

## ABSORPSI KARBONDIOKSIDA MENGGUNAKAN CAUSTIC SODA SEBAGAI ABSORBEN

Nida Sopiah<sup>1</sup>, Susi Sulistia<sup>1</sup>, Dwindrata B. Aviantara<sup>1</sup>, dan Adi Mulyanto<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The increase of atmospheric CO<sub>2</sub> gas can cause the increasing of earth's surface temperature. This is one of phenomena that ensues as global warming. Global warming occurred because of excess greenhouse effects (more than normal conditions) of the atmosphere as the result of the disturbance of green house gases composition such as CO<sub>2</sub> (carbon dioxide), CH<sub>4</sub> (methane), and N<sub>2</sub>O (nitrous oxide). Caustic soda can be used as an absorbent to absorb carbon dioxide. A series of vessels that contained caustic soda solution able to absorb carbon dioxide originating from heated acidic calcium carbonate. From the study it was found that vessel-1 capable of absorbing 75.6% and vessel-2 24.4% of the released carbon dioxide.*

*Key words : global warming, green house effect, absorbent, caustic soda*

### PENDAHULUAN

Dalam kurun tiga dasawarsa terakhir iklim di Indonesia mengalami perubahan yang cukup dinamis. Salah satu kondisi yang bisa dirasakan adalah semakin naiknya suhu serta kian beragamnya pola iklim saat ini. Suhu yang makin tinggi berpengaruh pada terus meningkatnya evaporasi dan evapotranspirasi yang berujung pada kian menipisnya ketersediaan air.

Pada zaman praindustri (sebelum tahun 1850) konsentrasi CO<sub>2</sub> masih sekitar 290 ppm, sedangkan pada tahun 1990 konsentrasinya telah meningkat menjadi 353 ppm. Peningkatan suhu rata-rata bumi sebesar 0,5°C. Dengan pola konsumsi energi dan pertumbuhan ekonomi seperti sekarang, maka diperkirakan pada tahun 2100 konsentrasi CO<sub>2</sub> akan meningkat dua kali lipat dibanding zaman industri, yaitu sekitar 580 ppm.

Pemanasan global terjadi karena adanya efek rumah kaca yang berlebihan (lebih dari kondisi normal) di atmosfer bumi, sebagai akibat terganggunya komposisi gas-gas rumah kaca

(GRK) utama seperti CO<sub>2</sub> (karbon dioksida), CH<sub>4</sub> (metan) dan N<sub>2</sub>O (nitrous oksida) di atmosfer.

Gas-gas inilah yang selanjutnya menentukan peningkatan suhu udara, karena sifatnya yang seperti kaca, yaitu dapat meneruskan radiasi gelombang-pendek yang tidak bersifat panas, tetapi menahan radiasi gelombang-panjang yang bersifat panas. Akibatnya atmosfer bumi makin memanas dengan laju yang setara dengan laju perubahan konsentrasi GRK<sup>(1)</sup>.

Menurut IPCC (2001) dalam dekade terakhir ini pertumbuhan CO<sub>2</sub> adalah sebesar 2900 juta ton/tahun, sementara pada dekade sebelumnya adalah sebesar 1400 juta ton/tahun. Sedang CH<sub>4</sub> justru mengalami penurunan dari 37 juta ton/tahun pada dekade terdahulu menjadi 22 juta ton/tahun pada dekade terakhir. Demikian pula halnya dengan N<sub>2</sub>O meskipun kecil juga mengalami penurunan dari 3,9 menjadi 3,8 juta ton/tahun. Sementara itu tingkat emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O di Indonesia pada tahun 1994 berturut-turut adalah 952.199, 4.286, dan 61 Gg<sup>(2)</sup>.

Karbondioksida merupakan salah satu parameter lingkungan yang mempunyai kontribusi terhadap

<sup>1</sup> Balai Teknologi Lingkungan BPPT Gedung 412, Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang Banten 15314. Telp. 021-7560919 Fax. 021-7563116  
Email: nidasofiah@yahoo.com

terjadinya efek rumah kaca. Pada penelitian ini dilakukan simulasi absorpsi karbondioksida menggunakan kalsium karbonat sebagai sumber karbondioksida dan *caustic soda* sebagai absorben pada skala laboratorium.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan data awal untuk desain simulasi skala laboratorium; mengetahui kemampuan absorpsi *caustic soda* 0,1N sebagai absorben karbondioksida serta untuk mengetahui jumlah tabung yang dibutuhkan untuk menetapkan rangkaian tabung yang diperlukan.

