

KRISTALOGRAFI

KKE  
KK  
548.9  
Pem  
1

IR-Perpustakaan Universitas Airlangga

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS AIRLANGGA

# PEMBUATAN KRISTAL KACA DENGAN LOGAM PERAK (Ag) SEBAGAI BAHAN PENGISI

3000007983141

Ketua Peneliti :

Drs. Ali Rohman

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1996/1997  
SK.Rektor Nomor : 6229/J03/PL/1996  
Nomor : 76

# PEMBUATAN KRISTAL KACA DENGAN LOGAM PERAK (Ag) SEBAGAI BAHAN PENGISI

PAMERAN

01 OCT 1999

Peneliti :

Drs. Ali Rohman  
Drs. Faidur Rochman, M.S.  
Drs. Imam Siswanto  
Drs. A. Budi Prasetyo  
Drs. Hamami

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

3000007983141



UNAIR  
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1996/1997

SK. Rektor Nomor : 6299/JO3/PL/1996

Tanggal : 1 Agustus 1996

SELESAI Ali Rohman



- |                                    |                                 |  |
|------------------------------------|---------------------------------|--|
| 1. Puslit dan Pembangunan Regional | 4. Puslit Lingkungan Hidup      | 8. Puslit Kependudukan dan Pembangunan |
| 2. Puslit Obat Tradisional         | 5. Puslit dan Pengembangan Gizi | 9. Puslit Bioenergi                    |
| 3. Puslit Pengembangan Hukum       | 6. Puslit/Studi Wanita          | 10. Puslit/Studi Kesehatan Reproduksi  |
|                                    | 7. Puslit Olahraga              |  |

Jl. Darmawangsa Dalam No. 2 Telp. (031) 5342322 Fax. (031) 5342322 Surabaya 60286

IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Pembuatan kristal kaca dengan logam perak (Ag) sebagai bahan pengisi  
b. Macam Penelitian : ( ) Fundamental, (V) Terapan, ( ) Pengembangan
2. Kepala Proyek Penelitian  
a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Drs. Ali Rohman  
b. Jenis Kelamin : Laki-Laki  
c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata Muda / IIIa / 132 087 868  
d. Jabatan Sekarang : Staf Pengajar  
e. Fakultas/Jurusan/Puslit : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam / Kimia  
f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga  
g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Kimia Material / Kimia Fisika
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (lima) orang
4. Lokasi Penelitian : Lab. Kimia Fisika FMIPA Universitas Airlangga
5. Kerjasama dengan Instansi Lain  
a. Nama Instansi : -  
b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 6 (enam) Bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 3.000.000,00
8. Hasil Seminar Penelitian :  
a. Dilaksanakan Tanggal : 26 Mei 1997  
b. Hasil Penilaian : ( ) Baik Sekali ( V ) B a i k  
( ) S e d a n g ( ) K u r a n g



Mengetahui/ Mengesahkan  
a.n. Rektor  
Ketua Lembaga Penelitian,

Prof. Dr. Noor Cholies Zaini  
NIP. 130 355 372

Surabaya, 23 Juni 1997

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, berkat rahmat dan petunjuk-Nya, penelitian yang berjudul **“Pembuatan Kristal Kaca Dengan Logam Perak (Ag) Sebagai Bahan Pengisi”** ini dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada :

- Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, yang telah menyediakan dana penelitian ini lewat anggaran DIP/OPF tahun 1996/1997.
- Dekan FMIPA Universitas Airlangga yang telah memberi kesempatan untuk melakukan penelitian lewat dana DIP/OPF tahun 1996/1997.
- Semua pihak yang ikut membantu kelancaran penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini bermanfaat.

Surabaya, April 1997

Peneliti

## RINGKASAN PENELITIAN

**JUDUL PENELITIAN** : Pembuatan Kristal Kaca Dengan Logam Perak (Ag) Sebagai Bahan Pengisi

**KEPALA PENELITIAN** : Ali Rohman

**ANGGOTA PENELITIAN** : Faidur Rochman  
Imam Siswanto  
A. Budi Prasetyo  
H a m a m I

**FAKULTAS** : MIPA

**SUMBER DANA** : DIP/OPF Unair Tahun 1996/1997  
SK. Rektor No. : 6229/JO3/PL/1996  
Tanggal : 1 Agustus 1996

---

Penelitian ini bertujuan mencari alternatif pembuatan kaca kristal. Karena lebih kuat dari kaca biasa, kaca kristal banyak dipakai untuk lampu penerangan, maupun sebagai bahan baku pembuatan perhiasan sintesis.

