

KIMIA HIJAU DALAM PRAKTIKUM LAJU REAKSI

I Wayan Redhana

Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Ganesha
redhana.undiksha@gmail.com

Abstrak: Tujuan studi ini adalah mendeskripsikan dan menganalisis bahan-bahan yang aman bagi manusia dan ramah bagi lingkungan pada praktikum laju reaksi. Studi ini dilakukan dengan mengkaji literatur dan mengeksplorasi gagasan yang terkait dengan praktikum kimia ramah lingkungan. Ada empat jenis praktikum yang dilakukan pada topik laju reaksi, yaitu: pengaruh luas permukaan, konsentrasi, suhu, dan katalis masing-masing terhadap laju reaksi. Pada praktikum pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang dapat digunakan adalah tablet efervesen (dalam bentuk utuh dan butiran dengan massa yang sama) dan air. Pada pengaruh konsentrasi dan suhu masing-masing terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang dapat digunakan tablet vitamin C, iodium *tincture*, hidrogen peroksida, dan pati. Sementara itu, pada praktikum pengaruh katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang dapat digunakan adalah hidrogen peroksida dan kentang. Bahan-bahan ramah lingkungan ini menggantikan bahan-bahan kimia pada praktikum tradisional, seperti larutan HCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, dan FeCl_3 yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Kata-kata kunci: bahan kimia berbahaya, bahan ramah lingkungan, praktikum kimia hijau

Abstract: This study aimed at describing and analyzing materials being safe for human and friendly for environment at chemical rate practicum. The study was conducted by reviewing references and exploring ideas related to the environmentally friendly chemistry practicum. There were four topics of chemical rate practicum, namely: the effect of surface area, concentration, temperature, and catalyst toward the chemical rate, respectively. At the effect of surface area of reactans toward the chemical rate, materials being used were effervescent tablet (in form of chunks and granules at the same mass) and aquadest. At the effect of concentration of reactans and temperature toward the chemical rate, respectively, materials being used were vitamin C tablets, tincture of iodine, hydrogen peroxide, and starch. Meanwhile, at the practicum of the effect of catalyst toward the chemical rate, materials being used were hydrogen peroxide and potato. These materials replaced chemicals used in the traditional practicum, such as solution of HCl, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, and FeCl_3 being dangerous to the human and environment.

Keywords: hazardous chemicals, environmentally friendly materials, green chemistry practicum

PENDAHULUAN

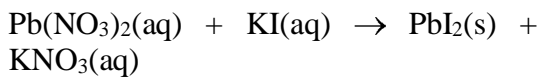
Seiring dengan globalisasi, produksi se-nyawa-senyawa kimia mengalami pening-katan yang sangat drastis. Senyawa-senya-wa kimia produk industri ini banyak diguna-kan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pestisida untuk mengendalikan hama ta-naman, pupuk untuk menyuburkan tanam-an, deterjen digunakan untuk mencuci paka-ian, dan deodoran untuk menghilangkan bau badan.

Senyawa-senyawa kimia ini juga ba-nyak digunakan dalam industri kertas, pu-puk, cat, makanan dan minuman, farmasi, dan lain sebagainya. Kegiatan

penelitian, uji makanan dan minuman, dan praktikum ki-mia juga menggunakan senyawa-senyawa kimia.

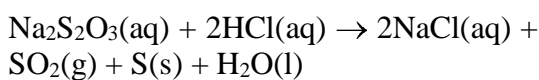
Praktikum kimia merupakan salah satu proses pada pembelajaran kimia untuk memverifikasi teori-teori, prinsip-prinsip, atau hukum-hukum dalam kimia. Praktikum kimia menggunakan senyawa-senyawa ki-mia. Hukum kekekalan massa, misalnya, di-buktikan dengan mereaksikan senyawa tim-bal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) dengan kalium iodida (KI). Kedua senyawa ini dilarutkan dalam air membentuk larutan yang tidak berwarna. Ketika kedua larutan ini direaksikan, endap-an berwarna kuning

akan terbentuk. Endapan berwarna kuning ini adalah senyawa PbI_2 . Reaksi yang terjadi adalah:

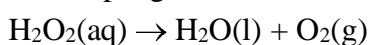


Massa larutan $Pb(NO_3)_2$ dan KI sebelum re-aksi ditimbang dan massa campuran setelah reaksi ditimbang. Ternyata massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat setelah reaksi.