### TINJAUAN PUSTAKA

Karbon dioksida (rumus kimia:  $\text{CO}_2$ ) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri atas dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon.  $\text{CO}_2$  berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm berdasarkan volume<sup>(3)</sup>, walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. Karbon dioksida adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat.

Karbon dioksida tidak mempunyai bentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm namun langsung menjadi padat pada suhu di bawah  $-78^\circ\text{C}$ . Dalam bentuk padat, karbon dioksida umumnya disebut sebagai es kering.  $\text{CO}_2$  adalah oksida asam. Larutan  $\text{CO}_2$  mengubah warna litmus dari biru menjadi merah muda<sup>(4)</sup>.

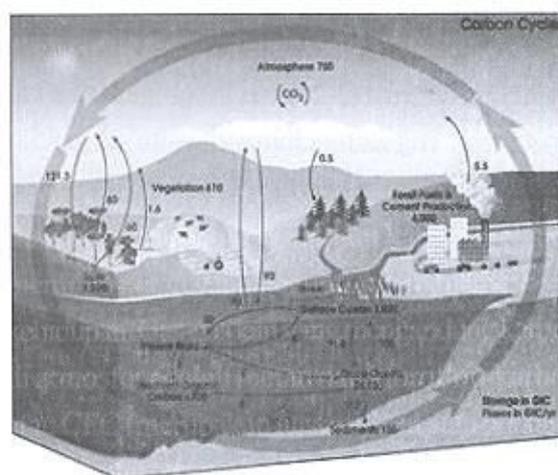
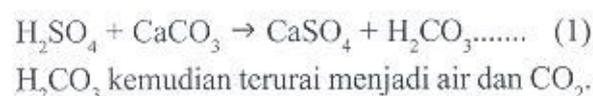
### Sumber $\text{CO}_2$

Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer bumi adalah gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Meskipun jumlah gas ini merupakan bagian yang sangat kecil dari seluruh gas yang ada di atmosfer

(hanya sekitar 0,04%), namun karbondioksida memiliki peran yang penting dalam menyokong kehidupan. Gas-gas lain yang mengandung karbon di atmosfer adalah metan dan kloroflorokarbon atau CFC (merupakan gas artifisial atau buatan). Gas-gas tersebut adalah gas rumah kaca yang konsentrasinya di atmosfer telah bertambah dalam dekade terakhir ini dan berperan dalam pemanasan global.

Karbon dioksida dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, karbon dioksida merupakan komponen penting dalam siklus karbon (Gambar 1)<sup>(4)</sup>. Karbon dioksida juga dihasilkan dari hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. Karbon dioksida anorganik dikeluarkan dari gunung berapi dan proses geotermal lainnya seperti pada mata air panas.

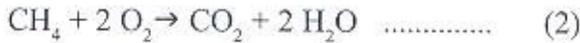
Berbagai jenis reaksi kimia dapat menghasilkan karbon dioksida, seperti reaksi pada kebanyakan asam dengan karbonat logam. Reaksi antara asam sulfat dengan kalsium karbonat adalah :



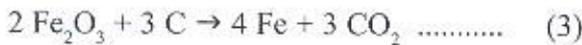
Gambar 1. Diagram dari siklus karbon

Reaksi ini diikuti dengan pembusaan atau penggelembungan.

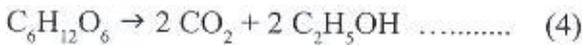
Pembakaran dari semua bahan bakar yang mengandung karbon, seperti metana (gas alam), distilat minyak bumi (bensin, diesel, minyak tanah, propana), arang dan kayu akan menghasilkan karbon dioksida. Contohnya reaksi antara metana dan oksigen adalah sebagai berikut:



Besi direduksi dari oksida besi dengan kokas pada tungku sembur, menghasilkan besi dan karbon dioksida.



Khamir mencerna gula dan menghasilkan karbon dioksida beserta etanol pada proses pembuatan anggur, bir, dan spiritus lainnya.



Semua organisme aerob menghasilkan  $\text{CO}_2$  dalam proses pembakaran karbohidrat, asam lemak, dan protein pada mitokondria di dalam sel.

