

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Penelitian pengembangan modul praktikum kimia berbasis *Green Chemistry* ini dilaksanakan di SMA Negeri 71 Jakarta pada bulan Januari hingga Mei 2015. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (penelitian dan pengembangan) yang dilakukan melalui tiga tahap, yaitu tahap analisis kebutuhan, tahap pengembangan media, dan tahap uji coba media yang terdiri dari uji ahli dan uji coba kelompok kecil dan kelompok besar.

#### **A. Tahap Analisis Kebutuhan**

Tahap analisis kebutuhan (*need assessment*) adalah tahap awal yang dilakukan dalam penelitian. Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi, mengidentifikasi masalah dan merumuskan masalah yang ada di lingkungan sekolah. Informasi yang diperoleh mengenai proses pembelajaran kimia di SMA 71 Jakarta khususnya dalam kegiatan praktikum kimia di laboratorium. Pada tahap ini dilakukan observasi lingkungan sekolah, wawancara kepada guru kimia, serta dengan menyebarkan kuesioner kepada guru dan siswa kelas 12.

Kuesioner analisis kebutuhan ditujukan kepada guru kimia dan siswa untuk mengetahui kebutuhan guru dan siswa dalam kegiatan praktikum menggunakan modul praktikum. Dari hasil kuesioner ini dapat

diperoleh pendapat guru dan siswa mengenai modul praktikum yang sudah ada dan kegiatan praktikum yang telah dilakukan di sekolah serta kebutuhan guru dan siswa mengenai modul praktikum untuk digunakan dalam kegiatan praktikum selanjutnya

#### 1. Analisis Kebutuhan Siswa

Pada tahap analisis kebutuhan, siswa diberikan angket mengenai kegiatan praktikum yang telah dilakukan di sekolah dan modul praktikum yang digunakan dalam kegiatan praktikum. Responden dalam tahap analisis kebutuhan siswa adalah siswa-siswi kelas 12 SMA Negeri 71 Jakarta sebanyak 46 siswa. Responden kelas 12 dipilih karena mereka telah mengalami pembelajaran dan praktikum pada materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Kuesioner yang diberikan kepada siswa berupa pertanyaan sebanyak 20 butir pertanyaan, yang dapat dilihat pada lampiran 2.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa, sebanyak 82,61% siswa sudah melaksanakan kegiatan praktikum kelarutan dan hasil kali kelarutan, dan sebanyak 73,91% siswa menyatakan bahwa modul praktikum yang ada di sekolah sudah membantu siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Namun hanya 34,78% siswa yang memahami seluruh rangkaian kegiatan praktikum dan sebanyak 65,22% siswa belum memahami rangkaian kegiatan praktikum. Hal ini

menunjukkan bahwa modul praktikum yang digunakan oleh siswa perlu disempurnakan kembali

Sebanyak 68,42% siswa mengetahui bahaya dari bahan kimia yang digunakan terhadap lingkungan sekitar, tetapi 84,97% siswa menyatakan bahwa sisa bahan kimia yang telah digunakan dibuang ke wastafel. Pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan tanpa melalui penanganan yang tepat akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar sekolah. Sementara itu, mengenai konsep *Green Chemistry* sebanyak 86,84% siswa belum mengetahui isu *Green Chemistry* dan 94,74% siswa belum mengetahui prinsip-prinsip *Green Chemistry* dan penerapannya dalam kegiatan praktikum.

Sebanyak 78,95% siswa menyetujui diadakannya modul praktikum yang berbasis *Green Chemistry* dan 63,16% siswa mendukung diadakannya kegiatan praktikum yang berbasis *Green Chemistry*. Selain itu, dilakukan wawancara terhadap beberapa siswa, siswa menyatakan bahwa modul yang ada cukup membantu siswa dalam melaksanakan kegiatan praktikum, namun ada beberapa bagian isi dalam modul yang kurang jelas karena cetakan yang kurang baik. Oleh karena itu, modul praktikum yang berbasis *Green Chemistry* perlu dikembangkan di sekolah. Penerapan *Green Chemistry* dalam praktikum di lingkungan sekolah dapat memberikan alternatif bagi sekolah untuk melaksanakan kegiatan praktikum yang dapat

mengurangi ataupun menghilangkan produksi limbah berbahaya bagi lingkungan sekitar maupun bagi kesehatan siswa.

## 2. Analisis Kebutuhan Guru

Tahap analisis kebutuhan guru dilakukan dengan memberikan kuesioner sebanyak 15 butir pertanyaan dan wawancara. Responden analisis kebutuhan guru terdiri dari dua orang guru kimia SMA Negeri 71 Jakarta. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan guru, 100% guru menyatakan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi kelarutan dan hasil kali kelarutan. Sarana dan prasarana sekolah telah menunjang terlaksananya kegiatan praktikum dan telah tersedia modul praktikum yang disusun oleh tim guru kimia.

Mengenai isu *Green Chemistry*, 50% guru sudah mengetahui isu *Green Chemistry*, tetapi 100% guru menyatakan belum menerapkan prinsip *Green Chemistry* dalam praktikum kelarutan dan hasil kali kelarutan. Pelaksanaan praktikum masih menggunakan bahan-bahan kimia yang tersedia di laboratorium. Namun 50% guru sudah melakukan praktikum dengan skala mikro dalam menggunakan bahan kimia. Tim guru kimia di SMA Negeri 71 telah menyusun modul praktikum yang selama ini digunakan siswa dalam pelaksanaan kegiatan praktikum. Modul praktikum yang ada perlu disempurnakan lebih lanjut dan disajikan lebih menarik sehingga dapat memotivasi siswa untuk melaksanakan kegiatan praktikum dengan baik.

Menurut para guru, konsep *Green Chemistry* perlu diterapkan dalam praktikum di sekolah. Karena sekolah tidak menyediakan sistem pembuangan khusus limbah kimia, sehingga limbah sisa bahan kimia belum dapat ditangani secara optimal. Penerapan *Green Chemistry* dalam kegiatan praktikum di sekolah dapat mengurangi limbah bahan kimia yang dihasilkan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan terhadap guru dan siswa yang dilakukan, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengembangkan bahan ajar berupa modul praktikum yang menerapkan prinsip *Green Chemistry* dan penyajian modul yang menarik untuk memotivasi siswa dalam membaca modul dan melaksanakan kegiatan praktikum sesuai petunjuk dalam modul.