Praktikum yang lain adalah penggunaan senyawa $CaCO_3$ dan larutan HCl untuk mempelajari pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi. Padatan $CaCO_3$ dalam berbagai ukuran (bongkahan dan butiran dengan massa yang sama) direaksikan dengan larutan HCl 1 M. Reaksi antara butiran $CaCO_3$ dan larutan HCl menghasilkan gas yang lebih cepat dibandingkan reaksi antara bongkahan $CaCO_3$ dan larutan HCl. Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan asam klorida (HCl). Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dilakukan dengan mengubah-ubah konsentrasi larutan natrium tiosulfat, sedangkan konsentrasi larutan HCl dibuat tetap. Sementara itu, pengaruh suhu terhadap laju reaksi dilakukan dengan mengubah-ubah suhu reaksi. Reaksi yang terjadi antara larutan $Na_2S_2O_3$ dan HCl adalah:



Di lain pihak, pada pengaruh katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan larutan H_2O_2 3%, HCl, NaCl, dan $FeCl_3$, masing-masing 1 M. Ke dalam tiga larutan H_2O_2 3% dalam tabung reaksi dimasukkan masing-masing larutan HCl, NaCl, dan $FeCl_3$. Reaksi penguraian H_2O_2 adalah:



Reaksi dengan katalis (larutan $FeCl_3$) menghasilkan gelembung-gelembung gas lebih cepat.

Kebanyakan zat-zat kimia yang digunakan pada praktikum di atas berbahaya bagi manusia (mahluk hidup) dan lingkungan. Larutan $Pb(NO_3)_2$ yang mengandung ion logam berat Pb^{2+} , misalnya, dapat menyebabkan gangguan pada sistem organ, terutama nekrosis pada sel hati (Rosita, 2011), serta pada gangguan ginjal, sistem saraf, dan sistem reproduksi (Kompas, 2009). Demikian juga dengan larutan HCl. Larutan ini bersifat korosif terhadap mata, kulit, dan membran mukosa. Jika terhirup, HCl dapat menyebabkan iritasi dan inflamasi pada saluran pernafasan dan *pulmonary edema* pada manusia. Jika tertelan, HCl dapat menyebabkan korosif pada membran mukus, kerongkongan, dan perut. Paparan dengan konsentrasi rendah menyebabkan perubahan warna dan erosi pada gigi (EPA, 2014). Sementara itu, larutan $Na_2S_2O_3$ dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, sistem pencernaan, dan sistem pernafasan (Safe Work Australia, 2012).

Mencermati bahaya yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia yang digunakan dalam praktikum kimia, perlu dilakukan upaya untuk lebih menghidupkan praktikum kimia. Artinya, praktikum kimia dibuat lebih aman terhadap manusia dan lebih ramah terhadap lingkungan. Upaya untuk mengganti bahan-bahan kimia berbahaya yang digunakan pada praktikum kimia tradisional dengan bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan telah dilaporkan oleh beberapa ahli (Kimbrough, Magoun, & Langfur, 1997; Sato, Aoki, & Nayori, 1998; Wright, 2002; Travis *et al.*, 2003; Can & Dickneider, 2004; Braun *et al.*, 2006; Gandhari, Maddukuri, & Vinod, 2007; Chandrasekaran *et al.*, 2009; Yamada, Torri, & Uozumi, 2009; Hatamjafari & Nezhad, 2013; Beyon Benign, 2014; Inam *et al.*, 2014; Pacheco *et al.*, 2014; Redhana, 2014).

METODE PENELITIAN

Untuk dapat mengetahui bahan-bahan dan prosedur praktikum kimia hijau, peneli-tian studi pustaka dilakukan. Pada studi pustaka ini, penulis mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, yaitu dari buku-buku teks dan dari artikel jurnal tentang bahaya yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia yang digunakan dalam praktikum kimia tradisional dan bahan-bahan kimia ramah ling-kungan yang dapat digunakan dalam prak-tikum kimia hijau. Penulis juga mengumpulkan informasi tentang prosedur-prosedur praktikum kimia hijau.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Praktikum kimia tradisional umumnya menggunakan bahan-bahan kimia yang ber-bahaya, tidak hanya berbahaya bagi manu-sia tetapi juga berbahaya bagi lingkungan. Berikut ini disajikan zat-zat kimia yang digunakan pada praktikum kimia tradisional untuk topik laju reaksi (Tabel 1).