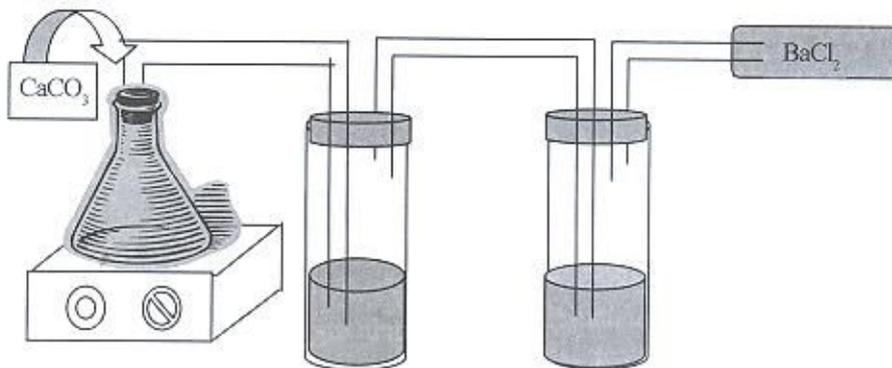
Karbon dioksida larut dalam air dan secara spontan membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (asam karbonat) dalam kesetimbangan dengan  $\text{CO}_2$ . Konsentrasi relatif antara  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , dan  $\text{HCO}_3^-$

(bikarbonat) dan  $\text{CO}_3^{2-}$  (karbonat) bergantung pada kondisi pH larutan. Dalam air yang bersifat netral atau sedikit basa ( $\text{pH} > 6,5$ ), bentuk bikarbonat mendominasi ( $>50\%$ ). Dalam air yang bersifat basa kuat ( $\text{pH} > 10,4$ ), bentuk karbonat mendominasi. Bentuk karbonat dan bikarbonat memiliki kelarutan yang sangat baik.

### Produksi $\text{CO}_2$ dalam Skala Industri

Karbon dioksida secara garis besar dihasilkan dari enam proses<sup>(5)</sup>:

1. Sebagai hasil samping dari pengilangan amonia dan hidrogen, di mana metana dikonversikan menjadi  $\text{CO}_2$ ;
2. Dari pembakaran kayu dan bahan bakar fosil;
3. Sebagai hasil samping dari fermentasi gula pada proses peragian bir, wiski, dan minuman beralkohol lainnya;
4. Dari proses penguraian termal batu kapur,  $\text{CaCO}_3$ ;
5. Sebagai produk samping dari pembuatan natrium fosfat;
6. Secara langsung di ambil dari mata air yang karbon dioksidanya dihasilkan dari pengasaman air pada batu kapur atau dolomit.



**Gambar 2.** Absorpsi karbondioksida dalam larutan  $\text{NaOH}$  0,1 N, yang dihasilkan dari proses pemanasan kalsium karbonat dalam suasana asam

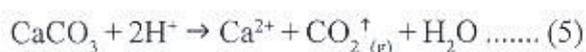
## METODOLOGI

Penelitian dilakukan selama 2 bulan dari bulan Agustus – September 2008, di Balai Teknologi Lingkungan, BPPT. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental, melalui tahapan kerja yang meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan larutan kalsium karbonat, absorpsi karbondioksida dengan larutan *caustic soda* 0,1 N, selanjutnya karbondioksida yang terabsorpsi dalam *caustic soda*, diukur dengan menggunakan metode titrimetri.

Dilakukan simulasi konsentrasi karbondioksida ambient di udara. Dengan asumsi konsentrasi karbondioksida sebesar 400 ppm, maka untuk mendapatkan konsentrasi tersebut dibuat dengan cara menimbang kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sebanyak 90,9 g, kemudian dilarutkan 100 ml air dalam suasana asam, selanjutnya dipanaskan sehingga larutan kalsium karbonat terhidrolisis menjadi karbondioksida dan garam kalsium.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan karbondioksida dengan cara memanaskan larutan kalsium karbonat dalam suasana asam, merupakan cara yang sederhana dan dapat diperhitungkan secara kuantitatif. Hal ini berdasarkan reaksi kimia, bahwa 1 mol kalsium karbonat akan bereaksi secara sempurna dengan 2 mol asam klorida. Larutan ini selanjutnya dipanaskan sehingga akan terhidrolisis membentuk 1 mol kalsium klorida, 1 mol karbondioksida dan 1 mol air. Artinya apabila ditimbang sebanyak 909 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , secara stokiometri akan dihasilkan sebanyak 400 mg/l  $\text{CO}_2$ .



Gas karbondioksida yang terbentuk selanjutnya dialirkan melalui suatu pipa yang tercelup dalam larutan *caustic soda*. Pembentukan gas

karbondioksida nampak dari terbentuknya gelembung gas dalam larutan *caustic soda*.

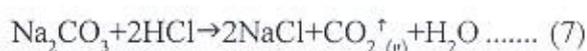


Gas karbondioksida yang dihasilkan agar tidak lepas ke udara diabsorpsi oleh rangkaian tabung yang berisi larutan NaOH 0,1 N, diujung rangkaian tabung NaOH dipasang tabung yang berisi larutan  $\text{BaCl}_2$  jenuh, yang digunakan sebagai indikator keberadaan karbondioksida. Apabila pada tabung  $\text{BaCl}_2$  ini terbentuk kekeruhan, hal ini menunjukkan adanya karbonat yang dihasilkan dari karbondioksida yang belum terabsorpsi sempurna oleh larutan NaOH dan bereaksi dengan larutan air berat.

