

**KAJIAN INDEKS BIAS KACA YANG MENGALAMI  
PROSES ANNEALING**  
*(The Study of Refraction Index of Glass That is Annealed)*

**Oleh: Edi Istiyono**  
*FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu anil terhadap indeks bias kaca. Di samping itu juga diharapkan diperoleh kaca yang optimal ditinjau dari indeks biasnya.

Sampel dalam penelitian ini adalah kaca *soda lime* yang dianil pada temperatur anil 300°C dengan waktu anil 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit, dan 240 menit. Di samping itu juga sampel dianil ditahan selama 30 menit pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, dan 600°C. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis grafik.

Hasil yang diperoleh untuk pengaruh temperatur anil terhadap indeks bias kaca pada waktu tetap 30 menit memiliki kecenderungan semakin tinggi temperatur anil, indeks bias kaca semakin meningkat secara linear. Diperoleh pula pengaruh waktu anil terhadap indeks bias kaca pada temperatur tetap 300°C bahwa semakin tinggi waktu anil, indeks bias kaca cenderung menurun secara kuadratik. Jika dibandingkan dengan sebelum *annealing*, maka indeks bias optimum pada waktu anil 30 menit.

---

**Kata kunci:** *temperatur anil, waktu anil, dan indeks bias kaca*

**ABSTRACT**

The experiment purposes to observe of the influence of temperature and anneal time to the refraction index of glass.

Sample of the experiment is soda lime glass that are annealed on temperature of 100<sup>0</sup>C, 200<sup>0</sup>C, 300<sup>0</sup>C, 400<sup>0</sup>C, 500<sup>0</sup>C, and 600<sup>0</sup>C for 30 minutes. Besides, the glass are annealed on temperature 300<sup>0</sup>C for 30, 60, 90, 120, 150 180, and 240 minutes. The data is analysed by graph method.

Based on analysing of data is concluded that there are influence of temperature and anneal time to the refraction index of glass. Increasing of the anneal temperature causes increasing of the refraction index of the glass linearly and increasing of the anneal time causes quadratic decreasing of the refraction index of the glass. If it is compered initial refraction index, optimal refraction index at anneal time is 30 minutes.

---

**Key words:** *anneal temperature, anneal time, and refraction index of glass*

## PENDAHULUAN

### Latar belakang Masalah

Dengan meningkatnya peradaban manusia, maka kebutuhan primer atau kebutuhan sekunder lainnya semakin kompleks. Kebutuhan primer misalnya kebutuhan pangan, sandang, dan papan. Kebutuhan sekunder misalnya kebutuhan peralatan sehari-hari. Baik untuk keperluan primer, misalnya pembuatan rumah, khususnya kaca jendela atau kaca pintu, maupun kebutuhan sekunder banyak menggunakan bahan dari kaca.

Kaca sebagai suatu bahan tentunya memiliki beberapa sifat mekanik dan optik. Sifat-sifat mekanik antara lain: kekerasan dan keuletan, sedangkan yang termasuk sifat optik adalah kemampuan menyerap, memantulkan atau membiaskan. Dengan dasar itu karakteristik optik direpresentasikan oleh indeks bias, koefisien reflektansi dan koefisien transmitansi.

Dalam penggunaan kaca, sebaiknya disesuaikan dengan sifat kaca tersebut agar dapat optimal. Penggunaan kaca, misalnya: kaca jendela pada mobil, jendela rumah, pintu kantor, atau yang lain. Bahan kaca yang sudah memiliki bentuk biasanya memiliki seperangkat sifat-sifat kekuatan, kekerasan, warna, indeks bias dan sebagainya (Van Vlack, 1992 : 5).

Pemanfaatan bahan optik untuk keperluan filter frekuensi, kopling arah, dan untuk keperluan komersial (misalnya: kaca bangunan, jendela mobil, kaca mata, gelas kimia dan lain-lain) terus dikaji dan dikembangkan (Ohring, 1992).

Menurut dasar-dasar ilmu bahan bahwa setiap sifat bahan berkaitan erat sekali dengan struktur intern bahan itu sendiri. Struktur intern (dalam) bahan mencakup atom-atom dan susunannya dia dalam suatu struktur mikro (Van Vlack, 1991 : 4). Apabila bahan mengalami perubahan struktur intern, sifat dan perilakunya akan berubah. Perubahan tersebut dapat terjadi akibat adanya pengaruh dari luar yang dialami bahan.