Tabel 1. Nama zat-zat kimia yang digunakan pada praktikum kimia tradisional untuk topik laju reaksi dan efek yang ditimbulkannya

Zat-zat kimia	Efek yang ditimbulkan
HCl	Zat ini dapat menyebabkan batuk, tersedak, radang tenggorokan, hidung, saluran pernafasan bagian atas, dan edema paru-paru jika terhirup. Selain itu, zat ini dapat menyebabkan kegagalan peredaran darah, dan kematian. Jika tertelan, zat ini dapat menyebabkan luka bakar pada mulut dan kerongkongan, dan saluran pencernaan, mual, muntah, dan diare. Jika kontak dengan kulit, zat ini dapat menyebabkan kemerahan, nyeri, dan luka bakar pada kulit. Jika kontak dengan mata, zat ini dapat menyebabkan iritasi, kebutaan, dan luka bakar pada mata.

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Zat ini dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, sistem pencernaan, dan sistem pernafasan.
FeCl_3	Jika terhirup dalam bentuk kabut atau uap, zat ini dapat menyebabkan iritasi pada bagian atas saluran pernafasan. Jika tertelan, zat ini bersifat racun bagi tubuh dengan gejala mual, muntah, iritasi gastrointestinal, luka bakar di mulut dan tenggorokan. Konsumsi berulang dengan dosis subletal dapat menyebabkan deposisi dalam jaringan disertai dengan kerusakan pankreas dan hati. jika kontak dengan kulit, zat ini dapat menyebabkan iritasi dan luka bakar pada kulit. Jika kontak dengan mata, zat ini dapat menyebabkan iritasi pada mata. Jika tertelan dalam dosis tinggi, zat ini dapat menyebabkan kerusakan fungsi hati yang ditandai oleh rasa mual atau muntah, nafsu makan berkurang, sakit perut, lesu, kotoran berwarna, diare, hipertensi, dehidrasi, asidosis, dan koma. Perubahan sementara terjadi pada aktivitas listrik jantung. Hal ini dapat mengakibatkan denyut tidak teratur, jantung berdebar, atau sirkulasi yang tidak memadai.

(Sumber: Carson & Mumford, 2002; Kusumastuti & Karliana, 2008; Safe Work Australia, 2012)

Agar siswa aman bekerja pada saat praktikum dan limbah yang dibuang dari ha-sil praktikum tidak berbahaya terhadap ling-kungan, bahan-bahan kimia berbahaya yang digunakan pada praktikum kimia tradisional perlu diganti dengan bahan-bahan yang le-bih aman bagi manusia dan ramah bagi ling-kungan. Pemilihan bahan-bahan kimia yang aman dan ramah lingkungan ini harus dida-sarkan atas beberapa pertimbangan. Perta-ma, bahan-bahan kimia tersebut harus da-pat bereaksi yang menggambarkan prinsip-prinsip, teori-teori, atau hukum-hukum kimia.

Kedua, gejala terjadinya reaksi-reaksi kimia oleh bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan ini harus dapat diamati dengan jelas. Ketiga, bahan-bahan tersebut mudah diperoleh.

Bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan yang digunakan pada pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi adalah tablet *efervefen* (Informasi Produk Farmasi, 2011) dan air. Tablet *efervesen* yang mengandung vitamin C 1000 mg dibuat dalam dua ukuran, yaitu tablet utuh dan tablet yang telah dihancurkan menjadi ukuran kecil-kecil, namun massa kedua ukuran tablet ini sama. Kedua ukuran tablet ini dimasukkan ke dalam masing-masing 50 mL air. Tablet *efervefen* dengan ukuran lebih kecil akan menghasilkan gas yang lebih cepat daripada tablet *efervefen* dengan ukuran yang lebih besar.

Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan yang digunakan adalah tablet vitamin C (1000 mg), iodium *tincture*, H_2O_2 (3%), pati, air, dan es (Wright, 2002). Prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut. (1) Gerus tablet vitamin C 1000 mg kemudian larutkan dalam 60 mL air. Beri label larutan ini sebagai larutan "stok vitamin C." (2) Campurkan 5 mL larutan "stok vitamin C" dengan 5 mL iodium dan 60 mL air. Label larutan ini dengan "larutan A." (3) Buat "larutan B" dengan menambahkan 60 mL air ke dalam 15 mL larutan H_2O_2 (3%) dan 2 mL koloid pati (2%). (4) Tuangkan "larutan A" dan "larutan B" ke dalam gelas kimia untuk mencampurnya secara menyeluruh. Catat waktu sampai terjadinya perubahan warna (Wright, 2002).