## B. Tahap Pengembangan Media

Tahap ini meliputi tahap perancangan modul praktikum dan tahap pengembangan modul praktikum

### 1. Tahap Perancangan Modul Praktikum

Tahap perancangan modul praktikum diawali dengan melakukan pemetaan materi kelarutan dan hasil kali kelarutan, menganalisis indikator-indikator yang harus dicapai, merancang kegiatan praktikum yang sesuai dengan indikator yang akan dicapai, dan merumuskan tujuan dari setiap kegiatan praktikum. Dari hasil

analisis indikator, kegiatan praktikum yang dirancang dalam modul sebanyak empat kegiatan praktikum., yaitu :

- a. Percobaan pertama adalah percobaan kelarutan zat (gula pasir, garam, urea, dan soda kue) yang disesuaikan dengan indikator yaitu melakukan percobaan kelarutan suatu zat. Tujuan percobaan ini antara lain menentukan kelarutan zat dalam pelarut air melalui percobaan. Percobaan kelarutan yang tidak menerapkan prinsip *Green Chemistry* menggunakan pelarut air sebanyak 100 mL dan massa zat-zat yang dibutuhkan cukup banyak. Massa zat-zat yang dibutuhkan jika volume air sebanyak 100 mL dapat dilihat pada tabel 6. Prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan adalah menggunakan pelarut yang aman yaitu air dan bahan-bahan tambahan yang lebih aman dan tidak berbahaya, yaitu gula pasir, garam, urea, dan soda kue.
- b. Percobaan kedua adalah reaksi pengendapan sesuai dengan indikator memperkirakan terbentuknya endapan berdasarkan harga  $K_{sp}$  dan membuktikannya dengan percobaan. Tujuan percobaan ini antara lain menentukan zat hasil reaksi pembentukan beberapa garam melalui percobaan dengan tepat. Percobaan reaksi pengendapan yang tidak menerapkan prinsip *Green Chemistry* menggunakan bahan-bahan seperti  $AgNO_3$  dan  $FeCl_3$  dengan konsentrasi 1 M dan volume 1 mL. Percobaan yang menerapkan prinsip *Green Chemistry* mengganti bahan yang mengandung Ag

dan Fe dengan bahan yang mengandung logam alkali tanah yaitu Ba dan Ca. Prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan adalah menggunakan bahan yang mengurangi atau menghilangkan polusi, dan menggunakan bahan kimia yang aman untuk mencegah terjadinya kecelakaan.

- c. Percobaan ketiga adalah percobaan kelarutan kalsium hidroksida dan efek ion sejenis yang dirancang sesuai indikator menjelaskan pengaruh penambahan ion sejenis dalam larutan dan penerapannya. Tujuan percobaan ini antara lain menjelaskan pengaruh efek ion sejenis dan menghitung kelarutan dan hasil kali kelarutan kalsium hidroksida. Percobaan yang tidak menerapkan *Green Chemistry* menggunakan volume air dan volume NaOH sebanyak 50 mL, konsentrasi NaOH dan HCl yang digunakan sebesar 0,1 M, dan menggunakan indikator PP. Percobaan yang menerapkan *Green Chemistry* mengurangi volume air menjadi 10 mL dan volume NaOH menjadi 4 mL, sehingga jumlah HCl yang dibutuhkan dalam percobaan berkisar antara 1-3 mL. Indikator PP juga diganti dengan indikator alam dari ekstrak kol merah. Prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan adalah penggunaan bahan, dan penerapan proses yang mengurangi atau menghilangkan polusi pemborosan sumber daya dengan cara mengurangi volume dan konsentrasi dari larutan yang digunakan.

d. Percobaan keempat adalah percobaan kesadahan air. Tujuan percobaan ini antara lain menjelaskan pengaruh air sadah terhadap busa sabun dan menjelaskan cara untuk menghilangkan kesadahan air. Percobaan tanpa penerapan *Green Chemistry* menggunakan air sebanyak 1 Liter dan volume larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebanyak 50 mL. Percobaan yang menerapkan *Green Chemistry* hanya menggunakan 2 mL air dan 2 mL larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Prinsip *Green Chemistry* yang digunakan adalah menggunakan bahan kimia yang aman untuk mencegah terjadinya kecelakaan.

Setelah kegiatan praktikum dirancang sesuai indikator dan tujuan praktikum telah dirumuskan, selanjutnya dilakukan validasi percobaan. Validasi percobaan dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Jakarta. Tujuan dilakukannya validasi percobaan adalah untuk menyusun kegiatan praktikum yang sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan dan melakukan uji coba terhadap kegiatan praktikum yang telah dirancang. Hasil validasi kegiatan praktikum akan dijelaskan di bawah ini.

a. Percobaan pertama, yaitu percobaan kelarutan beberapa senyawa. Percobaan ini menggunakan bahan-bahan kimia yang ada di sekitar siswa, yaitu gula pasir, garam dapur, soda kue, dan urea yang dilarutkan dalam 20 mL air. Langkah-langkah pada percobaan ini diuraikan sebagai berikut.

- 1) Menyiediakan empat buah gelas kimia 50 mL yang masing-masing berisi 20 mL air. Gelas kimia diberi tanda untuk masing-masing zat yang diuji coba
- 2) Menimbang zat menggunakan kaca arloji dengan massa zat mula-mula, yaitu:
  - a) gula pasir 10 gram,
  - b) garam dapur 4 gram,
  - c) soda kue 1 gram, dan
  - d) urea 15 gram

Memasukan zat ke masing-masing gelas kimia yang berisi 20 mL air, aduk hingga tiap zat larut seluruhnya dan terbentuk larutan yang belum jenuh.

- 3) Menimbang kembali setiap zat sebanyak 5 gram. Melakukan penambahan kedua untuk tiap-tiap zat dengan menambahkan sedikit demi sedikit zat dengan spatula ke dalam masing-masing larutan sambil mengaduk larutan pada setiap penambahan satu sendok spatula.
- 4) Penambahan zat dihentikan jika sudah terbentuk larutan jenuh. Kemudian timbang kembali zat yang masih tersisa di kaca arloji untuk mengetahui jumlah zat yang ditambahkan hingga membentuk larutan jenuh. Jumlah zat yang dapat larut dalam 20 mL air ditentukan dengan menjumlahkan massa zat mula-mula dengan massa zat pada penambahan kedua.

Dari hasil uji coba didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Validasi Percobaan Kelarutan Senyawa

Zat yang dilarutkan dalam 20 mL air ( $T_{\text{air}} = 25^{\circ}\text{C}$ )	Massa zat mula-mula	Massa zat pada penambahan kedua	Massa total zat yang larut
Gula pasir	10 gram	3,5 gram	13,5 gram
Garam dapur	4 gram	3 gram	7 gram
Soda kue	1 gram	2 gram	3 gram
Urea	15 gram	4 gram	19 gram

Selain itu, dilakukan pula uji coba kelarutan zat pada volume air 10 mL.