Laku panas yang biasa dilakukan ada tiga macam, yakni: *quenching*, *annealing*, dan *temper*. Namun dalam penelitian ini laku panas yang dipilih adalah *annealing*. *Annealing* adalah laku panas dengan cara memanaskan bahan secara mendadak ditahan pada temperatur tertentu dan waktu tertentu kemudian didinginkan secara perlahan-lahan sampai temperatur kamar. Setelah mengalami proses *annealing* dimungkinkan struktur intern kaca soda lime berubah secara permanen, sehingga dimungkinkan bahan memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik bahan yang merupakan sifat optis adalah indeks bias.

Oleh karena itu, perlu penelitian pengaruh proses *annealing* yang meliputi temperatur dan waktu anneal terhadap sifat optik kaca soda lime. Sifat optik kaca soda lime akan direpresentasikan oleh indeks biasnya.

### **Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh waktu *annealing* terhadap indeks bias kaca?
2. Bagaimana pengaruh temperatur *annealing* terhadap indeks bias kaca?

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu *annealing* terhadap indeks bias kaca?
2. Untuk mengetahui temperatur *annealing* terhadap indeks bias kaca?

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### ***Annealing***

Laku panas yang biasa dilakukan ada tiga macam, yakni: *quenching*, *annealing*, dan *temper*. Berikut akan dibahas perlakuan panas yang digunakan dalam penelitian ini, yakni *annealing*.

Proses termal sangat berpengaruh pada sifat bahan logam (Van Vlack, 1991 : 210). Salah satu proses termal ini adalah proses pemanasan mendadak dilanjutkan dengan pendinginan pelan-pelan sampai suhu kamar. Proses *annealing* adalah proses laku panas dengan bahan mengalami pemanasan yang mendadak disusul dengan pendinginan secara pelan-pelan pula (Van Vlack, 1991 : 437). Ada dua macam *annealing*, yakni: *annealing* isothermal dan *annealing* isokronal. *Annealing* isothermal jika *annealing* dilakukan pada suhu yang sama sedangkan waktunya berubah-ubah. *Annealing* isokronal adalah *annealing* yang dilakukan pada suhu yang berubah-ubah namun waktunya tetap (Edi Istiyono, 2003 ).

Pada suhu yang tinggi atom-atom akan bergerak kemudian dapat mengatur diri kembali, membentuk kristal-kristal baru yang lebih sempurna. Proses tersebut disebut rekristalisasi (Van Vlack, 1991: 225). Penyusunan kristal-kristal pada posisi baru ini merupakan perubahan struktur intern logam yang akan mengubah sifat-sifat atau karakteristik logam. Pendekatan secara kasar menyatakan bahwa suhu rekristalisasi ( $T_R$ ) berada di antara  $0,3 T_m$  dan  $0,6 T_m$ , dengan  $T_m$  adalah titik cair dalam Kelvin (Van Vlack, 1991 : 228).

## Indeks Bias Kaca Sodalime

Indeks bias suatu medium merupakan angka yang menyatakan perbandingan laju sinar di hampa atau udara dengan laju sinar di medium, sehingga secara matematis dinyatakan:

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Indeks bias medium bergantung pada kerapatan medium tersebut, sedangkan nilai kuantitatifnya bergantung pada panjang gelombang sinar yang datang.

Bahan kaca sebagian besar terdiri dari silikat yang merupakan material amorf dengan kerapatan dan faktor tumpukan kecil, sehingga masih memiliki banyak ruang kosong di antara atom-atom penyusunnya (Callister, 1991). Silikat ini termasuk dielektrik, namun juga dapat mengalami polarisasi elektronik isotropik (Smith, 1990).

Indeks bias suatu medium termasuk kaca, ditentukan oleh kerapatan material tersebut. Kerapatan material terkait dengan polarisasi  $P$  dan polarisabilitas partikel  $g$ , yang dinyatakan oleh Persamaan (2) (Guenther, 1990) :

$$P = rgE_0 \quad (2)$$

dengan  $r$  kerapatan partikel material dan  $E_0$  medan listrik luar yang bekerja pada material. Perlu diketahui bahwa kerapatan dan polarisabilitas partikel sangat mempengaruhi indeks bias suatu medium atau material. Pengaruh kerapatan dan polarisabilitas terhadap indeks bias medium dinyatakan dengan Persamaan (3) (Guenther, 1990):

$$g = \frac{3e_0(n^2 - 1)}{r(n^2 + 2)} \quad (3)$$

dengan  $e_0$  adalah permitivitas listrik dalam hampa. Persamaan (3) di atas biasa dinamakan formula Lorenz-Lorentz dengan  $g$  disebut refraktivitas atom atau refraktivitas molar.

