

Sintesis Gas Karbondioksida Menggunakan Alat Sintesis Gas Skala Kecil

Herlina Panggabean^{1,a)}, Djulia Onggo

¹Laboratorium Basic Sains Center A,
Program Studi Pengajaran Kimia,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

Kelompok Keilmuan Kimia Anorganik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)} herlinasaja.11@gmail.com

Abstrak

Gas karbondioksida (CO_2) digunakan sebagai contoh dalam mempelajari sintesis dan reaksi gas pada mata pelajaran kimia di lingkungan sekolah menengah atas (SMA). Di laboratorium, gas CO_2 disintesis dari padatan kapur dan asam. Kemudian gas dialirkan ke dalam larutan barium hidroksida untuk menghasilkan kekeruhan pada larutan, tetapi kekeruhan tersebut seringkali tidak teramati. Ini dikarenakan kelarutan barium hidroksida dalam air. Kondisi tersebut diatasi dengan penambahan zat atau pereaksi. Namun, penambahan zat mengakibatkan bertambahnya limbah di lingkungan yang tidak sejalan dengan konsep Green Chemistry. Oleh karena itu, didesain suatu alat skala kecil untuk sintesis gas. Alat skala kecil tersebut terdiri dari botol plastik sebagai tempat terjadinya reaksi yang dilengkapi alat suntik plastik kecil berisi pereaksi dan alat suntik plastik sebagai penampung gas. Untuk mengetahui kelayakan alat tersebut dilakukan uji coba berupa sintesis gas CO_2 dari 0,1 g sampel $CaCO_3$ yang tidak murni. Gas yang dihasilkan dapat mendorong piston pada alat suntik penampung gas hingga mencapai volume 11,5 mL. Berdasarkan hasil percobaan tersebut dapat diketahui kerapatan gas CO_2 rata-rata sebesar 1,8 g/L dan kemurnian sampel rata-rata 46%. Hasil lain dari percobaan diperoleh gas CO_2 yang dapat menghilangkan warna indikator phenolphthalein dari larutan basa. Dengan demikian, alat sintesis gas skala kecil dapat digunakan untuk mengetahui volume gas CO_2 , kemurnian sampel, kerapatan gas CO_2 , dan reaksi gas CO_2 .

Kata-kata Kunci : Sintesis, Gas CO_2 , Alat Skala Kecil

PENDAHULUAN

Karbondioksida adalah senyawa kimia gabungan atom karbon dan oksigen yang pada tekanan 1 atm dan suhu 25°C berwujud gas. Gas karbondioksida memiliki ciri tidak berwarna dan tidak berbau, selain itu gas ini juga memiliki massa jenis lebih besar dari udara dan bersifat inert, sehingga mampu memutuskan segitiga api. Oleh karena itu, gas karbondioksida dapat digunakan sebagai salah satu bahan pemadam kebakaran.

Di lingkungan sekolah, gas karbondioksida seringkali digunakan sebagai contoh dalam pembelajaran tentang gas. Ini dikarenakan sifat gas karbondioksida yang tidak berbahaya pada kesehatan dan mudah diperoleh dari reaksi kimia sederhana. Pada praktek di laboratorium, gas karbondioksida diperoleh dari reaksi kapur dan asam. Peralatan yang digunakan umumnya tabung reaksi, dan pipa U. Pipa U berfungsi mengalirkan gas hasil reaksi ke dalam larutan pendeteksi seperti, barium hidroksida ($Ba(OH)_2$). Hasil yang diharapkan berupa reaksi gas CO_2 dengan larutan $Ba(OH)_2$ dan menghasilkan kekeruhan karena terbentuk barium karbonat ($BaCO_3$) yang memiliki nilai konstanta hasil kali kelarutan yang kecil⁽²⁾. Tetapi percobaan tersebut

seringkali tidak teramati akibat terjadi kebocoran pada penyumbat. Selain itu, kekeruhan sulit diamati karena larutan tidak berwarna, sehingga tidak terjadi perubahan yang jelas pada larutan. Percobaan ini dapat dilakukan dengan jumlah bahan kimia yang besar, namun penambahan bahan dapat menghasilkan limbah yang menambah permasalahan di lingkungan.

