

## EVALUASI PENGARUH KADAR $\text{Na}_2\text{O}$ DAN $\text{K}_2\text{O}$ TERHADAP KUALITAS *BUBBLE* PADA KACA SODA LIME SILICA

Risqi Kurniawan

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta 10510  
risqi.kurniawan@ftumj.ac.id

**ABSTRAK.** Ketatnya persaingan dalam industri kaca soda lime silica menyebabkan peningkatan kualitas kaca menjadi sangat penting, bubble dalam kaca lembaran adalah salah satu parameter kualitas yang perlu terus ditingkatkan. Untuk itu perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan kualitas bubble pada kaca. Salah satu hal yang mempengaruhi kadar kualitas bubble adalah kadar  $R_2O$  di dalam kaca, dimana  $R_2O$  adalah penjumlahan dari  $\text{N}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Penelitian ini dilakukan di pabrik kaca lembaran yaitu kaca berjenis soda lime silica dengan kapasitas 500 t/d. Dalam penelitian ini dilakukan perubahan kadar  $R_2O$  dari 13,5% menjadi 13,8%, dengan adanya perubahan tersebut diperoleh kondisi suhu bottom dog house yang meningkat dari kisaran 1100 °C menjadi 1120 °C, selain itu juga terdapat perubahan kondisi viskositas kaca yang diwakili oleh suhu  $\log y^2$  yang menurun dari kisaran 1460 °C turun menjadi 1445 °C. Dari perubahan kedua parameter tersebut diperoleh jumlah bubble yang meningkat dari kisaran 400 pcs/jam menjadi 1700 pcs/jam, hal ini disebabkan oleh dengan adanya penurunan viskositas cairan kaca, maka forward current (aliran maju) cairan kaca menjadi lebih cepat, sehingga bubble tidak hilang pada proses fining atau refining dan terbawa ke proses pembentukan sehingga pada akhirnya menjadi defect pada kaca.

Kata kunci: Bubble,  $R_2O$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , soda lime silica glass, viskositas.

**ABSTRACT.** Tight competition in soda lime silica glass industry cause quality improvement become very important, bubble in flat glass is one of quality parameter which have to improve. So it's need effort to improve bubble quality in glass. One of influence factor for bubble quality is  $R_2O$  content in glass, where  $R_2O$  is sum of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{K}_2\text{O}$ . This research perform in flat glass manufacture type soda lime silica glass with capacity 500 t/d. in this research adjust  $R_2O$  content from 13.5% to 13.8%, by this adjustment bottom dog house suhu became increase from about 1100 °C to 1120 °C, and also glass viscosity which represent by  $\log y^2$  changed from 1460 °C down became 1445 °C. From these two parameter, bubble count became increase from 400 pcs/hour to 1700 pcs/hour, these things are caused by decrement of glass viscosity, forward current of molten glass became faster, so bubble can't be removed by fining or refining and carried to forming process and finally became defect in glass.

Keywords: Bubble,  $R_2O$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , soda lime silica glass, viscosity

## PENDAHULUAN

Ketatnya persaingan dalam industri kaca *soda lime silica* menyebabkan peningkatan kualitas kaca menjadi sangat penting, *bubble* dalam kaca lembaran adalah salah satu parameter kualitas yang perlu terus ditingkatkan. *Bubble* adalah jenis cacat pada kaca lembaran yang berasal dari hal-hal di bawah ini :

1. Pendidihan kembali cairan kaca (*reboiling*)
2. Kurangnya proses *fining* (penghilangan *Bubble*)
3. Jatuhnya material padat ke dalam *molten glass*

Terdapat banyak perubahan terjadi selama pemanasan dan peleburan di dalam campuran bahan baku pembuatan kaca.

Penghilangan *Bubble* merupakan hal yang penting untuk menghasilkan kaca yang kualitasnya bagus.

Setelah proses peleburan, cairan kaca terdapat *Bubble* dalam jumlah yang besar, biasanya sejumlah  $1 \times 10^5$  pcs *Bubble* per kilo gram cairan kaca.