Untuk mengetahui konsentrasi karbondioksida pada masing-masing rangkaian tabung NaOH 0,1 N, dilakukan analisis terhadap masing-masing tabung tersebut menggunakan metode titrimetri. Adapun tahapan dari metode titrimetri ini adalah sebagai berikut.

### a. Standardisasi larutan pentiter

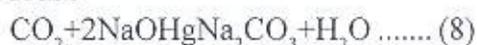
Standardisasi larutan pentiter (asam klorida) dengan natrium karbonat, dengan indikator sindur metil (pH 3,1 – 4,4). Titik akhir titrasi ditunjukkan dengan terjadinya perubahan warna dari merah menjadi sindur pada pH 3,7.



### b. Analisis karbondioksida

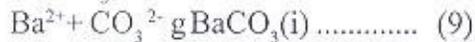
Karbondioksida yang dihasilkan dari hidrolisis kalsium karbonat dalam suasana asam, yang diabsorpsi oleh larutan *caustic soda* pada masing-masing tabung, dianalisis melalui beberapa tahap reaksi.

(1) Absorpsi karbondioksida oleh *caustic soda*.



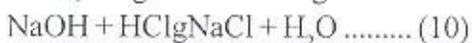
(2) Karbondioksida yang ada dalam larutan *caustic soda* diendapkan dengan me-

nambahkan larutan  $BaCl_2$  jenuh berlebih sehingga terbentuk endapan karbonat ( $BaCO_3$ ).

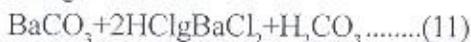


Endapan  $BaCO_3$  ini stabil pada pH alkalis, dan dilanjutkan dengan titrasi kelebihan *caustic soda* dalam larutan.

- (3) Titrasi kelebihan *caustic soda* yang tersisa dalam larutan dilakukan dengan menggunakan HCl sebagai pentiter dan *phenolphthalein* (pH 8,3 – 10,0) sebagai indikator untuk menentukan titik akhir titrasi, dengan reaksi sebagai berikut:



Setelah titik akhir tercapai yang ditunjukkan dengan hilangnya warna merah jambu menjadi tak berwarna, titrasi dilanjutkan dengan menggunakan indikator kedua yaitu *bromophenol blue* (pH 3,0 – 4,6). Pada pH sekitar 4,0  $BaCO_3$  akan terdekomposisi oleh HCl menjadi asam karbonat, yang ditunjukkan dengan adanya perubahan warna dari biru menjadi kuning sebagai titik akhir titrasi. Reaksinya adalah sebagai berikut:



- (4) Titrasi balik  
Titrasi ini dilakukan apabila terjadi kelebihan titar pada saat titrasi dengan cara menambahkan larutan NaOH 1N sebanyak 10 µl), selanjutnya dititrasi kembali oleh larutan pentitar.

Pada penelitian ini dilakukan pemanasan selama 45 menit dan dihasilkan karbondioksida pada tabung 1 sebanyak 317 mg/l dan tabung 2 sebanyak 102 mg/l.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa absorpsi pada tabung 1 mampu mengabsorpsi karbondioksida sebanyak 75,6% dari total karbondioksida yang dihasilkan dari reaksi kalsium karbonat dengan asam klorida, sedangkan tabung 2 mampu menyerap 24,4%. Pada penelitian ini diperoleh bias sebesar 4,6%.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) <http://climatechange.menlh.go.id/index.php?option=content&task=view&id=15&Itemid=2>.
- (2) <http://climatechange.menlh.go.id/index.php?option=content&task=view&id=14&Itemid=2>.
- (3) Whorf, T.P. and C.D. Keeling. 2005. "Atmospheric CO2 records from sites in the SIO air sampling network". Period of record: 1958-2004.
- (4) <http://id.wikipedia.org/wiki/Karbondioksida>.
- (5) Pierantozzi, Ronald, 2001, "Carbon Dioxide", *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley.
- (6) Vogel (Diterjemahkan oleh L. Setiono dan A. Hadyana Pudjaatmaka). 1985. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semi Makro*, Ed. 5. Jakarta: Kalman Media Pusaka. Hal. 317 -319.
- (7) Clesceri L.S. et al. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water Metode 2310 B (Titration Method)*, 20<sup>th</sup> Edition. USA.