eksperimen pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan pada analisis bahan bakar. Karpudewan, Ismail, dan Roth (2012: 125) melaporkan bahwa pembelajaran kimia hijau tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep kimia siswa, tetapi juga motivasi belajar kimia dan sikap siswa terhadap lingkungan. Mandler *et al.* (2012: 89) menyelidiki perubahan sikap dan persepsi siswa terhadap isu-isu lingkungan pada topik kualitas air

minum dan efek rumah hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa mengalami perubahan yang signifikan dalam hal kesadarannya terhadap isu-isu lingkungan. Pembelajaran mempengaruhi persepsi hidup sehari-hari mereka tentang isu-isu lingkungan dan kesadarannya terhadap lingkungan meningkat.

Baik metode praktikum kimia hijau maupun metode praktikum kimia konvensional keduanya dapat mengembangkan karakter yang meliputi antara lain disiplin, tanggung jawab, jujur, tertib, dan teliti. Hal ini dimungkinkan karena metode praktikum kimia hijau dan metode praktikum kimia konvensional menuntut siswa melakukan praktikum yang terikat oleh waktu, bertanggung jawab dalam melaksanakan praktikum, jujur dalam melaporkan hasil praktikum, serta teliti dalam melakukan pengamatan. Hasil-hasil ini juga dilaporkan oleh Widjayanti, Rohaeti, dan Isana (2010: 210), yang menyatakan bahwa Praktikum Kimia Fisika I dan II yang bermuatan *life skills* dapat mengembangkan karakter mahasiswa yang meliputi *basic character* (disiplin, tanggung jawab, jujur, tertib, teliti, cermat, dan hemat), *beautiful character* (tidak memaksakan kehendak dan toleransi), dan *brilliant character* (inisiatif dan kreatif dalam merancang dan menyimpulkan hasil-hasil praktikum dan bijaksana dalam memecahkan masalah).

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan hasil belajar antara siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau dan siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional. Hasil belajar siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia hijau lebih efektif daripada hasil belajar siswa yang diajar dengan metode praktikum kimia konvensional. Dengan demikian, dapat disarankan bahwa guru-guru kimia dapat menggunakan metode praktikum kimia hijau untuk menggantikan metode praktikum kimia konvensional. Selain itu, penerapan metode praktikum kimia hijau aman bagi siswa bekerja selama praktikum dan tidak menghasilkan limbah kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Demikian juga, sekolah dapat menghemat biaya praktikum karena harga bahan-bahan yang digunakan dalam metode praktikum kimia hijau jauh lebih murah dibandingkan harga bahan-bahan kimia yang digunakan dalam metode praktikum kimia konvensional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ni Putu Merry Yunitasari yang telah membantu penulis mengumpulkan data pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Beyond Benign. 2014. *Green chemistry replacements exercises*. <http://resources4rethinking.ca/en/resource/green-chemistry-replacement-exercises>, diunduh 10 Agustus 2014.
- Braun, B., Charney, R., Clarens, A., Farrugia, J., Kitchens, C., Lisowski, C., Naistat, D., & O'Neil, A. 2006. "Completing our education: green chemistry in the curriculum." *Journal of Chemical Education*, 83(8), hlm. 1126-1129.
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. 2012. "Education for sustainable development (ESD) and chemistry education." *Chemistry Education Research and Practice*, 13, hlm. 59-68.
- Chandrasekaran, S., Ranu, B. C., Yadav, G. D., & Bhanumati, S. 2009. *Monographs on green chemistry experiments*, GC Task Force, DST. <http://www.dst.gov.in/green-chem.pdf>, diunduh 2 Agustus 2014.
- Deetlefs, M. & Seddon, K. R. 2010. "Assessing the greenness of some typical laboratory ionic liquid preparations." *Green Chemistry*, 12, hlm. 17-30.
- Depdiknas 2006. *Permendiknas No. 22/2006: Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: BSNP.
- Dogru, M., Gencosman, T., & Ataalkin, A. 2011. "Examination of natural science laboratory perception levels of students at primary education grade 6 and their attitudes towards laboratory practices of natural science course." *The International Journal of Educational Researchers*, 2(1), hlm. 17-27.
- Domin, D. S. 2007. "Students' perceptions of when conceptual development occurs during laboratory instruction." *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), hlm. 140-152.
- Galgano, P. D., Loffredo, C., Sato, S. M., Reichardt, C., & El Seoud, O. A. (2012). "Introducing education for sustainable development in the undergraduate laboratory: Quantitative analysis of bioethanol fuel and its blends with gasoline by using solvatochromic dyes." *Chemistry Education Research and Practice*, 13, hlm. 147-153.
- Measurement and Evaluation Center. (2003). *Analyzing multiple-choice item responses*. www.hct.ac.ae/content/uploads/MC-item-analysis-handout.pdf, diunduh 25 Mei 2017.
- Houston, P. L. 2001. *Chemical Kinetics and Reaction Dynamics*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Karpudewan, M., Ismail, Z., & Mohamed, N. 2011. "Green chemistry: Educating prospective science teachers in education for sustainable development at school