Meleburkan kaca yang hampir jenuh dengan gas terlarut sangatlah sensitif terhadap pembentukan *bubble* baru atau pembesaran *bubble* yang berukuran kecil, apabila dilakukan hal-hal berikut ini :

1. Perubahan komposisi kimia material kaca
2. Perubahan suhu
3. Pengadukan cairan kaca secara mekanis

Disamping pembentukan lelehan silika, juga terdapat gas yang dihasilkan dalam jumlah yang besar, contohnya :

1. Dari karbonat : gas  $\text{CO}_2$  terbentuk
2. Dari karbonat dan cokes : gas  $\text{CO}$  terbentuk
3. Bahan hidrat memberikan uap air
4. Dari nitrat, terbentuk gas  $\text{O}_2$  dan gas  $\text{N}_2/\text{NO}_x$
5. Sulfat dan sulfat dapat membentuk gas sulfur, contohnya :  $\text{SO}_2$  and  $\text{H}_2\text{S}$

Penghilangan gas pada cairan kaca dan penghilangan semua *bubble* meliputi *bubble* ukuran kecil (*seed*) dari cairan kaca.

*Bubble* dengan ukuran kecil (diameter = 0,1 sampai 0,4 mm) disebut *seed*, *bubble* besar disebut *blister*, *bubble* dengan ukuran di bawah 0,1 mm disebut *micro seed*.

Gas-gas Lain :

1. Udara, (konsentrasi volume = Ar :  $\text{N}_2 = 0,9 : 80$ )
  - Termasuk udara (pori-pori) di gundukan material batch
  - Retakan dinding pada batu tahan api.
  - Oksigen dari udara yang terlarut pada cairan kaca.
2. Gas-gas yang terdapat pada atmosfer furnace ( $\text{N}_2$ , Ar,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ )
  - Oksigen dari atmosfer *furnace* pada umumnya terlarut di dalam cairan kaca.
3. Komponen kaca dan batch yang mudah menguap atau dekomposisi gas-gas :
  - $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$
4. Kontaminasi cairan kaca oleh korosi elektroda, deposit karbon dan lain-lain.

Untuk membantu penghilangan *bubble* dari cairan kaca, maka ditambahkan *fining agents*. Fungsi dari *fining agent* adalah memproduksi *fining gas* pada temperatur yang dapat dicapai oleh seluruh lintasan cairan kaca di dalam *furnace* pada level kekentalan terendah. Proses dekomposisi *fining agent* terjadi pada temperatur tinggi di dalam cairan kaca dengan kekentalan rendah akan menghasilkan :

1. pembesaran *bubble* secara serempak,
2. pelepasan gas dengan kecepatan yang tinggi
3. kenaikan gas ke permukaan cairan kaca.

Kelebihan *fining agent* akan menyebabkan pembentukan *foam*

berlebih, sehingga dapat menyebabkan defect pada kaca, dan dapat mengganggu transfer panas di dalam furnace.

Tahapan *Fining* :

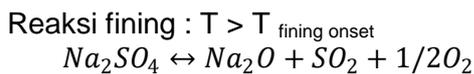
I. *Primary fining*

- Terjadi pada suhu tinggi.
- *Bubble* mengumpul lalu ukuran *bubble* membesar.
- Gas-gas terlarut berdifusi dari cairan kaca ke *bubble* (seperti gelembung pada minuman bersoda)
- *Bubble* naik ke permukaan cairan kaca.

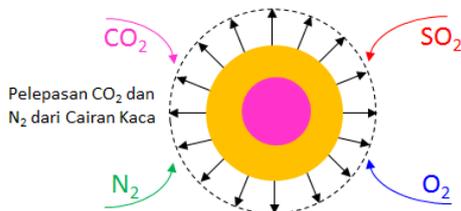
II. *Secondary fining / refining*

- Penghilangan bubble kecil yang masih tersisa
- Hanya efektif jika bubble berisi gas-gas CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> yang terlarut di dalam cairan kaca.
- Cairan kaca sebaiknya mengandung sedikit gas-gas terlarut.