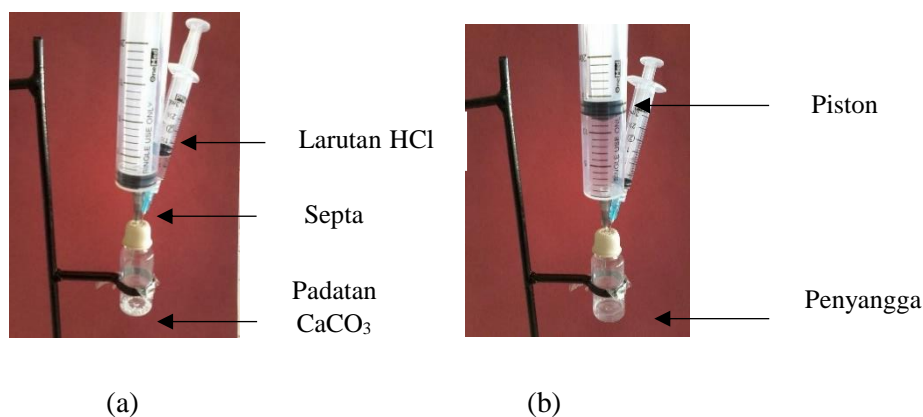
Sejalan dengan konsep *Green Chemistry*⁽⁵⁾, kimia skala kecil dapat digunakan dalam pembelajaran kimia khususnya kimia gas. Metode kimia skala kecil dapat mengurangi jumlah limbah karena menggunakan bahan kimia dalam jumlah kecil tetapi reaksi kimia yang terjadi masih dapat teramati. Dengan demikian, peralatan kimia skala kecil digunakan dalam pembuatan dan reaksi gas CO₂.

Peralatan sintesis gas skala kecil telah digagas oleh Alyea⁽¹⁾ untuk pembuatan gas H₂S dari besi (II) sulfida dan asam. Zat-zat tersebut ditempatkan dalam tabung reaksi yang dihubungkan dengan sebuah alat suntik sebagai penampung gas. Untuk mengurangi dampak kebocoran gas pada peralatan sintesis gas tersebut, maka ditambahkan sebuah alat suntik kecil yang berfungsi sebagai tempat pereaksi oleh Obendrauf. Dengan desain ini, gas yang dihasilkan dapat tertampung sempurna dalam alat suntik dan hampir tidak ada gas hasil sintesis terbuang ke udara⁽⁴⁾. Peralatan sintesis gas yang terdiri dari alat-alat sederhana ini telah digunakan sebagai media pembelajaran berbagai gas⁽⁴⁾.

Pada Penelitian ini digunakan peralatan sintesis gas skala kecil yang dimodifikasi Obendrauf, namun dalam penelitian digunakan peralatan dari bahan plastik dan penyumbat karet septa agar gas tidak terbuang ke udara. Peralatan tersebut digunakan khusus untuk produksi gas CO₂. Dari volume gas yang dihasilkan dapat ditentukan kemurnian sampel, dan massa jenis gas CO₂.

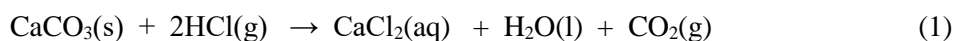
METODE

Alat sintesis gas CO₂ skala kecil terdiri dari tiga bagian yaitu tempat sampel atau tempat reaktor, penampung gas, dan wadah pereaksi. Tempat sampel berupa botol plastik berukuran 10 mL yang diisi sampel padatan dan ditutup dengan karet septa yang memiliki lebar 10 mm. Selanjutnya alat suntik besar dengan volume 20 mL sebagai penampung gas dipasang di atas botol, dan alat suntik kecil bervolume 2,5 mL yang berisi pereaksi ditempatkan pada bagian samping alat suntik besar. Posisi piston dari alat suntik besar harus tepat berada 0 mL, sebelum reaksi pembentukan gas berlangsung yang ditunjukkan pada Gambar 1a. Ketika larutan pereaksi dari alat suntik kecil dialirkan ke dalam botol sampel, maka terjadi reaksi yang menghasilkan gas CO₂. Gas tersebut mampu mendorong piston pada alat suntik besar ke atas yang terlihat pada Gambar 1b. Alat yang telah dirangkai, selanjutnya diletakkan pada sebuah penyangga agar reaksi dan perubahan jumlah gas dapat teramati.