Tabel 2. Hasil Validasi Kelarutan Zat pada 10 mL Air

Zat yang dilarutkan dalam 10 mL air ( $T_{\text{air}} = 25^{\circ}\text{C}$ )	Massa total zat yang larut
Gula pasir	6 gram
Garam dapur	2,8 gram
Soda kue	0,3 gram
Urea	9,3 gram

Berdasarkan literatur, data kelarutan dari zat-zat yang diuji coba adalah sebagai berikut

Tabel 3. Data Kelarutan Zat Dalam Air

Zat	Kelarutan zat pada suhu $25^{\circ}\text{C}$	Kelarutan zat pada suhu $25^{\circ}\text{C}$
Gula pasir ( $\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )	90,9 g/100 mL air	18,2 g/20 mL air
Garam dapur ( $\text{NaCl}$ )	36 g/100 mL air	7,2 g/20 mL air
Soda kue ( $\text{NaHCO}_3$ )	9,34 g/100 mL air	1,8 g/20 mL air
Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )	108 gram/100 mL	21,6 g/20 mL air

sumber: [www.sciencelab.com/msds](http://www.sciencelab.com/msds)

Hasil validasi percobaan dengan literatur memiliki perbedaan yang tidak terlalu besar mengenai massa zat-zat yang dilarutkan dalam 20 mL air. Perbedaan data dapat disebabkan oleh faktor perbedaan suhu pada saat percobaan dan perbedaan kecepatan pengadukan larutan. Namun, hasil uji validasi sesuai dengan literatur bahwa zat yang paling banyak larut dalam air adalah urea, kemudian gula pasir, selanjutnya garam dapur, dan zat yang paling sedikit larut dalam air

adalah soda kue. Pada percobaan ini, siswa dapat menentukan kelarutan zat-zat yang diuji coba dalam 20 mL air. Percobaan ini menggunakan pelarut air dan bahan tambahan yang aman dan tidak berbahaya. Hal ini sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan.

- b. Percobaan kedua, yaitu percobaan reaksi pengendapan. Pada percobaan ini direaksikan beberapa senyawa yang menghasilkan garam. Hasil uji coba validasi percobaan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Validasi Percobaan Reaksi Pengendapan

Senyawa yang direaksikan (0,1M)	Hasil pengamatan	
	Warna larutan	Endapan yang terbentuk
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$	Larutan kuning	Tidak terbentuk endapan
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{BaCl}_{2(aq)}$	Larutan putih	Endapan putih
$\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$	Larutan putih	Tidak terbentuk endapan
$\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)}$	Larutan putih	Endapan putih
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$	Larutan kuning	Endapan kuning
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)}$	Larutan putih	Endapan putih

Selain itu juga dilakukan uji coba dengan konsentrasi senyawa masing-masing 0,05 M dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil Uji Coba Reaksi Pengendapan Senyawa 0,05 M

Senyawa yang direaksikan (0,05 M)	Hasil pengamatan	
	Warna larutan	Endapan yang terbentuk
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$	Larutan kuning	Tidak terbentuk endapan
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{BaCl}_{2(aq)}$	Larutan putih	Endapan putih
$\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$	Larutan tak berwarna	Tidak terbentuk endapan
$\text{CaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)}$	Larutan tak berwarna	Tidak terbentuk endapan
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)}$	Larutan kuning	Endapan kuning
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)}$	Larutan tak berwarna	Tidak terbentuk endapan

Berdasarkan literatur didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Analisis Reaksi Pengendapan Berdasarkan Teori

Persamaan Reaksi	Hasil reaksi
$\text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)}$	Tidak terbentuk endapan
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow \text{BaCO}_{3(s)} + \text{KCl}$	Terbentuk endapan putih $\text{BaCO}_3$
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaSO}_{4(s)} + \text{NaCl}_{(aq)}$	Terbentuk endapan putih $\text{BaSO}_4$
$\text{BaCl}_{2(aq)} + \text{K}_2\text{CrO}_{4(aq)} \rightarrow \text{BaCrO}_{4(s)} + \text{KCl}_{(aq)}$	Terbentuk endapan kuning $\text{BaCrO}_4$
$\text{CaCl}_2(aq) + \text{Na}_2\text{SO}_{4(aq)} \rightarrow \text{CaSO}_{4(s)} + \text{NaCl}_{(aq)}$	Endapan putih $\text{CaSO}_4$ yang dapat larut dalam air
$\text{CaCl}_2(aq) + \text{K}_2\text{CO}_{3(aq)} \rightarrow \text{CaCO}_{3(s)} + \text{KCl}_{(aq)}$	Endapan amorf putih $\text{CaCO}_3$

sumber: Analisis Anorganik Kualitatif (Vogel, Svehla : 1985)

Berdasarkan teori, hasil uji coba reaksi pengendapan senyawa dengan konsentrasi 0,1 M sesuai dengan teori. Namun, hasil uji coba reaksi pengendapan untuk senyawa dengan konsentrasi 0,05 M tidak sesuai dengan teori pada reaksi yang seharusnya menghasilkan endapan  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{BaCO}_3$ . Hasil uji coba ini menunjukkan bahwa batas minimum konsentrasi senyawa yang direaksikan agar hasil reaksi sesuai dengan teori sebesar 0,1 M. Maka, konsentrasi senyawa yang digunakan dalam modul praktikum sebesar 0,1 M.

Adapun data hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ) dari garam yang terbentuk sebagai berikut.

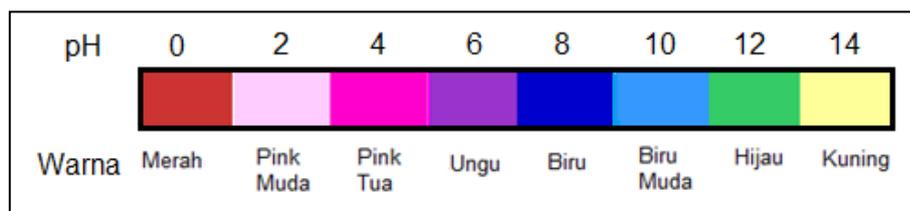
Tabel 7. Hasil Kali Kelarutan Garam Sukar Larut

Senyawa	Harga $K_{sp}$
$\text{BaCO}_3$	$8,1 \times 10^{-9}$
$\text{BaSO}_4$	$1,1 \times 10^{-10}$
$\text{BaCrO}_4$	$1,17 \times 10^{-10}$
$\text{CaSO}_4$	$4,93 \times 10^{-5}$
$\text{CaCO}_3$	$8,7 \times 10^{-9}$

sumber: Kimia Dasar Jilid II (Raymond Chang : 2005)

Pada percobaan ini volume zat-zat yang direaksikan adalah 5 tetes dan konsentrasi zat-zat yang direaksikan adalah 0,1 M. Bahan kimia dalam percobaan ini digunakan dalam skala mikro. Penggunaan skala mikro ini sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yaitu penggunaan bahan yang mengurangi atau menghilangkan polusi dan menggunakan bahan kimia yang aman. Penggunaan bahan kimia dengan skala mikro juga memberikan keuntungan antara lain dapat menghemat biaya penggunaan bahan kimia, waktu pelaksanaan praktikum lebih cepat karena pembentukan produk cepat terjadi dan limbah bahan kimia yang dihasilkan dalam jumlah sedikit serta konsentrasi bahan kimia yang kecil tidak beresiko besar bagi kesehatan siswa.