Sodium Sulfat sering digunakan untuk fining agent dalam proses *primary fining*



Ilustrasi pencampuran antara gas CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> dengan *Fining Agent* terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Ilustrasi pencampuran CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> di dalam *Bubble* dengan *Fining Agent*

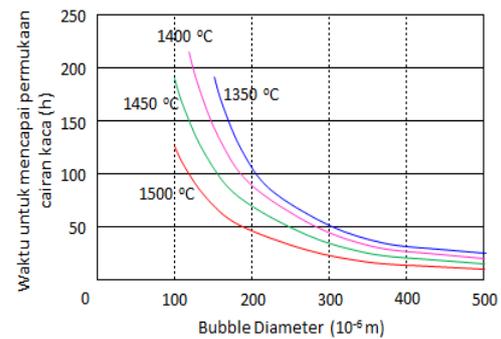
Kecepatan kenaikan bubble ke atas permukaan cairan kaca

$$V_{kenaikan} = \frac{(c \cdot \rho \cdot g \cdot R^2)}{\mu} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- P = Densitas cairan kaca (kg/m<sup>3</sup>)
- μ = Viskositas cairan kaca (Pa.s)
- R = Jari-jari *bubble* (m)
- g = Percepatan gravitasi (9.81m/s<sup>2</sup>)
- c = Faktor (contoh : Stokes c = 2/9)

Hubungan antara waktu kenaikan *bubble* ke permukaan kaca dengan ukuran *bubble* diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Waktu untuk mencapai permukaan cairan kaca (1 meter)

Pada suhu tinggi viskositas cairan kaca menjadi rendah sehingga waktu kenaikan bubble ke permukaan kaca menjadi cepat.

Viskositas dapat diwakili oleh nilai suhu cairan kaca pada log μ = 2. Suhu tersebut dihitung dengan persamaan berikut ini

$$T = 3497 - 14,53 \cdot A - 9,27 \cdot B - 37,67 \cdot C - 30,42 \cdot D - 39,94 \cdot E - 24,92 \cdot F - 48,37 \cdot G \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- T = suhu cairan kaca pada logμ=2 (°C)
- A = komposisi SiO<sub>2</sub> (%)
- B = komposisi Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%)
- C = komposisi CaO (%)
- D = komposisi MgO(%)
- E = komposisi Na<sub>2</sub>O(%)
- F = komposisi K<sub>2</sub>O(%)
- G = komposisi TiO<sub>2</sub>(%)

Dalam prakteknya semua jenis kaca mengandung bahan alkali baik dalam bentuk Natrium (Na) atau Potasium (K). Lebih lanjut porsi terbesar pembuatan kaca pada saat ini baik berupa kaca jendela, kaca lembaran lain, botol, perabotan rumah tangga, lampu mengandung *sodium oxide*. Senyawa ini dapat dimasukkan ke dalam

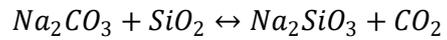
campuran bahan pembuat kaca dengan dua cara yaitu :

1. Menggunakan *salt cake* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) atau
2. menggunakan *soda ash* ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Sumber *Sodium* yang melimpah dan paling murah terdapat pada garam atau natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), dimana dari bahan baku garam ini *salt cake* dan *soda ash* dibuat. Akan tetapi tidak lah mungkin untuk membuat kaca langsung menggunakan garam, silica sand dan garam tidak bisa bereaksi membentuk sodium silikat kecuali dengan menggunakan uap air dan dalam skala yang sangat kecil. Hampir semua Natrium menguap sebelum bereaksi dengan silica sand. Untuk menghasilkan reaksi tersebut terlebih dahulu harus dirubah menjadi sodium sulfat atau *salt cake* ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) atau dirubah terlebih dahulu menjadi sodium

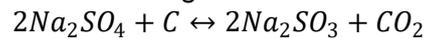
karbonat atau *soda ash* ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). terlebih dahulu.