Untuk itu dipilih kaca Pyrex sebagai bahan awal karena, selain kuat, kaca Pyrex juga mempunyai titik lebur relatif rendah. Logam perak (Ag) dipilih sebagai bahan pengisi dengan pertimbangan bahwa, selain mengkilat (daya pantul terhadap cahaya kuat), logam perak juga kuat dan stabil (sukar teroksidasi), bahkan pada suhu tinggi.

Secara teori kaca kristal dapat dibuat dengan mendispersikan partikel beberapa logam ke dalam leburan bahan kaca. Pada saat pendinginan, partikel-partikel logam akan memadat, sementara bahan kaca masih cair, dan bertindak sebagai inti pembentukan kristal kaca.

Titik lebur maksimum campuran logam perak dalam serbuk kaca didapat sebesar 1040 °C, sehingga pembuatan kristal kaca dilakukan pada suhu 1100 °C selama dua jam.

Untuk menguji kaca kristal buatan dilakukan penentuan sifat-sifat kaca kristal tersebut dan dibandingkan terhadap blangko (tanpa logam perak). Sifat-sifat yang diuji meliputi indeks bias, daya pantul, absorbansi cahaya, transmitansi cahaya, kekuatan tarik dan kekuatan tekan kaca kristal buatan.

Uji anava dengan  $\alpha = 0,05$ , menunjukkan bahwa ada perbedaan yang bermakna mengenai sifat-sifat kaca kristal, jika dibandingkan dengan kaca biasa (blangko). Pada kristal kaca, umumnya, indeks bias lebih besar, daya pantul terhadap cahaya lebih kuat dan kekuatan bertambah.

Penelitian perlu dikembangkan lebih lanjut mengenai teknik pembuatan kaca kristal yang bebas gelembung udara, dan pengaruh kadar logam Ag terhadap daya hantar listrik, daya hantar panas, sifat magnet, koefisien muai panas atau sifat-sifat lain dari kristal kaca.

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	iii
RINGKASAN PENELITIAN .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1. 1. Latar Belakang Penelitian .....	1
1. 2. Rumusan Masalah .....	2
1. 3. Tujuan Penelitian .....	2
1. 4. Manfaat Penelitian .....	3
1. 5. Hipotesis .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2. 1. Kaca dan Kristal Kaca .....	5
2. 1. 1. Jenis-jenis Kaca .....	6
2. 1. 2. Struktur Kaca .....	7
2. 1. 3. Pembuatan Kristal Kaca .....	13
2. 2. Bahan Pengisi Pada Kaca .....	13
2. 3. Sifat Optik .....	14
2. 4. Analisis Termal Differensial .....	17