Prosedur untuk mempelajari pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dapat diuraikan sebagai berikut. (1) Ulangi eksperimen di atas, tetapi sekarang kita menggunakan 30 mL air untuk membuat "larutan A" dan "larutan B." Catat waktu reaksi sampai terja-

dinya perubahan warna. (2). Ulangi eksperimen di atas, sekarang kita menggunakan 90 mL air untuk membuat "larutan A" dan "larutan B." Catat waktu sampai terjadinya perubahan warna (Wright, 2002).

Prosedur untuk mempelajari pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat ditunjukkan berikut ini. (1) Ulangi eksperimen awal di atas dengan menggunakan 60 mL air untuk membuat "larutan A" dan "larutan B" kemudian dinginkan kedua larutan tersebut sampai suhu 15 °C. Campurkan "larutan A" dan "larutan B" ke dalam wadah di dalam penangas es dan atur suhunya 15 °C. Catat waktu sampai terjadi perubahan warna. (2) Ulangi lagi, kali ini gunakan penangas air hangat untuk memanaskan larutan sampai suhu 25 °C. Catat waktu sampai terjadi perubahan warna. (3) Ulangi lagi, lakukan reaksi pada suhu kamar, catat suhu. Catat waktu sampai terjadi perubahan warna. (4) ulangi pada suhu yang lain, misalnya pada suhu 40 °C (Wright, 2002).

Untuk pengaruh katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan ramah lingkungan yang digunakan adalah larutan H_2O_2 3% dan kentang. Prosedur kimia hijau yang dilakukan pada praktikum pengaruh katalis terhadap laju reaksi adalah sebagai berikut. Pertama, satu buah kentang digerus dengan lumpang dan alu kemudian ditambahkan dengan 100 mL air, kemudian saring untuk diambil filtratnya. Ke dalam 5 mL larutan H_2O_2 3% ditambahkan 3 mL filtrat ekstrak kentang. Catat waktu yang diperlukan saat mulai terbentuknya gelembung-gelembung gas (Kimbrough, Magoun, & Langfur, 1997). Sebagai pembandingan adalah 5 mL larutan H_2O_2 3% yang tidak ditambahkan apa-apa. Catat juga waktu yang diperlukan sampai terbentuknya gelembung-gelembung gas.

Pembahasan

Selama ini, praktikum kimia tidak bisa dilepaskan dari bahan-bahan kimia berbahaya. Walaupun ada beberapa bahan-bahan kimia yang tidak berbahaya digunakan dalam praktikum kimia, namun kebanyakan dari bahan-bahan yang digunakan dalam praktikum kimia berbahaya bagi manusia dan lingkungan.

Bahan-bahan kimia yang umumnya digunakan dalam praktikum kimia SMA antara lain adalah padatan NaOH, larutan HCl, larutan H_2SO_4 , larutan HNO_3 , larutan $CuSO_4$, larutan $Ca(OH)_2$, larutan NH_4OH , larutan NH_4Cl , larutan $Na_2S_2O_3$, padatan $CaCO_3$, larutan $H_2C_2O_4$, larutan $KMnO_4$, larutan KSCN, larutan $FeCl_3$, larutan Na_2CO_3 , larutan CH_3COOH , larutan $Ba(OH)_2$, larutan CH_3COONa , larutan $Pb(NO_3)_2$, larutan KI, larutan K_2CrO_4 , alkohol, larutan $ZnSO_4$, larutan $FeSO_4$, larutan $Cu(NO_3)_2$, larutan $Zn(NO_3)_2$, larutan $AlCl_3$, larutan $CaCl_2$, larutan $Fe_2(SO_4)_3$, larutan KCl, larutan KBr, dan larutan $Na_2C_2O_4$.