Reaksi antara soda ash dan silica sand selama proses peleburan adalah sebagai berikut :

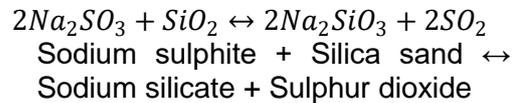


Soda Ash + Silica Sand  $\leftrightarrow$  Sodium Silicate + Karbon dioksida

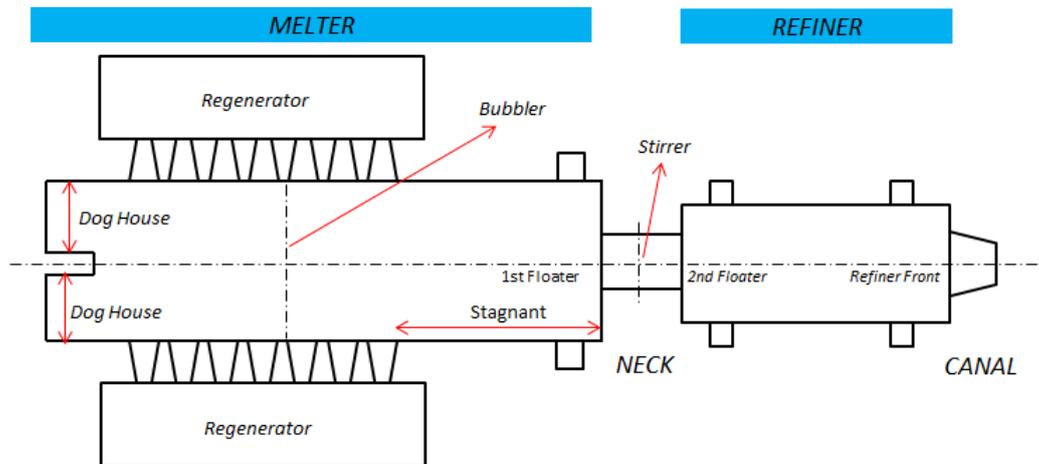
Reaksi antara *salt cake*, *silica sand* dan *coal* adalah sebagai berikut :



Salt cake + Coal  $\leftrightarrow$  Sodium Sulphite + Carbon dioxide



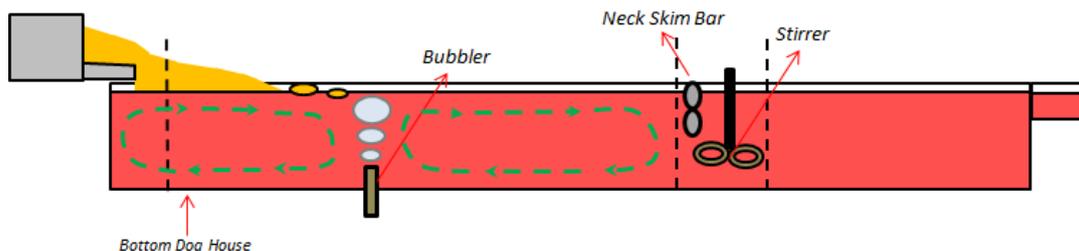
Skema furnace yang digunakan dalam penelitian ini seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Furnace

Aliran cairan kaca di dalam furnace dan posisi *bottom Dog House* diperlihatkan pada Gambar 4. Dimana garis hijau

adalah arah aliran cairan kaca di dalam Furnace



Gambar 4. Skema aliran kaca di dalam Furnace dan posisi *Bottom Dog House*

### Metode Penelitian

Metode dalam pelaksanaan penelitian ini sesuai dengan skema pada Gambar 4, yang terbagi beberapa tahap sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur / Teori

Penyusunan penelitian ini sangat membutuhkan teori-teori pendukung untuk mengembangkan ide atau gagasan, metodologi pelaksanaan dan parameter yang digunakan untuk menganalisis semua data yang ada dalam penelitian. Beberapa teori seperti, teori proses *fining* dalam proses penghilangan *bubble* pada industri pembuatan kaca soda *lime silica*