## Pengukuran Indeks Bias Kaca Plan Paralel

Jika berkas sinar datang pada permukaan kaca plan paralel, maka akan mengalami pembiasan dua kali, yakni pada permukaan pertama antar medium udara-kaca dan permukaan kedua antara medium kaca-udara. Perjalanan sinar dapat dinyatakan seperti Gambar 2.

Perhatikan Gambar 2, segitiga ABC:

$$\sin a = \frac{AC}{BC} \quad (4)$$

$$\sin(q_d - q_b) = \frac{AC}{BC}$$

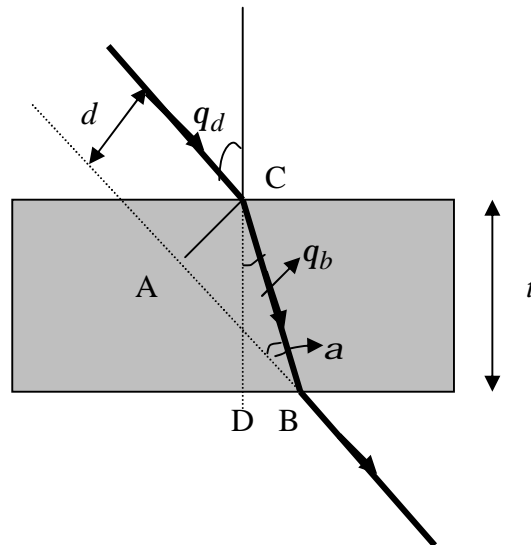
Perhatikan segitiga BCD:

$$\cos q_b = \frac{CD}{BC} \quad (5)$$

$$BC = \frac{CD}{\cos q_b}$$

Dari Persamaan (4) dan (5), pergeseran sinar adalah:

$$d = t \frac{\sin(q_d - q_b)}{\cos q_b} \quad (6)$$



Gambar 1. Pergeseran sinar pada kaca plan paralel

Dengan memperhatikan indeks bias suatu medium menentukan sudut bias (Persamaan 1), maka:

$$q_b = \arcsin\left(\frac{\sin q_d}{n}\right) \quad (7)$$

Menurut trigonometri tentang sinus yang argumennya merupakan selisih adalah :

$$\sin(q_d - q_b) = \sin q_d \cos q_b - \cos q_d \sin q_b \quad (8)$$

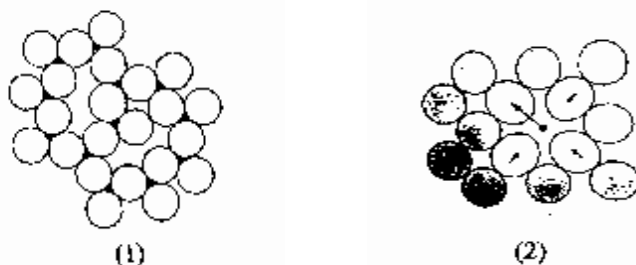
Jika Persamaan (7) dan (8) disubstitusikan ke Persamaan (6) didapatkan:

$$n = \frac{\sin q_d}{\sin \left[ \arctan \left( \frac{\sin q_d - \frac{d}{t}}{\cos q_d} \right) \right]} \quad (9)$$

Jika sudut datang, tebal kaca dan pergeseran dapat terukur, maka dengan menggunakan Persamaan (9), indeks bias kaca dapat dihitung.

### Kaca Sodalime

Kaca dikenal sebagai bahan yang keras tetapi tidak, biasanya jernih dan tembus cahaya. Kaca dapat dianggap sebagai zat padat amorf, namun sebenarnya cairan lewat dingin dengan kekentalan yang sangat tinggi. Bahan ini cukup murah, mudah membentuknya, dan tahan akan bahan kimia. Kaca tersusun dari tiga komponen, yakni silika, oksida logam alkali, dan oksida alkali tanah. Sifat berbagai jenis kaca memiliki kesamaan, yakni keras, kenyal, getas (mudah patah), tidak menghantarkan arus listrik, dan tahan bahan kimia. Bila dipanaskan kaca berangsur melunak kemudian mencair. Kaca leleh bila didinginkan akan berangsur mengental kemudian mengeras. Kaca tak memiliki titik leleh yang tajam, karena ikatan kimia antar atom berangka dan ikatan putus pada suhu dan waktu yang berlainan, seperti yang ditunjukkan pada gambar (2.3.1). Temperatur pendekatan lunak untuk kaca *soda lime* (termasuk kaca jendela) adalah  $700^{\circ}\text{C}$  (Michael B. Bever, 1986:1951).