- c. Percobaan ketiga, yaitu percobaan kelarutan kalsium hidroksida dan efek ion sejenis. Percobaan ini menerapkan prinsip titrasi asam basa dalam menjelaskan efek ion sejenis. Percobaan dilakukan dengan menambahkan 10 tetes larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  ke dalam 10 mL air untuk menentukan kelarutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dan menambahkan 10 tetes larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  ke dalam larutan NaOH dengan konsentrasi yang berbeda-beda, yaitu 0,01 M; 0,025 M; dan 0,05 M. Kemudian larutan ditambahkan dengan indikator alam dari ekstrak kol merah yang memiliki rentang pH dan warna sebagai berikut.



sumber: [abc.net.au/science](http://abc.net.au/science), 2007

Gambar 1. Trayek pH dan warna indikator ekstrak kol merah

Selanjutnya, untuk percobaan efek ion sejenis, dilakukan penetesan larutan HCl ke dalam larutan yang mengandung  $\text{Ca(OH)}_2$  dan NaOH. Jumlah larutan HCl yang dibutuhkan dihitung setiap tetesnya hingga terjadi perubahan warna larutan yang menandakan telah tercapainya titik akhir titrasi. Hasil yang diperoleh dari validasi percobaan ini sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Uji Validasi Percobaan Kelarutan  $\text{Ca(OH)}_2$

Larutan jenuh $\text{Ca(OH)}_2$ dalam :	Jumlah tetes larutan HCl 0,1 M			Rata-rata hasil tetap (tetes)	Perubahan warna larutan
	Percobaan ke - 1 (tetes)	Percobaan ke - 2 (tetes)	Percobaan ke - 3 (tetes)		
Air	8	8	9	8,3	Biru seulas menjadi tak berwarna
NaOH 0,01 M	14	13	12	13	Biru seulas menjadi tak berwarna
NaOH 0,025 M	33	32	34	33	Kuning seulas menjadi tak berwarna
NaOH 0,05 M	63	66	62	63,66	Kuning seulas menjadi tak berwarna

Larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  0,1 M ditambahkan ke dalam air dan ke dalam larutan NaOH dengan konsentrasi 0,01 M; 0,025 M; dan 0,05 M. Semakin besar konsentrasi larutan NaOH maka sifat basa larutan akan semakin kuat, pH larutan semakin besar, dan warna larutan yang teramati sesuai dengan trayek warna indikator.

Pada percobaan ketiga ini, volume dan konsentrasi larutan  $\text{Ca(OH)}_2$  dan larutan  $\text{NaOH}$  menggunakan skala mikro. Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa konsentrasi larutan  $\text{HCl}$  yang digunakan kecil dan volume larutan  $\text{HCl}$  yang dibutuhkan sedikit. Hal ini sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yaitu penggunaan bahan, dan penerapan proses yang mengurangi atau menghilangkan polusi pemborosan sumber daya.

- d. Percobaan keempat, yaitu percobaan kesadahan air. Proses penghilangan kesadahan air merupakan salah satu aplikasi dari kelarutan. Air sadah yang digunakan dalam percobaan ini adalah air sadah yang dibuat dengan mencampurkan senyawa  $\text{CaCl}_2$  dalam air dan  $\text{MgSO}_4$  dalam air. Hasil validasi percobaan yang diperoleh adalah

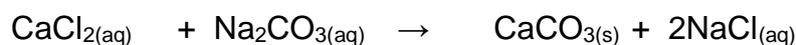
Tabel 9. Hasil Uji Validasi Percobaan Kesadahan Air

No	Bahan yang diuji coba	Penambahan	Tinggi busa sabun (cm)
1	Aquades	Penambahan 2 mL air sabun ↓ pengocokan selama 30 detik ↓ didiamkan 5 detik	3,2
2	Aquades + $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$		3,2
3	Aquades + $\text{CaCl}_{2(aq)}$		3,1
4	Aquades + $\text{CaCl}_{2(aq)}$ + $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$		3,5
5	Aquades + $\text{MgSO}_{4(aq)}$		3,0
6	Aquades + $\text{MgSO}_{4(aq)}$ + $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$		3,2
7	Aquades + $\text{NaCl}_{(aq)}$		2,7
8	Aquades + $\text{NaCl}_{(aq)}$ + $\text{Na}_2\text{CO}_{3(aq)}$		3,0

Kesadahan air menunjukkan kandungan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dalam air. Air sadah adalah air yang kandungan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) sangat tinggi. Air sadah dapat mengganggu proses pencucian menggunakan sabun. Bila sabun digunakan pada air sadah, mula-mula sabun harus bereaksi lebih

dahulu dengan setiap ion kalsium dan magnesium yang terkandung dalam air, sehingga kerja sabun menjadi kurang efektif (Sulistiyani dkk, 2012). Air sadah digolongkan menjadi air sadah sementara, yaitu air sadah yang mengandung ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ), dan air sadah tetap yaitu air sadah yang mengandung ion selain ion bikarbonat dapat berupa ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , dan  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Kesadahan sementara dapat dihilangkan melalui pemanasan yang akan membebaskan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$ , sedangkan kesadahan tetap dapat dihilangkan dengan mereaksikan air sadah dengan pereaksi tertentu, yaitu larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  atau larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Percobaan yang dilakukan ini adalah menghilangkan kesadahan tetap menggunakan pereaksi natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Larutan karbonat yang ditambahkan dapat mengendapkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$ . Reaksi yang terjadi adalah



Air sadah yang diuji coba adalah aquades yang ditambahkan larutan  $\text{CaCl}_2$  dan larutan  $\text{MgSO}_4$ . Campuran antara aquades dan  $\text{CaCl}_2$  menghasilkan busa sabun setinggi 3,1 cm, sedangkan campuran aquades,  $\text{CaCl}_{2(\text{aq})}$  dan  $\text{CaCO}_{3(\text{aq})}$  menghasilkan busa setinggi 3,5 cm. Campuran antara aquades dan  $\text{MgSO}_4$  menghasilkan busa sabun setinggi 3 cm, sedangkan campuran antara aquades,  $\text{MgSO}_{4(\text{aq})}$ , dan  $\text{CaCO}_{3(\text{aq})}$  menghasilkan busa sabun setinggi 3,2 cm.

Hasil uji coba ini menunjukkan bahwa tinggi sabun pada air sadah lebih rendah dibandingkan dengan tinggi sabun pada air sadah yang ditambahkan dengan  $\text{CaCO}_{3(\text{aq})}$ . Penambahan  $\text{CaCO}_{3(\text{aq})}$  dapat mengendapkan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  dalam larutan, sehingga kesadahan airnya dapat berkurang dan ketinggian busa sabun bertambah atau busa sabun yang dihasilkan menjadi lebih banyak. Namun, pada percobaan ini ketinggian/jumlah busa sabun yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh kecepatan pengocokan tabung reaksi karena pengocokan tabung reaksi dilakukan secara manual.

Volume dari masing-masing bahan yang diuji coba adalah 2 mL dan menggunakan pelarut air. Hal ini sesuai dengan prinsip *Green Chemistry* yaitu penggunaan pelarut dan bahan kimia yang aman untuk mencegah terjadinya kecelakaan.