Gambar.1 Rangkaian Alat Sintesis Gas Skala Kecil. (a) sebelum terjadi reaksi, (b) setelah terjadi reaksi

Sintesis gas CO₂ diperoleh dari sampel padatan kalsium karbonat (CaCO₃) yang dibuat dari campuran padatan CaCO₃ dan natrium klorida (NaCl) dengan perbandingan massa 1 : 1. Sintesis gas dilakukan terhadap tiga sampel, massa masing-masing sampel ditimbang dengan kertas pembungkusnya, kemudian kertas tersebut ditimbang kembali, setelah sampel ditempatkan pada botol plastik. Sebagai pereaksi digunakan larutan asam klorida (HCl) 2 M sebanyak 1 mL. Gas CO₂ hasil sintesis tertampung dalam alat suntik dan volum gas dapat diukur dari pembacaan skala alat. Persamaan reaksi sampel padatan CaCO₃ dan larutan HCl dituliskan berikut.



Uji kualitatif dilakukan dengan mengalirkan gas CO₂ pada larutan NaOH 0,01 M yang berada dalam tabung mikrosentrifus berukuran 1,5 mL. Larutan NaOH yang digunakan sebanyak 1 mL dan telah ditambahkan indikator phenolphthalein (pp), sehingga larutan tersebut berwarna merah.

Peralatan pada penelitian ini telah diuji coba pada ujian praktikum Kompetisi Kimia tingkat SMA tahun 2017. Ujian dilakukan terhadap 76 peserta lomba, setiap peserta melakukan percobaan secara individu dan menuliskan hasil kerja mereka pada lembar pengamatan yang tersedia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

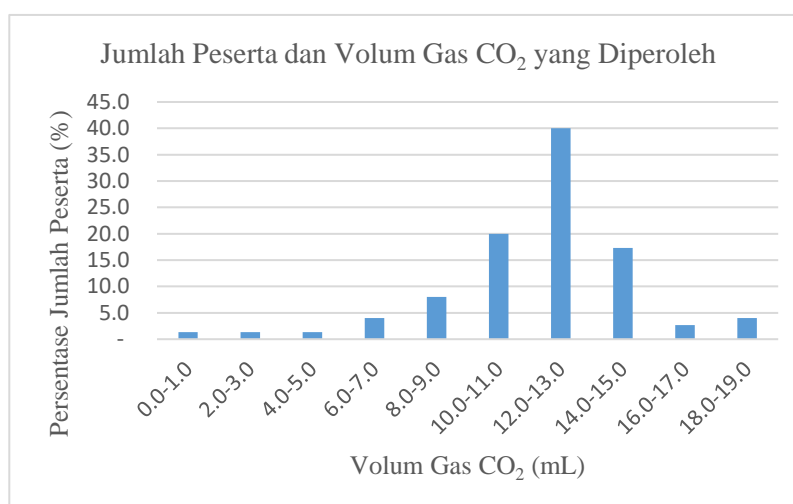
Dari dua percobaan yang dilakukan dengan penyumbat karet biasa, volume gas CO₂ yang diperoleh berbanding lurus dengan massa sampel. Gas CO₂ sebanyak 11,0 mL diperoleh dari 0,1013 g sampel CaCO₃, dan gas CO₂ sebanyak 12,0 mL diperoleh dari 0,1035 g sampel, serta volume rata-rata gas CO₂ dihitung sebesar 11,5 mL.