- of educational studies, USM. *Journal of Social Sciences*, 7(1), hlm. 42-50.
- 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, hlm. 120–127.
- Kerr, M. E. 2007. "Green chemistry and sustainable development." *Maejo International Journal of Science and Technology*, 1(2), hlm. 95-97.
- Kimbrough, D. R., Magoun, M. A., & Langfur, M. 1997. "A laboratory experiment investigating different aspects of catalase activity in an inquiry-based approach." *Journal of Chemical Education*, 74(2), hlm. 210-212.
- Mandler, D., Mamlok-Naaman, R., Blonder, R., Yayon, M., & Hofstein, A. 2012. "High-school chemistry teaching through environmentally oriented curricula." *Chemistry Education Research and Practice*, 13, hlm. 80–92.
- Montanes, M. T., Palomares, A. E., & Sanchez-Tovar, R. 2012. "Integrating sustainable development in chemical engineering education: The application of an environmental management system." *Chemistry Education Research and Practice*, 13, hlm. 128–134.
- Ravichandran, S. 2011. "Green chemistry for sustainable development." *Asean Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*, 2(1), hlm. 129-135.
- ScienceLab.com. 2013a. *Material safety data sheet hydrochloric acid MSDS*. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924285>, diunduh 12 Mei 2017.
- ScienceLab.com. 2013b. *Material safety data sheet lead nitrate MSDS*. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924473>, diunduh 12 Mei 2017.
- ScienceLab.com. 2013c. *Material safety data sheet potassium iodide MSDS*. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927571>, diunduh 12 Mei 2017.
- ScienceLab.com. 2013d. *Material safety data sheet ferric chloride MSDS*. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924033>, diunduh 12 Mei 2017.
- ScienceLab.com. 2013e. *Material safety data sheet sodium thiosulfate anhydrous MSDS*. <https://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9927607>, diunduh 12 Mei 2017.
- ScienceLab.com. 2013f. *Material safety data sheet magnesium*

- MSDS*.
<http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924535>, diunduh 12 Mei 2017.
- Sigma-Aldrich. 2015. *Iron(III) chloride*.
<http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=FeCl3&interface=All&N=0&mode=match%20partialmax&lang=en®ion=ID&focus=product>, diunduh 16 Januari 2015.
- Singh, A., Singh, S., & Singh, N. 2014. "Green chemistry: Sustainability an innovative approach." *Journal of Applied Chemistry*, 2(2),77-82.
- Singh, L. & Ravichandran, S. 2014. "Green Chemistry: The Future Pillars." *International Journal of ChemTech Research*, 6(1), hlm. 147-149.
- Travis, B. R., Sivakumar, M., Hollist, G. O., & Borhan, B. 2003. "Facile oxidation of aldehydes to acids and esters with oxone." *Organic Letters*, 5, hlm. 1031–1034.
- Widjajanti, E., Rohaeti, E., & Isana, S. Y. L. 2010. "Penerapan praktikum kimia bermuatan life skills sebagai upaya mempersiapkan calon guru yang berkarakter." *Cakrawala Pendidikan*, XXIX (Edisi Khusus), hlm. 204-211.
- Wright, S. W. 2002. "Tick tock, a vitamin C clock." *Journal of Chemical Education*, 79(1), hlm. 40A-40B.
- Yamada, Y. M. A., Torri, K., & Uozumi, Y. 2009. "Oxidative cyclization of alkenols with oxone using a miniflow reactor." *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 5(18), hlm. 1-5.