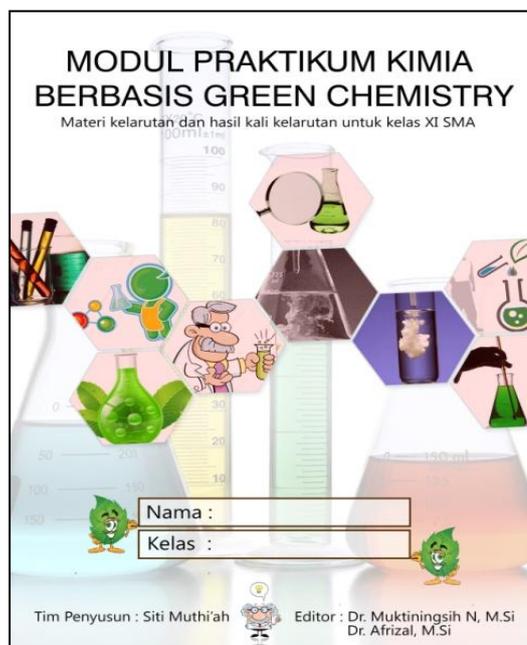
## 2. Tahap Pengembangan Modul

Modul praktikum dibuat dengan menggunakan software Microsoft Word 2007 untuk membuat bagian isi modul dan photoshop untuk mendesain cover modul. Ukuran modul dibuat berdasarkan standar ISO yaitu berukuran A4 (210×297 mm) dengan ketebalan kertas 80 gram. Modul praktikum terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan, bagian isi dan bagian penutup. bagian pendahuluan antara lain berisi :

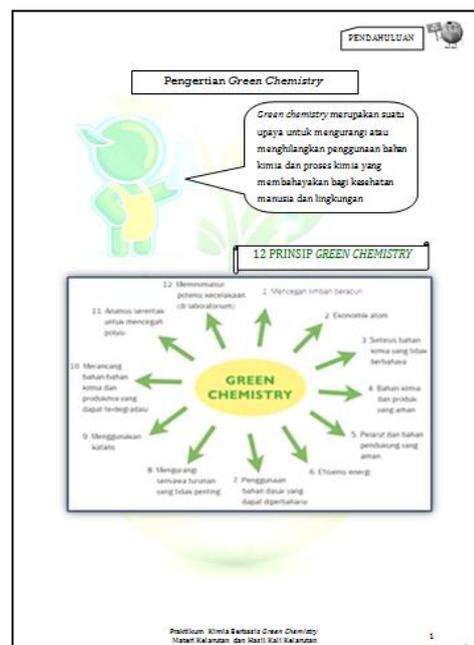
- 1) Pengenalan mengenai konsep *Green Chemistry* dan prinsip-prinsip *Green Chemistry*

- 2) Perlengkapan keamanan yang perlu digunakan praktikan saat melaksanakan kegiatan praktikum
- 3) Tindakan pertolongan pertama jika pada saat praktikum ada siswa yang terkontaminasi dengan bahan kimia
- 4) Simbol-simbol bahan kimia berbahaya yang perlu diketahui siswa
- 5) Alat-alat yang ada di laboratorium
- 6) Teknik-teknik dasar di laboratorium
- 7) Material Safety Data Sheet (MSDS) yang memuat informasi mengenai bahan-bahan kimia yang digunakan dalam kegiatan praktikum

Bagian isi memuat percobaan yang menerapkan prinsip *Green Chemistry*. Pada setiap percobaan dilengkapi dengan tujuan praktikum, teori singkat, bagan kerja yang dilengkapi dengan ilustrasi dari cara kerja praktikum, soal pretest, soal latihan dan evaluasi untuk mengetahui tingkat pemahaman siswa mengenai praktikum yang dilakukan. Bagian penutup terdiri dari glossarium yang memuat istilah-istilah penting dilengkapi dengan penjelasan istilah dan daftar pustaka berisi referensi yang digunakan dalam penyusunan modul praktikum.



Gambar 2. Sampul depan modul sebelum revisi



Gambar 3. Bagian Pendahuluan sebelum revisi

### C. Tahap Uji Kelayakan Modul Praktikum

Sebelum modul praktikum yang dikembangkan di uji coba kepada siswa, terlebih dahulu dilakukan uji kelayakan modul oleh ahli yang meliputi ahli materi, ahli bahasa, dan ahli media. Uji kelayakan modul oleh ahli bertujuan untuk memvalidasi, menilai modul dan menganalisis modul yang dikembangkan sehingga selanjutnya dapat dilakukan perbaikan modul sesuai saran yang diberikan oleh para ahli. Instrumen yang digunakan untuk uji kelayakan modul oleh ahli dikembangkan dari instrumen penilaian buku teks pelajaran kimia yang bersumber dari Badan Standar Nasional Pendidikan.

#### 1. Uji Kelayakan Modul oleh Ahli Materi

Uji kelayakan modul oleh ahli materi dilakukan untuk menganalisis modul dari segi materi kimia. Ahli materi terdiri dari

empat orang rater yang terdiri dari dua guru kimia SMA dan dua dosen kimia Universitas Negeri Jakarta. Pelaksanaan uji ahli ini dilakukan peneliti dengan memberikan modul praktikum kepada para rater untuk dikaji dan dianalisis dalam kurun waktu yang sesuai dengan masing-masing rater. Kemudian para rater diminta mengisi kuesioner untuk menilai modul praktikum. Kuesioner uji kelayakan materi terdiri dari delapan indikator, yaitu kesesuaian materi dengan tujuan pembelajaran, keakuratan materi, kemutakhiran materi, mengembangkan kemampuan siswa, konsep *Green Chemistry*, teknik penyajian, pendukung penyajian materi, dan penyajian pembelajaran.

Tabel 10. Hasil Analisis Uji Kelayakan oleh Ahli Materi

Indikator	Ahli 1			Ahli 2			Ahli 3			Ahli 4		
	$\Sigma$	%	Interp retasi									
Kesesuaian materi dengan KI, KD, dan indikator	6	75	B	8	100	SB	6	75	B	6	75	B
Keakuratan materi	26	81.3	SB	29	90.6	SB	31	96.9	SB	27	84.4	SB
Kamutakhiran materi	8	66.7	B	9	75	B	12	100	SB	11	91.7	SB
Mengembangkan kemampuan siswa	22	91.7	SB	18	75	B	23	95.8	SB	22	91.7	SB
Konsep <i>Green Chemistry</i>	12	75	B	12	75	B	12	75	B	14	87.5	SB
Teknik penyajian	13	65	B	16	80	B	19	95	SB	15	75	B
Pendukung penyajian materi	11	68.8	B	12	75	B	16	100	SB	15	93.8	SB
Penyajian pembelajaran	11	91.7	SB	9	75	B	10	83.3	SB	11	91.7	SB

Keterangan : B = Baik ; SB = Sangat Baik

Setelah mendapatkan data para rater, selanjutnya dilakukan uji reliabilitas antarrater menggunakan *Intraclaas Correlation Coeficient*