Hasil dari volume gas yang terukur dapat ditentukan kemurnian sampel CaCO₃. Untuk 11,0 mL CO₂ diperoleh $4,50 \times 10^{-4}$ mol CO₂ yang sama dengan jumlah mol CaCO₃ secara stoikiometri. Sehingga, massa CaCO₃ yang berada dalam sampel dihitung sebesar 0,045 g. Dari massa tersebut, kemurnian sampel CaCO₃ diperoleh sebesar 44%. Dengan cara yang sama kemurnian sampel 0,1035 g yang memiliki volume gas diperoleh sebesar 47%. Jadi kemurnian sampel dapat mencapai 44%-47% dari dua percobaan awal.

Percobaan ketiga dilakukan sintesis gas CO₂ menggunakan alat yang lengkap dengan penyumbat karet septa. Volume gas CO₂ diperoleh 12,3 mL dari sampel 0,1004 g, dan kemurnian sampel yang didapatkan dari volume tersebut sebesar 50%. Kemurnian ini sesuai dengan perbandingan massa sampel CaCO₃ dan massa pengotor yang dibuat sebesar 1 : 1. Oleh karena itu, keberhasilan sintesis gas CO₂ dipengaruhi beberapa faktor yaitu massa sampel lebih dari 0,1 g sehingga mengurangi kesalahan penimbangan, pengotor pada sampel yang tidak menghasilkan gas ketika direaksikan dengan larutan HCl, homogenitas campuran sampel, dan septa yang berfungsi menutup botol reaktor dengan baik, sehingga mencegah gas terbang ke udara.

Dari uji coba terhadap 76 peserta kompetisi kimia, hampir semua peserta lomba berhasil mensintesis gas CO₂ menggunakan alat sintesis gas skala kecil, kecuali satu peserta yang tidak mengisi data pada lembar pengamatan. Volume gas CO₂ yang diperoleh peserta bervariasi dari massa sampel 0,05 g sampai 0,38 g. Namun, massa zat dan volume gas tersebut tidak dapat dihubungkan karena sampel hanya ditimbang pada neraca dengan akurasi dua angka desimal, sehingga massa sampel tidak didapat secara teliti.

Gas CO₂ diperoleh peserta berkisar antara volume 0,0 – 19,0 mL yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar Kurva diketahui volume gas CO₂ yang paling banyak diperoleh peserta sebesar 12,0 mL – 13,0 mL dengan persentase jumlah peserta sebanyak 40%. Sedangkan, jumlah peserta yang memperoleh 10,0 – 11,0 CO₂ sekitar 20%, dan 14,0 mL – 15,0 mL CO₂ sebanyak 17%.



Gambar 2. Kurva Jumlah Peserta dan Volume Gas CO₂

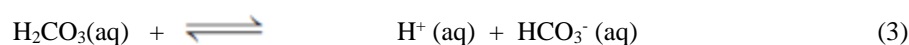
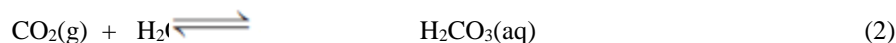
Volume gas CO₂ yang diperoleh sebagian besar peserta memiliki volume yang sama dengan hasil percobaan 3, dan mendekati hasil pengukuran volume pada percobaan 1 dan 2. Dengan jumlah tersebut, maka peralatan sintesis gas skala kecil cukup akurat digunakan untuk pengukuran volume gas CO₂.

Hasil Uji Kualitatif Gas CO₂ ke Dalam Larutan NaOH

Dari hasil uji kualitatif diperoleh bahwa gas CO₂ dapat menghilangkan warna merah indikator pada larutan NaOH 0,01 M seperti terlihat pada Gambar 3. Kemampuan gas CO₂ menghilangkan warna merah bergantung pada kecepatan alir gas dari alat suntik. Jika, aliran gas CO₂ sangat lambat, maka sekitar 1 mL CO₂ dapat menghilangkan warna tersebut, tetapi bila aliran dipercepat, volume gas yang bereaksi dapat mencapai 5,0 mL. Proses hilangnya warna merah larutan disebabkan pH larutan menurun atau menjadi bersifat asam, sesuai dengan persamaan reaksi 2 dan 3. Gas CO₂ merupakan asam dari H₂CO₃(asam karbonat) yang bersifat asam lemah⁽²⁾. Reaksi H₂CO₃ dalam air menghasilkan ion H⁺ dan HCO₃⁻.