<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN</b>	<b>21</b>
3. 1.	Alat dan Bahan	21
3. 2.	Variabel Penelitian	23
3. 3.	Cara Kerja	23
3. 3. 1.	Penyiapan Serbuk Kaca	23
3. 3. 2.	Penyiapan Serbuk Logam Perak (Ag)	23
3. 3. 3.	Pengujian Titik Lebur Perak Dalam Serbuk Kaca	24
3. 3. 4.	Pembuatan Kristal Kaca	24
3. 3. 5.	Pengujian Kristal Kaca	25
3. 4.	Analisis Statistik	25
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4. 1.	Penyiapan Serbuk Kaca dan Logam Perak	30
4. 2.	Pengujian Titik Lebur Campuran Perak Dalam Serbuk Kaca	30
4. 3.	Pembuatan Kristal Kaca	32
4. 4.	Pengujian Kristal Kaca	32
4. 4. 1.	Penentuan Indeks Bias	32
4. 4. 2.	Penentuan Pemantulan, Absorbansi dan Transmittansi Cahaya	33
4. 4. 3.	Penentuan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekan	35
4. 5.	Analisis Statistik	36
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>42</b>
5. 1.	Kesimpulan	42
5. 2.	Saran	42
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>43</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jenis-jenis kaca dan komposisi serta penggunaannya .....	6
2. Bahan-bahan yang digunakan sebagai pewarna pada kaca dan warna yang diinginkan .....	14
3. Data pengamatan (tabel ompong) .....	26
4. Analisis varian (tabel ompong) .....	27
5. Titik lebur campuran pada berbagai kadar perak dalam serbuk kaca .....	31
6. Data pengamatan indeks bias .....	33
7. Data pengamatan pemantulan cahaya .....	33
8. Data pengamatan absorbansi cahaya .....	34
9. Data Pengamatan transmitansi cahaya .....	34
10. Data pengamatan kekuatan tarik .....	35
11. Data pengamatan kekuatan tekan .....	35
12. Analisis varian indeks bias .....	36
13. Uji LSD indeks bias .....	36
14. Analisis varian pemantulan cahaya .....	37
15. Uji LSD pemantulan cahaya .....	37
16. Analisis varian absorbansi cahaya .....	38
17. Uji LSD absorbansi cahaya .....	38
18. Analisis varian transmitansi cahaya .....	39
19. Uji LSD transmitansi cahaya .....	39
20. Analisis varian kekuatan tarik .....	40
21. Uji LSD kekuatan tarik .....	40
22. Analisis varian kekuatan tekan .....	41
23. Uji LSD kekuatan tekan .....	41



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur dua dimensi untuk oksida $M_2O_3$ .....	8
2. Reaksi antara $Na_2O$ dengan silikat tetrahedral .....	10
3. Struktur dua dimensi gelas soda-silika .....	11
4. Ion aluminium dalam jaringan silikat .....	12
5. Cahaya datang, cahaya pantul dan cahaya bias .....	15

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1. Kurva-kurva DTA pada berbagai kadar logam perak (Ag) dalam serbuk kaca.**
- Lampiran 2. Nilai kritis distribusi F**
- Lampiran 3. Nilai kritis distribusi t**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang Penelitian

Kaca kristal banyak digunakan untuk kebutuhan lampu penerangan, maupun sebagai bahan baku pembuatan perhiasan sintetis. Sifat kristal kaca yang menonjol adalah sifat pantulan cahayanya dan kekuatan bahannya.

Kaca kristal, yang dikenal juga sebagai kaca keramik, merupakan bahan kristal yang terbuat dari kaca. Kristalisasi kaca dilakukan dengan memanaskan kaca dan menambahkan bahan pengisi, sehingga pada pendinginan terjadi pertumbuhan kristal di sekitar bahan pengisi tersebut.

Sifat kaca kristal merupakan gabungan dari kaca dan keramik. Kaca kristal lebih kuat dari kaca biasa. Di samping itu sifat-sifat kaca kristal, seperti kekuatan, sifat optik, hantaran listrik, sifat magnet dan koefisien muai panas dapat dikontrol dengan mengatur komposisinya.

Di antara cara pembuatan kristal kaca adalah dengan mendispersikan partikel logam di dalam lelehan kaca. Partikel logam ini tidak terlarut dengan sempurna, tetapi bertindak sebagai inti pembentukan kristal pada saat pendinginan.

Seperti logam yang lain, perak (Ag) merupakan logam yang kuat, mengkilat, stabil dan sukar berkarat (sukar teroksidasi). Oleh karena itu perak banyak dipakai sebagai perhiasan, untuk membuat barang-barang kerajinan dan untuk melapisi



beberapa logam yang lain. Sejak jaman kuno, logam perak (Ag) juga dilapiskan pada dasar kaca untuk pembuatan cermin.

Inklusi perak ke dalam bahan kaca diharapkan menyebabkan terbentuknya inti kristalisasi pada kaca tersebut. Jika logam perak yang terinklusi dalam kaca cukup maka, selain dihasilkan kristal yang kuat, juga pemantulan cahaya oleh kaca akan diperkuat dengan pemantulan cahaya oleh logam perak dan dihasilkan bahan dengan kemilau cahaya yang kuat.