(ICC). Reliabilitas yang diperoleh sebesar 0,91 dengan kategori reliabilitas sangat baik yang berarti terdapat kesesuaian antar para rater mengenai materi yang disajikan dalam modul praktikum kimia. Interpretasi uji kelayakan materi terhadap modul dapat diuraikan sebagai berikut:

a) Kesesuaian materi dengan Kompetensi Inti, Kompetensi Dasar, dan Indikator

Hasil penilaian para rater menunjukkan interpretasi yang baik dan sangat baik yang berarti bahwa materi yang disajikan dalam modul sesuai dengan kompetensi inti, kompetensi dasar, dan indikator.

b) Keakuratan materi

Hasil penilaian keakuratan materi dari ketiga rater menunjukkan interpretasi yang sangat baik. Materi dalam modul yang berupa konsep, fakta, teori, dan prosedur praktikum yang disajikan telah sesuai dan dapat dipahami siswa.

c) Kemutakhiran materi

Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan ilmu kimia dan menggunakan satuan sesuai dengan satuan Sistem Internasional (SI)

d) Mengembangkan kemampuan siswa

Penyajian materi dalam modul dapat memotivasi siswa dalam belajar dan bekerja, mampu menumbuhkan rasa ingin tahu dan sikap berpikir kritis untuk menghasilkan gagasan baru

e) Konsep *Green Chemistry*

Konsep *Green Chemistry* disajikan sesuai dengan definisi yang berlaku. Prosedur percobaan yang menerapkan prinsip *Green Chemistry* disajikan secara sistematis dan dapat dipahami siswa.

f) Teknik penyajian

Materi dalam modul disajikan secara sistematis mulai dari konsep yang sederhana hingga ke konsep yang rumit. Terdapat keterkaitan antarkonsep, antarfakta, dan antarteori yang disajikan.

g) Pendukung penyajian materi

Isi modul praktikum telah sesuai dengan karakteristik modul yang terdiri dari bagian pendahuluan, bagian isi yang meliputi teori sesuai dengan percobaan dan evaluasi di setiap percobaan, dan bagian penutup yang terdiri dari glossarium dan daftar pustaka

h) Penyajian pembelajaran

Setiap kegiatan praktikum yang disajikan dalam modul melibatkan peran siswa dalam melaksanakan prosedur percobaan

Saran yang diterima dari para rater antara lain memperbaiki tujuan praktikum dengan menggunakan kata-kata operasional dalam merumuskan tujuan praktikum, memperbaiki prosedur kerja pada percobaan pertama, konsisten dalam penggunaan simbol atau lambang pada bagian bagan kerja, memperbaiki contoh pada konsep kelarutan dimana gula merupakan senyawa nonpolar tetapi dapat larut

dalam air yang bersifat polar, menambahkan soal evaluasi berupa soal perhitungan

## 2. Uji Kelayakan Modul oleh Ahli Bahasa

Uji kelayakan modul dari segi bahasa dilakukan oleh tiga orang rater yang terdiri dari satu orang guru bahasa Indonesia di SMA, satu orang dosen bahasa Indonesia UNJ, dan satu orang dosen kimia UNJ. Pelaksanaan uji kelayakan bahasa dilakukan peneliti dengan memberikan modul praktikum kepada para rater untuk dikaji dan dianalisis dalam kurun waktu yang sesuai dengan masing-masing rater. Kemudian para rater diminta mengisi kuesioner untuk menilai modul praktikum. Kuesioner uji kelayakan bahasa terdiri dari tujuh indikator yang meliputi kesesuaian bahasa dengan perkembangan siswa, komunikatif, dialogis dan interaktif, kelugasan bahasa, keruntutan tata bahasa dan kesatuan alur pikir, kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia, dan konsistensi penggunaan istilah/lambang.

Tabel 11. Hasil Analisis Uji Kelayakan Modul oleh Ahli Bahasa

No	Indikator	Nomor Kuesioner	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3	
			%	Interpretasi	%	Interpretasi	%	Interpretasi
1	Kesesuaian bahasa dengan perkembangan siswa	1, 2	100	SB	75	B	75	B
2	Komunikatif	3, 4	100	SB	62.5	B	75	B
3	Dialogis dan interaktif	5, 6	100	SB	62.5	B	87.5	SB
4	Kelugasan bahasa	7, 8	100	SB	62.5	B	75	B

No	Indikator	Nomor Kuesioner	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3	
			%	Interpretasi	%	Interpretasi	%	Interpretasi
5	Keruntutan dan kesatuan alur pikir	9, 10	100	SB	87.5	SB	75	B
6	Kesesuaian dengan kaidah bahasa Indonesia	11, 12	100	SB	100	SB	75	B
7	Penggunaan istilah/lambang	13, 14	100	SB	62.5	B	75	B

Keterangan : B = Baik ; SB = Sangat Baik

Setelah mendapatkan data para rater, selanjutnya dilakukan uji reliabilitas antarrater menggunakan *Intraclaas Correlation Coeficient* (ICC). Reliabilitas yang diperoleh sebesar 0,85 dengan kategori reliabilitas sangat baik yang berarti terdapat kesesuaian antar para rater mengenai penggunaan bahasa Indonesia sesuai dengan kaidah bahasa Indonesia. Berdasarkan penilaian oleh rater ahli bahasa, dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Bahasa yang digunakan dalam modul sesuai dengan tingkat berpikir siswa dan penyampaian materi sesuai dengan bahasa Indonesia yang lazim digunakan
- b) Ilustrasi yang digunakan dalam modul sesuai dan relevan dengan materi yang dijelaskan.
- c) Penggunaan kalimat dan ejaan dalam modul mengikuti struktur kalimat yang tepat sesuai kaidah bahasa Indonesia dan mengacu pada Ejaan Yang Disempurnakan. Antarkalimat dalam satu alinea mencerminkan satu kesatuan dan saling berhubungan.

- d) Simbol/lambang yang digunakan dalam modul untuk melambangkan suatu konsep, asas atau makna tertentu sudah konsisten.

Saran yang diberikan oleh para ahli bahasa adalah memperbaiki beberapa kata mengikuti aturan penggunaan kata baku dalam bahasa Indonesia, memperbaiki kalimat menjadi kalimat yang efektif.

### 3. Uji Kelayakan Modul oleh Ahli Media

Uji kelayakan modul dari segi media dilakukan oleh tiga orang rater yang terdiri dari dua orang guru komputer/TIK di SMA, dan satu orang dosen kimia UNJ. Pelaksanaan uji kelayakan media dilakukan peneliti dengan memberikan modul praktikum kepada para rater untuk dikaji dan dianalisis dalam kurun waktu yang sesuai dengan masing-masing rater. Kemudian para rater diminta mengisi kuesioner untuk menilai modul praktikum. Kuesioner uji kelayakan media terdiri dari tiga indikator yang meliputi ukuran modul, bagian kulit modul, dan bagian isi modul.