Gambar 3. Uji kualitatif Gas CO₂ pada larutan NaOH 0,01 M (a) sebelum dialirkan gas CO₂ (b) setelah gas CO₂ dialirkan ke dalam larutan NaOH 0,01 M



Pada ujian praktikum, hasil sintesis gas peserta harus direaksikan pada larutan NaOH yang telah ditambahkan indikator *pp*. Setiap peserta dapat melakukan reaksi terhadap kedua zat tersebut sebanyak satu hingga tiga kali pengulangan. Terdapat 58% peserta dapat mengulang reaksi sebanyak 3 kali, 22% peserta sebanyak 2 kali, dan 13% peserta hanya melakukan sebanyak satu kali. Sebagian peserta memperoleh volume gas yang berbeda dalam dua hingga tiga kali pengulangan. Ini disebabkan kecepatan mengalirkan gas ke dalam larutan yang berbeda pada setiap pengulangan. Maka, reaksi gas CO₂ dan larutan NaOH hanya dapat digunakan untuk melakukan uji kualitatif.

Dari volume gas CO₂ hasil sintesis dapat dihitung kerapatan (ρ) gas tersebut dari perbandingan massa gas dan volume(g/L). Volume gas CO₂ yang didapat adalah ekuivalen dengan jumlah mol gas. Pada suhu (T) 298 °C, dan tekanan (P) ~ 1 atm, volum gas sebesar 24,4 L ekuivalen dengan 1 mol, Pada kondisi T dan P yang sama diperoleh 11 mL gas CO₂ memiliki mol ekuivalen $4,5 \times 10^{-4}$. Jika diketahui massa 1 mol gas CO₂ sebesar 44,01 g ($M_r = 44,01 \text{ g/mol}$)⁽³⁾, maka massa gas CO₂ sebesar $1,98 \times 10^{-2} \text{ g}$ dari $4,50 \times 10^{-4} \text{ mol}$ gas. Jadi, kerapatan yang diperoleh sebesar 1,8006 g/L. Dengan volume yang berbeda dapat diperoleh massa jenis gas yang sama. Hasil ini mendekati densitas gas CO₂ yang diperoleh secara akurat yakni sebesar 1,799 g/L⁽³⁾.

KESIMPULAN

Gas CO₂ dapat disintesis dari sampel campuran CaCO₃ dan NaCl, dengan penimbangan yang akurat, volume gas CO₂ berbanding lurus dengan massa sampel, dan volume gas dari sampel yang ditimbang dengan neraca dua desimal sebesar 12,0 mL – 13,0 mL. Dari hasil percobaan diperoleh 11,0 mL – 12,3 mL gas CO₂. Kemurnian sampel CaCO₃ sebesar 44,0% - 50,0%. Gas yang diperoleh dapat digunakan untuk menghilangkan warna merah indikator pada larutan NaOH. Selain itu, dengan percobaan ini dapat dibuktikan densitas gas CO₂ sebesar 1,8006 g/L, sehingga ciri-ciri gas CO₂ dapat diketahui dengan pasti.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan (KEMENKEU) Republik Indonesia yang membantu dalam pendidikan, penelitian, dan penulisan makalah ini

REFERENSI

1. Alyea H. N., Syringe Gas Generators. *Journal of Chemical Education (JCE)*.,vol 69 no.1(1992)
2. Brady J, E., 2012. Jespersen N. D., Hyslop A. *Chemistry International Student Version (6th edition)*. St. John's University, New York., 173-183
3. Lide R.D.,2003-2004. *Handbook of Chemistry and Physics (CRC) 8Th Edition.*, hal 4-50, no.527
4. Obendrauf V.K., Kruetzfeldt-Koehler A.M.C. Teaching The Chemistry of Gases With Hand-On Experiments. *Journal of Chemical Education (JCE)*., vol 7, No.2 (2003)
5. Singh M. M., Zvi S., and Ronald M. P. Microscale Cemistry and Green Chemistry: Complementry Pedagogies. *Journal of Chemical Education.*, vol 76 No.12 (1999)