Bahan-bahan ini berbahaya bagi manusia dan lingkungan (Carson & Mumford, 2002; Kusumastuti & Karlina, 2008; Safe Work Australia, 2012). NaOH, misalnya, jika kontak dengan mata, dapat menyebabkan mata terbakar dan kerusakan pada kornea. Jika kontak dengan kulit, zat ini dapat menyebabkan ruam kulit, kulit dingin dan lembap dengan sianosis atau warna pucat, dan kulit terbakar. Jika tertelan, zat ini dapat menyebabkan kerusakan parah dan permanen, luka bakar, dan perforasi pada saluran pencernaan. Selain itu, zat ini juga dapat menyebabkan sakit parah, mual, muntah, diare, dan *shock*. Jika terhirup, zat ini dapat menyebabkan iritasi yang berupa pneumonitis kimia dan edema paru. Demikian juga dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan bagian atas dengan batuk, luka bakar, dan kesulitan bernapas.

$Pb(NO_3)_2$ berbahaya jika terhirup atau tertelan. $Pb(NO_3)_2$ berbahaya bagi organisme akuatik, dan dapat menyebabkan efek jangka panjang yang merugikan pada lingkungan akuatik.

$CuSO_4$ dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata, saluran pencernaan, dan saluran pernafasan. Beracun bagi ginjal dan hati. Jika kontak terlalu lama dan berulang, zat ini dapat merusak organ.

H_2SO_4 jika terhirup, zat ini dapat menyebabkan iritasi pada hidung dan tenggorokan serta mengganggu paru-paru. Jika terkena mata, zat dapat menimbulkan luka yang parah dan kebutaan. Jika terkena kulit, zat ini dapat menyebabkan luka, iritasi (gatal-gatal), dan kerusakan pada jaringan (melepuh atau luka bakar pada kulit). Jika tertelan, zat ini bersifat beracun.

$H_2C_2O_4$ berbahaya jika terjadi kontak dengan kulit, mata, tertelan, dan terhirup. Zat ini dapat menyebabkan kerusakan atau kebutaan. Jika kontak dengan kulit, zat ini dapat menghasilkan radang dan *blistering*. Jika terhirup, zat ini akan menghasilkan iritasi pada saluran pernafasan yang dicirikan oleh terbakar, bersin, batuk, serta dapat merusak paru-paru, *choking*, ketidaksadaran atau kematian. Paparan berkepanjangan dapat menyebabkan luka bakar dan *ulcerations*. Pada paparan berlebih, zat ini dapat menyebabkan gangguan pernafasan, dan bahkan kanker.

$KMnO_4$ dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata dan juga korosif terhadap mata dan kulit. Sementara itu, K_2CrO_4 menyebabkan iritasi pada kulit, mata, saluran pencernaan, dan saluran pernafasan. Kulit menjadi gatal dan memerah.

KSCN Dapat menyebabkan iritasi pada kulit jika zat ini mengenai kulit dan mata. Dapat merusak paru-paru jika terhirup.

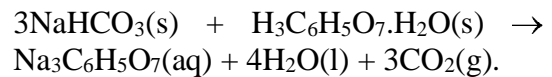
Bahaya yang ditimbulkan oleh bahan-bahan kimia berbahaya di atas mestinya tidak menyebabkan guru-guru

kimia untuk tidak melakukan praktikum kimia. Hal ini karena praktikum kimia akan melatih keterampilan siswa dalam merancang, merangkai alat, menggunakan alat, mengobservasi, mencatat data, menganalisis data, menarik simpulan, dan terakhir adalah mengomunikasikan hasil-hasil praktikum. Ini adalah prinsip dari pendekatan saintifik yang direkomendasikan oleh kurikulum 2013. Praktikum kimia tidak bisa digantikan oleh metode pembelajaran lainnya, misalnya penggunaan animasi dan video. Karena kegiatan praktikum memungkinkan siswa mengalami, melakukan, dan merasakan bagaimana proses praktikum tersebut. Oleh karena itu, upaya untuk menemukan bahan-bahan praktikum yang aman bagi manusia dan ramah bagi lingkungan harus selalu diupayakan untuk menggantikan bahan-bahan kimia yang berbahaya.

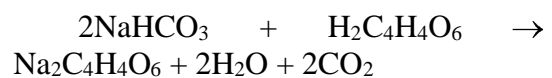
Praktikum laju reaksi merupakan salah satu praktikum kimia yang frekuensinya cukup banyak dibandingkan dengan praktikum pada topik yang lain. Ada empat subtopik praktikum yang dilakukan, yaitu pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi, pengaruh suhu terhadap laju reaksi, dan pengaruh katalis terhadap laju reaksi.