Tabel 12. Hasil Analisis Uji Kelayakan Modul oleh Ahli Media

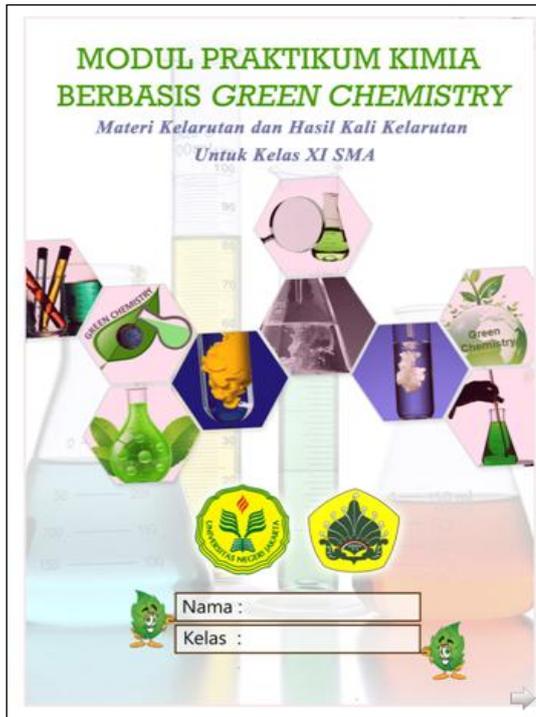
No	Indikator	Nomor Kuesioner	Ahli 1		Ahli 2		Ahli 3	
			%	Interpretasi	%	Interpretasi	%	Interpretasi
1	Ukuran modul	1	100	SB	75	B	100	SB
2	Bagian kulit modul	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	96.2	SB	75	B	73.1	B
3	Bagian isi modul	15, 16, 17, 18, 19, 20	100	SB	75	B	75	B

Keterangan : B = Baik ; SB = Sangat Baik

Setelah mendapatkan data para rater, selanjutnya dilakukan uji reliabilitas antarrater menggunakan *Intraclaas Correlation Coeficient* (ICC). Reliabilitas yang diperoleh sebesar 0,89 dengan kategori reliabilitas sangat baik yang berarti para rater menyetujui aspek media yang digunakan dalam modul. Berdasarkan penilaian oleh rater ahli bahasa, dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Ukuran modul praktikum telah sesuai dengan standar ISO yaitu berukuran A4 (210 x 297 mm) dengan ketebalan kertas 80 gram.
- b) Desain bagian kulit buku sudah proporsional, penempatan unsur-unsur tata letak seperti judul, pengarang, dan logo cukup seimbang dan secara keseluruhan ditampilkan serasi. Penggunaan huruf pada bagian kulit buku juga tepat dan mudah dibaca serta tidak menggunakan banyak hiasan.
- c) Pada bagian isi buku, penempatan teks dan ilustrasi diletakkan berdekatan. Jenis, warna dan ukuran huruf yang digunakan sesuai dan mudah dibaca. Keseluruhan ilustrasi meliputi judul dan teks bacaan ditampilkan serasi dalam seluruh halaman.

Saran yang diberikan oleh para ahli media antara lain memperbaiki layout dan background karena penggunaan background membuat teks sulit dibaca, perlu penambahan warna dalam modul karena terlalu didominasi oleh warna hijau.



Gambar 4. Sampul depan modul setelah revisi

**PERCOBAAN 1**  
KELARUTAN BEBERAPA SENYAWA

**Kompetensi Dasar**

- Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis, kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan

**Indikator**

- Memerang dan melakukan percobaan kelarutan suatu zat

**TUJUAN PERCOBAAN**

- Menentukan kelarutan gula pasir, garam dapur, soda kue, dan urea dalam 20 ml air melalui percobaan.
- Menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan suatu zat berdasarkan percobaan dengan benar.

**Prinsip Green Chemistry pada praktikum**

- Pengurangan volume air dari 100 ml menjadi 20 ml.
- Penggunaan bahan-bahan yang aman yang ada di sekitar siswa

Praktikum Kimia Berbasis Green Chemistry  
Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Gambar 5. Bagian isi modul percobaan 1

**PENDAHULUAN**

**A. KONSEP GREEN CHEMISTRY**

Green chemistry merupakan suatu upaya untuk mengurangi atau menghilangkan penggunaan bahan kimia dan proses kimia yang membahayakan bagi kesehatan manusia dan lingkungan

**12 PRINSIP GREEN CHEMISTRY**

- Meminimalisir potensi kecelakaan di laboratorium
- Mencegah limbah beracun
- Ekonomis atom
- Sintesis bahan kimia yang tidak berbahaya
- Mencegah polusi
- Merancang produk kimia yang dapat terdegradasi
- Merancang bahan kimia yang aman
- Menggunakan katalis
- Pelaut dan bahan pendukung yang aman
- Mengurangi derivat yang tidak penting
- Penggunaan bahan yang dapat diperbaharui
- Efisiensi energi

Praktikum Kimia Berbasis Green Chemistry  
Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Gambar 7. Bagian pendahuluan setelah revisi

**BAGAN KERJA**

**PERCOBAAN 1**

5 tetes  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,1 M

5 tetes  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  0,1 M

5 tetes  $\text{BaCl}_2$  0,1 M

1. Siapkan 2 buah tabung reaksi. Beri label A dan B

2. Masukkan 5 tetes  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,1 M ke dalam masing-masing tabung reaksi

3. Tambahkan 5 tetes larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  0,1 M ke dalam tabung B

4. Amat perubahan yang terjadi

5. Tambahkan 5 tetes larutan  $\text{BaCl}_2$  0,1 M ke dalam tabung B

**PERCOBAAN 2**

5 tetes  $\text{CaCl}_2$  0,1 M

5 tetes  $\text{K}_2\text{CO}_3$  0,1 M

5 tetes  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,1 M

1. Siapkan 2 buah tabung reaksi. Beri label A dan B

2. Masukkan 5 tetes  $\text{CaCl}_2$  0,1 M ke dalam masing-masing tabung reaksi

3. Tambahkan 5 tetes larutan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  0,1 M ke dalam tabung A

4. Amat perubahan yang terjadi

5. Tambahkan 5 tetes larutan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,1 M ke dalam tabung B

Praktikum Kimia Berbasis Green Chemistry  
Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Gambar 8. Bagan kerja percobaan 2 setelah revisi

#### D Uji Coba Modul Kepada Siswa

Setelah melalui uji kelayakan modul dari segi materi, bahasa, dan media, modul diperbaiki dahulu sesuai dengan saran yang diberikan oleh para ahli. Setelah proses perbaikan modul, modul diujicobakan kepada siswa yang terbagi dalam uji coba modul kepada siswa kelompok kecil dan kepada siswa kelompok besar serta dilakukan penilaian modul oleh guru kimia.

##### 1. Uji Coba Siswa Kelompok Kecil

Partisipan dalam uji coba siswa kelompok kecil terdiri dari 29 siswa kelas XI SMAN 71 Jakarta. Uji coba kelompok kecil bertujuan untuk menguji kelayakan dan mengetahui pendapat para siswa mengenai modul praktikum yang dikembangkan sebelum diujicobakan pada siswa kelompok besar. Sebelum pelaksanaan praktikum, siswa diberikan modul untuk dipelajari terlebih dahulu. Pada saat pelaksanaan praktikum, siswa diberikan pengarahan terlebih dahulu mengenai isi modul, konsep *Green Chemistry* dan prinsip *Green Chemistry* yang diterapkan dalam praktikum serta tujuan dari kegiatan praktikum yang akan dilakukan siswa. Setelah itu siswa diperkenankan untuk melaksanakan kegiatan praktikum sesuai dengan prosedur kerja pada modul praktikum. Kegiatan praktikum dilakukan secara berkelompok.