**Gambar. 2.**(1) Struktur gelas  $\text{B}_2\text{O}_3$ . (2) Mekanisme difusi atom setelah pemanasan

Gambar. 2.(1) Struktur gelas  $\text{B}_2\text{O}_3$  terdapat tata kristalin jangkau pendek. Setiap atom boron dikelilingi tiga atom oksigen. (2) Mekanisme difusi atom setelah pemanasan.

Sifat termal kaca, yakni makin rendah koefisien muai termalnya, makin mampu kaca itu menghadapi suhu tinggi maupun perubahan suhu secara mendadak. Ada kaca yang praktis tak memuai bila dipanasi. Koefisien muai termal kaca lebih rendah daripada baja. Bila diperlukan penyalutan suatu logam dengan kaca, hendaknya dipilih kaca yang koefisien muai termal kaca lebih rendah dari pada baja. Bila diperlukan penyalutan suatu logam dengan kaca, hendaknya dipilih kaca yang koefisien muai termal sama dengan

koefisien logam tersebut, agar perubahan suhu tidak menimbulkan tegangan pada antarmuka kaca-logam. Daya hantar panas kaca rendah, tetapi emisitasnya tinggi (kaca meneruskan radiasi)

Kaca jendela, lampu dan botol, termasuk kaca *Soda lime* yang terbuat dari silika ( $\text{SiO}_2$ ) 72%, ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 14%, dan stabilisator lime (tanah kapur) ( $\text{CaO}$ ) 11%, dengan megnesia  $\text{MgO}$  2%, dan sedikit alumina  $\text{Al}_2\text{O}_3$  1%. Kaca silika lebur atau kuarsa lebur sendiri dari 99,9% silika mempunyai titik leleh  $1.580^\circ \text{C}$ , koefisien muai rendah, tembus radiasi ultranya dan inframerah (Hasan Shadily, 1982:1614).

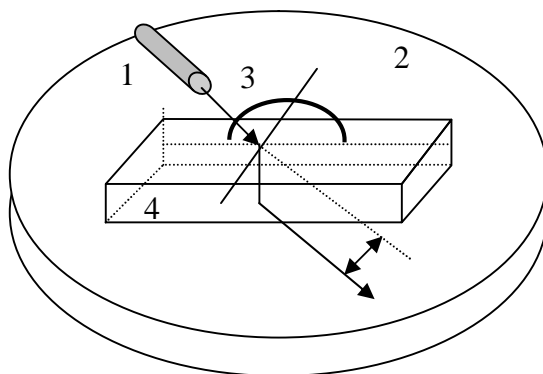
## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Alat anneal (Furnice)
- b. Mistar
- c. Kaca plan paralel
- d. Set alat untuk mengukur indeks bias:
  - (1) Busur derajat
  - (2) Sumber sinar laser
  - (3) Tempat bahan uji (kaca)
  - (4) Kertas milimeter

### Desain Alat Ukur Indeks Bias



Keterangan:

1. Sumber laser
2. Dudukan benda uji
3. Busur derajat
4. Benda uji

Gambar 3. Set alat untuk mengukur indeks bias

### Teknik Pengumpulan Data

*Annealing* yang dilakukan dalam penelitian ada dua macam, yakni *annealing* isothermal pada temperatur  $250^{\circ}\text{C}$  selama 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, dan 240 menit. *Annealing* isokronal yang dilakukan pada temperatur  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $400^{\circ}\text{C}$ ,  $500^{\circ}\text{C}$ , dan  $600^{\circ}\text{C}$ .