Pada praktikum pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan yang digunakan adalah tablet *efervesen* dan air. 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 NaHCO_3 dan asam sitrat atau asam tartrat, bukan kandungan vitamin C-nya. Pada praktikum pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi ini, ukuran tablet dibuat berbeda (tablet utuh

dan butiran dengan massa yang sama). Ketika tablet dengan ukuran yang berbeda ini dilarutkan dalam air, kedua NaHCO_3 dan asam sitrat atau asam tartrat bereaksi menghasilkan gelembung-gelembung gas karbondioksida (CO_2). Reaksi antara NaHCO_3 dan asam sitrat adalah:



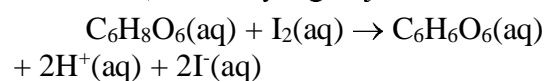
Sementara itu, reaksi antara NaHCO_3 dan asam tartrat adalah:



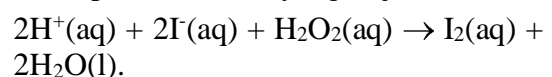
(Informasi Produk Farmasi, 2011).

Ukuran tablet *efervesen* (tablet utuh dan butiran kecil dengan masa yang sama) akan berpengaruh pada kecepatan melarutnya tablet. Kecepatan melarutnya tablet ini dapat diketahui dari kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas, yaitu gas CO_2 . Kecepatan kelarutan 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 terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang digunakan adalah tablet vitamin C, larutan H_2O_2 3%, iodine tincture, pati, dan air. Pada pembentukan "larutan A," reaksi yang terjadi adalah:



Pada "larutan B," larutan H_2O_2 3% tidak bereaksi dengan koloid pati. Ketika "larutan A" dan "larutan B" dicampurkan, reaksi yang terjadi adalah:

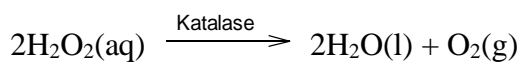


$\text{I}_2(\text{aq})$ yang terbentuk pada reaksi kedua segera bereaksi dengan amilum membentuk kompleks berwarna biru tua (Wright, 2002). Kecepatan reaksi ditentukan oleh kecepatan terbentuknya warna biru tua. Pada pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi ini, semua konsentrasi diubah dengan

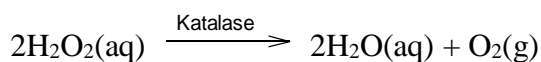
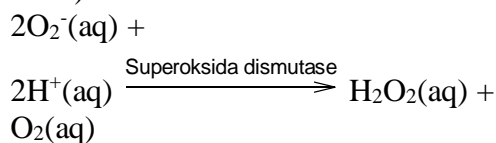
mengatur volume air yang digunakan pada pembuatan "larutan A" dan "larutan B." Reaktan dengan konsentrasi yang lebih tinggi akan menghasilkan laju reaksi yang lebih cepat yang ditandai oleh kecepatan pembentukan kompleks berwarna biru tua.

Pada pengaruh suhu terhadap laju reaksi, variabel yang diubah adalah suhu reaksi. Reaksi dilaksanakan pada berbagai suhu, dalam hal ini 15 °C, 25 °C, suhu kamar, dan 40 °C. Pada eksperimen ini, hasil yang diperoleh adalah makin tinggi suhu reaksi, laju reaksi makin cepat.

Terakhir adalah pengaruh katalis terhadap laju reaksi. Pada eksperimen ini, bahan-bahan yang digunakan adalah larutan H₂O₂ 3% dan kentang. Dalam kentang terdapat enzim katalase. Enzim katalase ini membantu penguraian H₂O₂, suatu zat yang berbahaya, menjadi H₂O dan O₂, suatu zat yang tidak berbahaya. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan:



Enzim katalase ditemukan dalam kebanyakan makhluk hidup. Enzim ini merupakan sistem pertahanan makhluk hidup terhadap radikal anion superoksida, O₂⁻, suatu produk berbahaya yang dihasilkan pada oksidasi metabolik karbohidrat dan lemak. Enzim superoksida dismutase adalah sistem pertahanan pertama terhadap O₂⁻. Enzim ini mengubah ion superoksida menjadi hidrogen peroksida yang bersifat toksik terhadap sel. Enzim katalase bertanggung jawab mengubah hidrogen peroksida menjadi air dan gas oksigen (Kimbrough, Magoun, & Langfur, 1997).