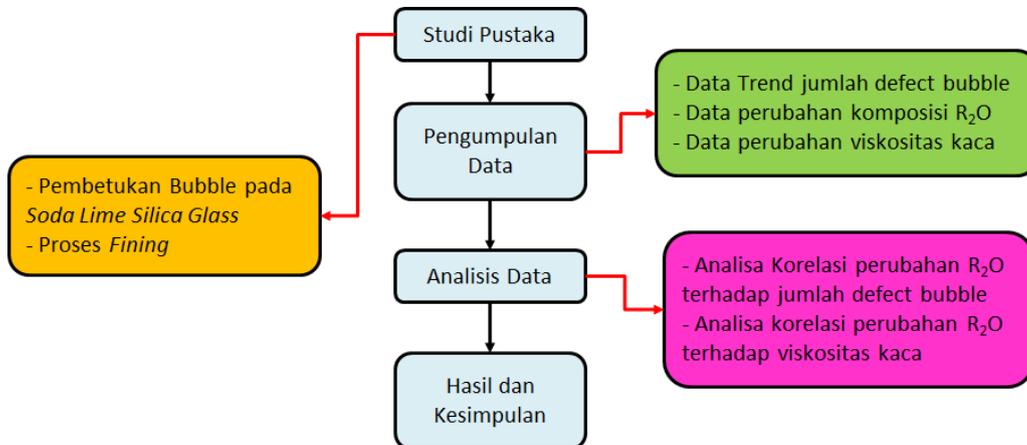
#### 2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara percobaan langsung di *furnace* berkapasitas 500 t/d dengan jenis produk kaca soda *lime silica*. Percobaan dengan mengubah komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ) pada kaca soda *lime silica* lalu mencatat data suhu *Bottom*

*Dog House*, menghitung nilai suhu kaca pada  $\log \mu = 2$  (viskositas) dengan menggunakan Persamaan 2, serta mendata total jumlah *defect bubble* dengan menggunakan alat *Online Defect Detector*.

#### 3. Analisis Data

Data-data yang telah lengkap dikumpulkan kemudian dilakukan analisa lebih lanjut. Yaitu analisa korelasi antara perubahan komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ) terhadap salah satu sifat fisik cairan kaca yaitu viskositas dalam hal ini diwakili oleh suhu cairan kaca pada  $\log \mu = 2$ , analisa korelasi antara komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ) terhadap total jumlah *defect bubble* pada produk kaca serta analisa korelasi komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  ( $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ ) terhadap perubahan suhu *Bottom Dog House*.



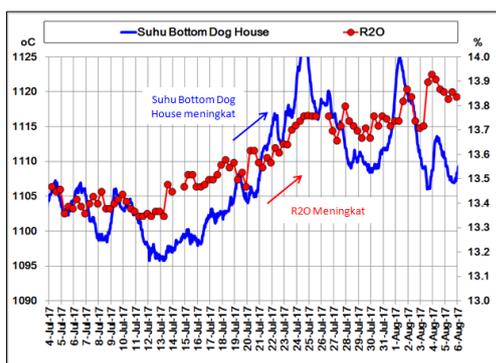
Gambar 5. Skema Metode Penelitian

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Penelitian

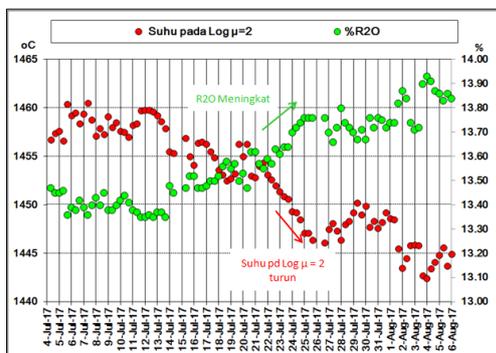
Percobaan dilakukan dengan menaikkan komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  dalam cairan kaca dari 13,5% menjadi 13,8%, hal ini terlihat pada Gambar 6. Dari gambar tersebut diperoleh Setelah menaikkan komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  di dalam kaca, diperoleh

temperatur *bottom dog house* yang meningkat, hal ini menandakan bahwa proses peleburan berjalan lebih cepat setelah adanya kenaikan komposisi  $\text{R}_2\text{O}$  di dalam cairan kaca



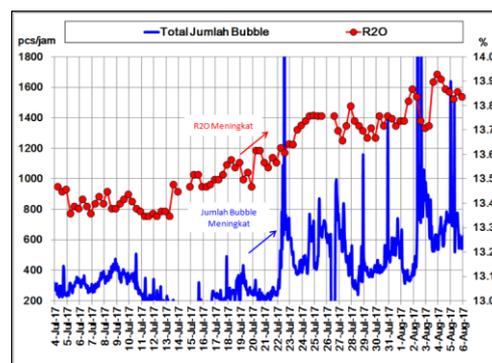
**Gambar 6.** Korelasi Bottom Dog House Vs R<sub>2</sub>O