Selanjutnya, siswa diberikan waktu untuk membahas dan menganalisis hasil percobaannya serta menjawab pertanyaan dalam

modul. Kemudian, masing-masing kelompok menyimpulkan hasil percobaannya. Untuk mengukur pemahaman siswa mengenai kegiatan praktikum yang dilakukan, siswa diwajibkan untuk mengerjakan soal evaluasi yang ada dalam modul praktikum.

Setelah selesai melaksanakan kegiatan praktikum, siswa diberikan kuesioner yang berisi pernyataan-pernyataan untuk mengevaluasi modul sesuai dengan pendapat siswa siswa. Kuesioner ini menggunakan skala Likert berskala 1 sampai dengan 4. Kuesioner uji coba kelompok kecil terdiri dari empat indikator, yaitu kualitas relevansi modul dengan tujuan pembelajaran, kualitas isi, kualitas instruksional, dan kualitas teknik. Hasil uji coba kelompok kecil dapat dilihat pada tabel .

Tabel 13. Uji Coba Kelompok Kecil

NO	INDIKATOR	Nomor Kuesioner	$\Sigma$	%	Interpretasi
1	Kualitas Relevansi dengan tujuan pembelajaran	1 , 5	177	76.3	Baik
2	Kualitas Isi	2 , 3 , 4 , 7 , 8 , 14 , 17 , 18 , 19 , 20	859	74.1	Baik
3	Kualitas Instruksional	6 , 9 , 11	272	78.2	Baik
4	Kualitas Teknik	10 , 12 , 13 , 15 , 16	446	76.9	Baik
5	Kualitas Keseluruhan	1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10,11,12,13, 14,15,16,17,18 ,19,20	1754	75.6	Baik

Berdasarkan hasil uji coba kelompok kecil tanggapan yang diberikan siswa pada uji coba kelompok kecil ini sudah baik. Namun

modul praktikum perlu direvisi kembali untuk meningkatkan kualitas modul praktikum yang dikembangkan.

## 2. Uji Coba Siswa Kelompok Besar

Pada uji coba kelompok besar, partisipan terdiri dari tiga kelas siswa kelas XI dengan jumlah siswa sebanyak 106 siswa. Pelaksanaan uji coba kelompok besar sama dengan pelaksanaan uji coba kelompok kecil. Setelah siswa selesai melaksanakan kegiatan praktikum, siswa diminta untuk mengisi kuesioner untuk mengevaluasi modul sesuai pendapat siswa. Hasil uji coba kelompok besar dapat dilihat pada tabel .

Tabel 14. Uji Coba Kelompok Besar

NO	INDIKATOR	Nomor Kuesioner	$\Sigma$	%	Interpretasi
1	Kualitas Relevansi dengan tujuan pembelajaran	1 , 5	727	85.7	Sangat Baik
2	Kualitas Isi	2 , 3 , 4 , 7 , 8 , 14 , 17 , 18 , 19 , 20	3478	82.0	Sangat Baik
3	Kualitas Instruksional	6 , 9 , 11	1046	82.2	Sangat Baik
4	Kualitas Teknik	10 , 12 , 13 , 15 , 16	1821	85.9	Sangat Baik
5	Kualitas Keseluruhan	1,2,3,4,5,6,7,8, 9,10,11,12,13, 14,15,16,17,18 ,19,20	7072	83.40	Sangat Baik

Hasil perhitungan kuesioner pada uji coba kelompok besar menunjukkan terjadinya peningkatan interpretasi dibandingkan pada uji coba kelompok kecil yang juga menandakan adanya

peningkatan kualitas modul praktikum yang dikembangkan. Berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa modul praktikum berbasis *Green Chemistry* yang dikembangkan layak dipakai disekolah dan digunakan pada pelaksanaan kegiatan praktikum. Penerapan *Green Chemistry* dalam praktikum juga dapat menambah pengetahuan siswa mengenai hubungan antara kimia dengan lingkungan hidup di sekitar siswa. Berikut kutipan hasil wawancara dengan siswa mengenai praktikum berbasis *Green Chemistry* yang dilakukan.

*“praktikum berbasis Green Chemistry menggunakan bahan-bahan yang ramah lingkungan dengan tidak mengurangi keakuratan hasil percobaan, saya jadi mengetahui walaupun bahannya sedikit, tetapi praktikumnya tetap berhasil.”*  
(Wawancara siswa A, 26 Juli 2015)

*“praktikum Green Chemistry membuat hasil praktikum tetap maksimal, praktikum menjadi hemat, aman, dan tidak berbahaya, potensi kerusakan akibat limbah praktikum pun menjadi berkurang”*  
(Wawancara siswa B, 26 Juli 2015)

*“ Green Chemistry menggunakan bahan-bahan alami seperti indikator dari kol merah, saya jadi mengetahui bahan alami apa saja yang dapat digunakan untuk kegiatan praktikum”*  
(Wawancara siswa C, 26 Juli 2015)

### 3. Uji Coba Kepada Guru

Selain melakukan uji coba kepada siswa, modul praktikum juga diuji coba kepada guru kimia di SMAN 71 Jakarta. Tujuannya adalah untuk mengetahui tanggapan dari guru mengenai modul kimia yang dikembangkan dan mengevaluasi modul agar sesuai dengan kebutuhan pembelajaran kimia di sekolah. Partisipan pada

uji coba ini adalah dua orang guru kimia di SMAN 71 Jakarta. Kuesioner pada uji coba kepada guru ini mencakup empat indikator, yaitu kualitas relevansi dengan tujuan pembelajaran, kualitas isi, kualitas instruksional, dan kualitas teknik. Hasil uji coba kepada guru adalah sebagai berikut.

Tabel 15. Uji Coba Modul kepada Guru Kimia

NO	INDIKATOR	Nomor Kuesioner	$\Sigma$	%	Interpretasi
1	Kualitas Relevansi dengan tujuan pembelajaran	1 , 2 , 8 , 14	30	93.75	sangat baik
2	Kualitas Isi	3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 12 , 13 , 15 , 16 , 23 , 24 , 25 , 26 , 27	102	91.07	sangat baik
3	Kualitas Instruksional	9 , 10 , 11	20	83.33	sangat baik
4	Kualitas Teknik	17 , 18 , 19 , 20 , 21 , 22	42	87.5	sangat baik
5	Kualitas Keseluruhan	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ,11,12,13,14,15,16, 17,18,19,20,21,22, 23,24, 25,26,27	194	89.81	sangat baik

Hasil perhitungan kuesioner pada uji coba kepada guru ini menunjukkan nilai persentase yang tinggi dan interpretasi dari modul praktikum kimia yang dikembangkan sangat baik. Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada tabel, dapat disimpulkan bahwa modul praktikum yang dikembangkan sudah layak digunakan.