Reaksi dekomposisi di atas mengikuti kinetika orde satu dalam

rentang waktu reaksi yang singkat (< 3 menit) pada konsentrasi enzim yang relatif tinggi. Selain itu, mekanisme yang diuraikan di atas, katalase secara berangsur-angsur dioksidasi secara *irreversible* oleh hidrogen peroksida sehingga larutan enzim menjadi semakin encer. Hal ini akan menghasilkan penyimpangan dari perilaku orde pertama. Katalase bekerja sangat baik pada pH 7 dan mengalami denaturasi dalam lingkungan basa, yaitu pH di atas 10 (Kimbrough, Magoun, & Langfur, 1997).

Pada praktikum kimia hijau, penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya dengan bahan-bahan kimia ramah lingkungan harus selalu diupayakan. Dalam kaitannya dengan praktikum kimia hijau ini, petunjuk yang dapat digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut (Chandrasekaran *et al.*, 2009).

- 1) Praktikum seharusnya melibatkan penggunaan reagen alternatif yang tidak berbahaya ramah lingkungan, tetapi juga tersedia dalam jumlah banyak dan harganya murah. Eksperimen seharusnya tidak melibatkan pelarut-pelarut organik, seperti eter, petroleum eter, benzena, toluena, dan heksena.
- 2) Praktikum yang dimodifikasi seharusnya tidak melibatkan teknik-teknik instrumen-tasi, seperti sistem tekanan tinggi, sistem vakum, dan sistem *inert*.
- 3) Praktikum seharusnya menghindari prosedur eksperimen yang membosankan, seperti waktu reaksi yang lama dan reaksi pada tekanan tinggi.
- 4) Semua praktikum yang berkaitan dengan pembuatan, pemisahan campuran senyawa, identifikasi gugus fungsi, dan sebagainya seharusnya dilakukan dalam skala semimikro atau mikro.
- 5) Praktikum yang bertujuan membuat produk pada skala besar dapat dihapuskan dan sebagai penggantinya

adalah siswa mungkin disuruh melaporkan data yang diambil dari artikel jurnal yang sudah dipublikasikan.

Untuk bahan-bahan kimia berbahaya yang tidak dapat diganti dengan bahan-bahan kimia ramah lingkungan, praktikum masih bisa dilaksanakan, hanya saja dilakukan dalam skala kecil (mikro). Hal ini dimungkinkan karena kimia hijau tidak saja mencegah, tetapi juga mengurangi pembuangan limbah berbahaya ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan dari praktikum yang menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya ini sebelum dibuang ke lingkungan perlu diolah terlebih dahulu. Untuk bahan-bahan kimia yang berbahaya karena konsentrasinya yang tinggi, seperti larutan H_2SO_4 , sebelum dibuang ke lingkungan diencerkan terlebih dahulu atau direaksikan dengan senyawa tertentu untuk menetralkan bahaya yang ditimbulkan. Pada kasus ini, larutan H_2SO_4 direaksikan dengan larutan NaOH sehingga dihasilkan produk yang aman berupa Na_2SO_4 dan H_2O . Masih untuk praktikum yang menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya, praktikum mungkin tidak dilaksanakan, tetapi siswa tetap membuat rancangan praktikum, hanya saja data diberikan oleh guru. Data ini dapat diambil dari artikel jurnal ilmiah yang sudah dipublikasikan. Siswa menganalisis data yang diberikan dan kemudian mengomunikasikan hasilnya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas, dapat ditarik simpulan sebagai berikut. Bahan-bahan kimia berbahaya yang digunakan dalam praktikum kimia tradisional seharusnya diganti dengan bahan-bahan yang aman bagi manusia dan ramah bagi lingkungan. Pada praktikum kimia hijau untuk pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang

aman dan ramah lingkungan yang dapat digunakan adalah tablet *efervesen* dan air. Ukuran tablet *efervesen* divariasikan (bentuk utuh dan butiran). Laju reaksi diketahui dari kecepatan terbentuknya gelembung-gelembung gas CO_2 atau kecepatan melarutnya padat-an tablet *efervesen*. Pada pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan yang dapat digunakan adalah tablet vitamin C, larutan H_2O_2 , iodium *tincture*, dan pati. Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi reaktan. Sementara itu, pengaruh suhu terhadap laju reaksi dilakukan dengan memvariasikan suhu reaksi. Pada pengaruh katalis terhadap laju reaksi, bahan-bahan yang aman dan ramah lingkungan yang digunakan adalah larutan H_2O_2 dan kentang. Kentang mengandung enzim katalase yang membantu penguraian H_2O_2 menjadi H_2O dan O_2 .