### Pengujian Indeks Bias

Untuk melakukan uji indeks bias dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menyalakan sinar laser menandai lintasan sinar tersebut setelah keluar dari tempat bahan uji
- 2) Setelah diperoleh lintasan sinar laser, kemudian mematikan sinar laser.
- 3) Memasangkan kaca plan paralel pada tempat bahan uji dalam set alat uji indeks bias
- 4) Menyalakan sinar laser diarahkan pada permukaan depan kaca dan ukur sudut datang sinar, usahakan sudut datang  $60^{\circ}$
- 5) Ukur pergeseran sinar yang masuk kaca dengan yang keluar kaca.
- 6) Ulangi langkah 3) sampai 5) untuk sampel yang waktu dan temperatur *annealing* yang berbeda.
- 7) Ulangi langkah 3) sampai 5) untuk sampel yang waktu dan temperatur *quenching* yang berbeda.

### Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini meliputi: (1) pengukuran: tebal kaca ( $t$ ), sudut datang sinar ( $q_d$ ), dan pergeseran sinar ( $d$ ); (2) perhitungan: indeks bias kaca ( $n$ ) dengan Persamaan (10); (3) analisis grafik: membaca grafik hubungan antara temperatur *annealing* dengan indeks bias, grafik hubungan antara waktu *quenching* dengan indeks bias, grafik hubungan antara temperatur *quenching* dengan indeks bias, grafik hubungan antara waktu *quenching* dengan indeks bias dan (4) analisis numerik: untuk mendapatkan hubungan antara temperatur *annealing* dan waktu *annealing* dengan indeks bias serta untuk mendapatkan hubungan antara temperatur *quenching* dan waktu *quenching* dengan indeks bias.



## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bahan penelitiannya adalah kaca *soda lime* dengan komposisi unsur Silikon Oksida ( $\text{SiO}_2$ ) 73%, Boron Oksida ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) 1%, Alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 2%, Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ) 5%, Magnesium Oksida ( $\text{MgO}$ ) 4%, dan Natrium Oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 15%. Masing-masing kaca dikenai proses *annealing* selama 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, 180 menit, 210 menit, dan 240 menit. Temperatur *annealing* yang dipakai adalah  $300^\circ\text{C}$ ,  $400^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$ , dan  $600^\circ\text{C}$ . Hal ini karena kaca *soda lime* memiliki titik leleh  $\pm 700^\circ\text{C}$ , sehingga dipilih temperatur di bawahnya. Sinar laser yang digunakan dengan panjang gelombang adalah 653,72 nm dengan sudut datang adalah  $60^\circ$ .

### Pengaruh Waktu Anil terhadap Indeks Bias

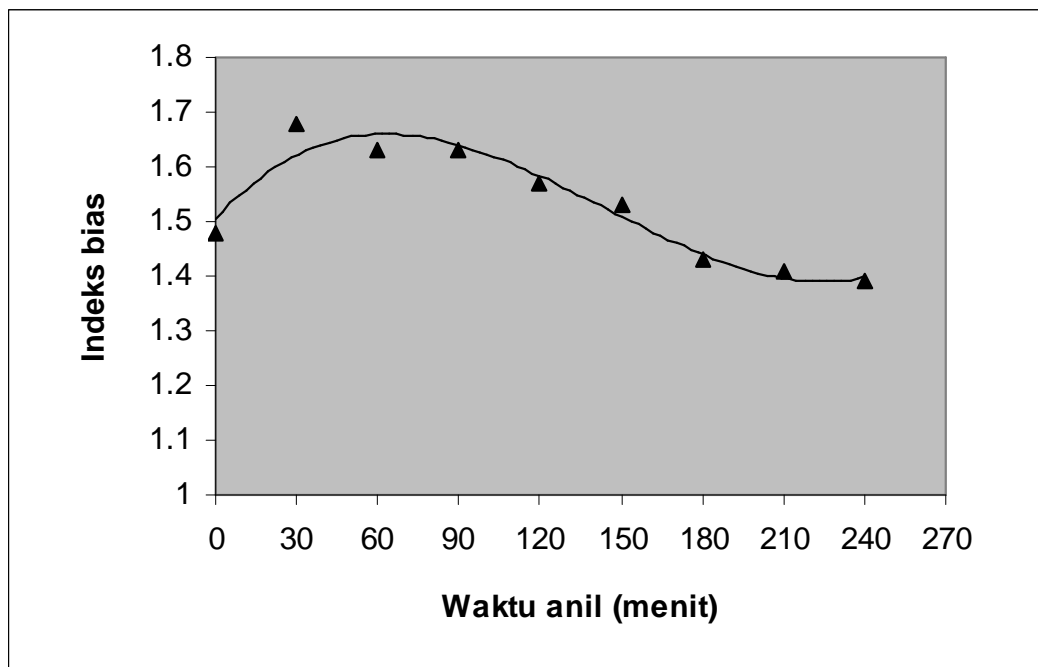
Untuk menyelidiki pengaruh waktu anil terhadap indeks bias digunakan temperatur anil  $300^\circ\text{C}$  dengan waktu anil 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240 menit. Sinar laser yang digunakan memiliki panjang gelombang 653,72 nm dengan sudut datang sinar sebesar  $60^\circ$ .