Kenaikkan komposisi R<sub>2</sub>O ini juga berpengaruh terhadap penurunan viskositas (kekentalan) cairan kaca di dalam *furnace*, artinya dengan adanya kenaikan komposisi R<sub>2</sub>O dalam cairan kaca maka cairan kaca menjadi lebih encer. Dalam hal ini kekentalan cairan kaca diwakilkan oleh suhu pada  $\log \mu = 2$ , ( $\mu$  = kekentalan kaca). Hubungan antara kekentalan cairan kaca (suhu pada  $\log \mu = 2$ ) dan komposisi R<sub>2</sub>O di dalam cairan kaca diperlihatkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Korelasi Kekentalan cairan kaca Vs R<sub>2</sub>O

Sedangkan untuk kondisi Total jumlah defect *bubble* setelah adanya kenaikan komposisi R<sub>2</sub>O diperoleh kenaikan Total jumlah *bubble* pada kaca dengan adanya kenaikan komposisi R<sub>2</sub>O di dalam cairan kaca. Hal tersebut diperlihatkan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Korelasi Total Jumlah defect bubble dalam kaca Vs R<sub>2</sub>O

**Pembahasan**

Dari percobaan menaikkan komposisi R<sub>2</sub>O di dalam cairan kaca, diperoleh kenaikan total jumlah defect *bubble*. Hal ini disebabkan oleh kenaikan komposisi R<sub>2</sub>O pada cairan kaca menyebabkan penurunan viskositas (kekentalan) cairan kaca, yaitu dengan adanya penurunan viskositas cairan kaca, menyebabkan *forward current* ( arus maju) dari aliran cairan kaca di dalam *furnace* menjadi lebih cepat. Aliran *forward current* yang cepat ini menyebabkan *bubble* tidak dapat hilang pada proses *fining* atau *refining* sehingga ikut terbawa ke proses pembentukan (*forming process*). *Bubble* yang terbawa oleh cairan kaca ke proses pembentukan akhirnya menjadi defect (cacat) pada kaca.

**KESIMPULAN (DAN SARAN)**

**Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan antara lain :

Kenaikkan komposisi R2O dari 13,5% menjadi 13,8% di dalam cairan kaca menyebabkan kenaikan temperatur bottom dog house dari kisaran 1100 oC menjadi 1120 oC hal ini menandakan bahwa proses peleburan berjalan lebih cepat.

Kenaikkan komposisi R2O di dalam cairan kaca menyebabkan penurunan kekentalan (viskositas kaca) dari kisaran 1460 oC menjadi 1445 oC, yaitu cairan kaca menjadi encer.

Kenaikkan komposisi R2O di dalam cairan kaca menyebabkan kenaikan

jumlah defect bubble. Dari kisaran 400 pcs/jam menjadi 1700 pcs/jam.

Kenaikkan R2O menyebabkan penurunan kekentalan kaca di dalam furnace dan mengakibatkan forward current (aliran maju) dari cairan kaca menjadi lebih cepat, sehingga bubble yang belum sempat hilang pada proses fining atau refining, terbawa pada proses pembentukan dan pada akhirnya menyebabkan defect bubble pada kaca.

### **Saran**

Direkomendasikan untuk menurunkan komposisi R2O di dalam cairan kaca menjadi 13,3 % untuk mengetahui pengaruhnya terhadap total jumlah defect bubble pada kaca.

### **DAFTAR PUSTAKA**

**Hubert, Mathieu**, 2015, Industrial Glass Melting and Fining.

**Kurniati, I.**, 2017. Evaluasi Aspek Finansial Penghematan Bahan Bakar Bensin menjadi CNG (Compressed Natural Gas) Untuk Mobil Pribadi. Universitas Muhammadiyah Jakarta

**Pincus, A. G., Davies, D. A.**, 1983. Raw Material in Glass Industry, Part I, pp. 72-73

**Tooley, Fay, V.**, 1984. The Handbook of Glass Manufacture, Volume I, pp. 30-31