DAFTAR RUJUKAN

- Beyon Benign. (2014). *Green chemistry r-replacemens exercises*. Dikases 10 Agustus 2014 dari <http://webcache.googleusercontent.com>.
- 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), 1126-1129.
- Can, M. C. & Dickneider, T. A. (2004). Infusing the chemistry curriculum with green chemistry using real-world examples, web modules, and atom economy in organic chemistry courses. *Journal of Chemical Education*, 81(7), 977-980.
- Carson, P. & Mumford, C. (2002). *Hazardous Chemicals Handbook*. (2nd Ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Chandrasekaran, S., Ranu, B. C., Yadav, G. D., & Bhanumati, S. (2009). *Monographs on Green Chemistry Experiments*, GC Task Force, DST. Diakses 2 Agustus 2014 dari <http://www.dst.gov.in/green-chem.pdf>.
- EPA. (2014). *Hydrochloric acid (Hydrogen chloride)*. Diakses 24 September 2014 dari <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/hydrochl.html>.
- Gandhari, R., Maddukuri, P. P., & Vinod, T. K. (2007). *Oxidation of aromatic aldehydes using oxone*. *Journal of Chemical Education*, 84(5), 852-854.
- Hatamjafari, F. & Nezhad, F. G. (2013). An efficient one-pot synthesis of dihydropyrimidinones under solvent-free conditions. *Oriental Journal of Chemistry*, 30(1), 355-357.
- Inam, F., Deo, S., Kadam, N., & Lambat, T. (2014). Applications of thermal and micro wave-assisted synthesis of xanthone derivative: A new methodology. *International Journal of Innovative and Applied Research*, 2(4), 88- 96.
- Informasi Produk Farmasi*. (2011). Diakses 25 September 2014 dari <http://produkfarmasi.blogspot.com/2011/11/tableteffervescent.html>.
- 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), 210-212.
- Kompas.com. (2009). *Mengapa cat bisa berba-haya?* Diakses 6 Agustus 2014 dari <http://properti.kompas.com/read/2009/09/03>.
- Kusumastuti, R. & Karliana, I. (2008). Pengenal-an MSDS bahan kimia dalam proses reaksi bunsen untuk menunjang keselamatan dan kesehatan kerja. *Sigma Epsilon*, 12(4), 109-116.
- Pacheco, B. S., Nunes, C. F. P., Rockembach, C., Bertelli, P., Mesko, M. F., Roesch-Ely, M., Moura, S., & Pereira, C. M. P. (2014). Eco-friendly synthesis of esters under ultrasound with p-toluenesulfonic acid as catalyst. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 7(3), 265-270.
- Redhana, I W. (2014). *Menghijaukan kurikulum kimia untuk mencapai pembangunan ber-kelanjutan*. Orasi disampaikan pada Sidang Senat Terbuka Universitas Pendidikan Ganesha, Singajara, 18 Agustus 2014.
- Rosita, Y. (2011). Dampak plumbum dosis tunggal terhadap gambaran sel hati pada mencit (*Mus musculus L.*). *Syifa'MEDIKA*, 1 (2),123-132.
- Safe Work Australia (2012). *Managing risks ha-zardous chemicals in the workplace*. Diak-ses 19 Nonember 2013, dari <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/au>
- Sato, K., Aoki, M., & Nayori, R. A., (1998). A green route of adipic acid: Direct oxidation of cyclohexenes with 30 percent hydrogen peroxide. *Science*, 281, 1646-1647.
- Travis, B. R., Sivakumar, M., Hollist, G. O., & Borhan, B. (2003). Facile oxidation of aldehydes to acids and esters with oxone. *Organic Letters*, 5, 1031–1034.
- Wright, S. W. (2002). The vitamin C clock re-action. *Journal of Chemical Education*, 79(1), 41–43.
- Yamada, Y. M. A., Torri, K., & Uozumi, Y. (2009). Oxidative cyclization of alkenols with oxome using a miniflow reactor. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 5(18), 1-5