Indeks bias kaca sebelum dianil 1,48, hal ini sesuai dengan indeks bias kaca silika gabungan 1,458 pada panjang gelombang 589,3 nm dan 1,457 pada panjang gelombang 656,3 nm (van Vlack, 1991). Hal ini dapat dikatakan relatif mendekati kebenaran dengan kesesuaian dengan teori.

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa indeks bias kaca setelah proses anil mengalami kenaikan 13,5 %. Jika diamati selama proses anil, maka semakin tinggi waktu anil semakin rendah indeks biasnya secara linear. Indeks bias maksimum dicapai pada waktu anil 30 menit. Hal ini sesuai dengan pendapat Eberle (2000), bahwa rentang waktu anil selama 15 menit hingga 60 menit. Proses anil ini dapat menghilangkan tegangan sisa pada kaca dan untuk menyempurnakan hasil akhir kaca setelah proses pembentukan. Pada fase anil ini harus dijaga besar waktu anilnya agar tidak lebih dari 60 menit, karena bila waktu anil terlalu panjang maka perubahan pada kaca tidak lagi dapat dikontrol. Pada saat inilah atom-atom dalam kaca saat pendinginan dapat mengalami efisiensi susunan dengan baik. Hal ini dimungkinkan karena energi yang dimiliki atom untuk melakukan efisiensi susunan atom terlalu besar dari yang dibutuhkan, sehingga saat susunan atom terefisien tercapai, energi dalam atom masih tersisa sehingga atom masih terus bergerak dan membentuk susunan atom baru dengan ruang-ruang berisi gas (*bubble*) diantaranya, sehingga susunan atom dalam kaca setelah proses anil tidak serapat susunan atom pada waktu anil 30 menit.

Kaca sebagai medium tak memiliki titik leleh yang tajam, karena ikatan kimia antar atom berangka dan ikatan putus pada suhu yang berlainan. Ikatan kimia antar atom berkaitan dengan rapat optis kaca soda lime. Semakin besar rapat optisnya maka indeks biasnya semakin besar (Sulastimi, 1999:21). Demikian halnya indeks bias pada kaca soda lime, semakin lama waktu quenching akan menyebabkan ikatan antar atom dalam kaca soda lime putus (rapat optis semakin kecil) sehingga indeks biasnya akan semakin kecil.

Titik terbawah untuk grafik pertambahan nilai indeks bias adalah pada waktu anil 240 menit. Pada waktu anil ini, nilai indeks bias kaca menurun sebesar 6,1 % dari nilai indeks bias kaca sebelum mengalami proses anil. Nilai indeks bias kaca ini menunjukkan bahwa susunan atom dalam kaca setelah proses anil yang cukup lama mengalami defisiensi atau komposisi gas (*bubble*) dalam kaca semakin besar. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang cukup lama melebihi batas waktu yang dibutuhkan untuk efisiensi susunan atom (15~60 menit), sehingga saat temperatur pendinginan kaca sampai pada suhu yang kaca tidak lagi berubah susunan atomnya, susunan atom tersebut sedang dalam kondisi tidak efisien atau susunannya kurang rapat. Teori mengenai efisiensi susunan atom ini diungkapkan oleh Fraser (2000: 13-19). Fraser melakukan penelitian dengan kaca yang kandungan *lime* atau kapurnya diatas 15 % serta tambahan *zirconia*, *zircon* dan *magnesia*.



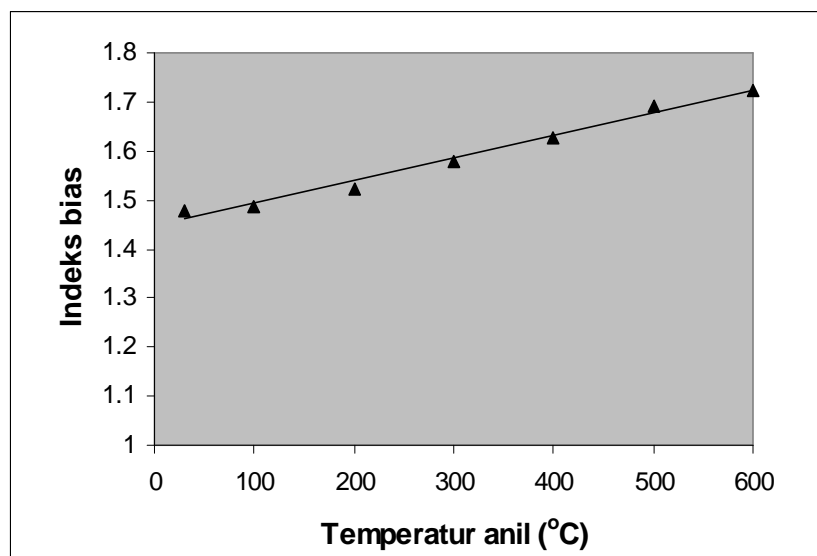
**Gambar 4.** Grafik hubungan waktu anil dengan indeks bias

### Pengaruh Temperatur Anil terhadap Indeks Bias

Penelitian pada pengaruh temperatur anil terhadap indeks bias sampel dianil pada temperatur 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, 500°C, dan 600°C yang ditahan pada waktu anil 30 menit. Setelah mengalami proses *annealing* kaca mengalami perubahan indeks bias kaca. Pada suhu anil 100° C indeks bias kaca masih sama dengan sebelum proses *annealing*. Ini berarti bahwa pada suhu 100° C struktur bahan kaca belum mengalami perubahan. Suhu anil mulai 200° C indeks bias kaca mulai naik. Hal ini disebabkan adanya perubahan struktur bahan kaca.

Terlihat bahwa untuk setiap kenaikan temperatur *annealing* maka nilai indeks bias kaca akan mengalami kenaikan. Berdasarkan analisis data, maka trend grafik hubungan antara temperatur *annealing* dengan indeks bias adalah berbanding secara linear.

Hal ini menunjukkan bahwa variabel temperatur *annealing* ( $T$ ) memberi pengaruh yang signifikan terhadap indeks bias kaca ( $n$ ) dengan pola linear. Secara fisis dapat dijelaskan bahwa perubahan temperatur anil menyebabkan kenaikan indeks bias kaca. Ini berarti bahwa kaca yang mempunyai struktur bahan mengalami perubahan pada saat proses pemanasan berlangsung, pada proses pendinginan kaca tidak mampu untuk membentuk struktur bahan seperti semula. Hal ini yang menyebabkan indeks bias kaca *sodalime* berubah. Kenaikan nilai indeks bias ini memperlihatkan bahwa proses *annealing* menyebabkan perubahan struktur bahan pada kaca. Semakin besar temperatur *annealing* maka semakin besar pula indeks biasnya. Kenaikan indeks bias mencapai 9,5 % sampai temperatur anil 600°C.



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur anil dengan indeks bias

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan pada analisis data serta pembahasan dan tentang pengaruh temperatur anil terhadap indeks bias kaca *Sodalime*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kenaikan waktu anil menyebabkan terjadinya kenaikan indeks bias kaca secara linear
2. Kenaikan temperatur anil menyebabkan terjadinya penurunan indeks bias kaca secara kuadratik

### Saran

Untuk mengembangkan pengetahuan tentang sifat optis kaca, perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh quenching terhadap indeks bias kaca, koefisien transmitans dan reflektans.

## DAFTAR PUSTAKA

- Callister, WD,Jr. 1991. *Materials Science and Engineering, second edition*, New York: John Wiley & Sons.
- Gunter, R.D. 1990. *Modern Optics*. New York: John Wiley & Sons.
- Halliday, D dan Resnick, R. 1990. *Fisika Jilid II* (Terjemahan oleh: Pantur Silaban dan ErwinSucipto). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ohring, M. 1992. *The Materials Science of Thin Films*. London: Academic Press.
- Smith, W.F. 1990. *Principles of Materials Sciences and Engineering* (second edition). New York: McGraw-Hill Int.
- Vlack, V. 1992 . *Ilmu dan Teknologi Bahan* (Trans: Sriati Djuprie). Jakarta: Penerbit Erlangga
- Edi Istiyono, 2003. *Kajian Sifat Mekanik Bahan Yang Mengalami Proses Anilisasi* (Laporan Penelitian). Yogyakarta: FMIPA UNY.