### **1. 2. Rumusan Masalah**

Untuk mendapatkan kristal kaca memakai bahan pengisi logam perak (Ag) dengan pantulan cahaya yang kuat, perlu dilakukan inklusi logam perak (Ag) ke dalam kisi kristal kaca tersebut. Masalah yang timbul adalah :

- Berapakah suhu peleburan campuran logam perak (Ag) dalam serbuk kaca sehingga pada kristalisasi menghasilkan kristal kaca yang kuat, dengan pantulan cahaya yang besar ?
- Berapakah konsentrasi Ag dalam kaca yang optimum agar campuran tersebut membentuk kristal kaca yang kuat dengan pantulan cahaya besar ?

### **1. 3. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kristal kaca yang terinklusi logam perak (Ag) dengan kekuatan yang tinggi dan pemantulan cahaya yang besar.

#### 1. 4. Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat dicari alternatif pembuatan kristal kaca yang berguna untuk pembuatan perhiasan sintetis atau sebagai bahan baku pada perlengkapan lampu penerangan.

#### 1. 5. Hipotesis

- $H_{01}$  : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai nilai indeks bias kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{a1}$  : ada perbedaan yang bermakna mengenai nilai indeks bias kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{02}$  : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai besar pemantulan cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{a2}$  : ada perbedaan yang bermakna mengenai besar pemantulan cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{03}$  : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai besar absorbansi cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{a3}$  : ada perbedaan yang bermakna mengenai besar absorbansi cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{04}$  : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai besar transmitansi cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)
- $H_{a4}$  : ada perbedaan yang bermakna mengenai besar transmitansi cahaya oleh kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)

- H<sub>05</sub> : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai nilai kekuatan tarik kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)**
- H<sub>a5</sub> : ada perbedaan yang bermakna mengenai kekuatan tarik kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)**
- H<sub>06</sub> : tidak ada perbedaan yang bermakna mengenai kekuatan tekan kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)**
- H<sub>a6</sub> : ada perbedaan yang bermakna mengenai kekuatan tekan kaca kristal buatan dengan berbagai kadar logam perak (Ag)**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2. 1. Kaca dan Kristal Kaca**

Menurut pembuatannya kaca adalah hasil peleburan bahan anorganik yang telah didinginkan menjadi padatan kaku tanpa mengkristal. Sedang menurut strukturnya, kaca adalah padatan amorf dengan struktur atom penyusunnya yang acak.

Ciri utama kaca adalah transparan, keras, kaku dan mudah pecah. Sifat kaca yang cukup penting adalah pada pemanasan, kaca mempunyai viskositas yang cukup tinggi dibanding padatan lain.

Kristal kaca, yang dikenal juga sebagai kaca keramik, merupakan bahan kristal yang terbuat dari bahan awal kaca. Kristalisasi kaca dilakukan dengan memanaskan kaca dan menambahkan bahan pengisi, sehingga pada pendinginan terjadi pertumbuhan kristal di sekitar bahan pengisi tersebut.

Sifat kaca kristal merupakan gabungan dari kaca dan keramik. Kaca kristal lebih kuat dari kaca biasa, bahkan pada suhu yang tinggi. Di samping itu sifat-sifat kaca kristal – seperti kekuatan, sifat optik, hantaran listrik, sifat magnet dan koefisien muai panas – dapat dikontrol dengan mengatur komposisinya.

### 2. 1. 1. Jenis-jenis Kaca

Kaca tak berwarna terbuat dari peleburan campuran pasir kuarsa, natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan soda api ( $\text{NaOH}$ ). Komposisi campuran biasanya terdiri dari 330 bagian pasir, 50 bagian soda abu dan 50 bagian soda api. Untuk memperkuat kaca, dapat ditambahkan boron trioksida ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), oksida fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ataupun oksida-oksida logam. Sedangkan untuk memberikan warna pada kaca dapat dilakukan dengan menambahkan beberapa oksida logam transisi atau garam mineral ke dalam campuran.

Umumnya kaca komersial tersusun dari oksida silika dan oksida boron serta dikombinasi dengan oksida dari logam alkali. Tabel 1 menunjukkan beberapa jenis kaca dan komposisi serta penggunaannya.

Tabel 1. Jenis-jenis kaca dan komposisi serta penggunaannya.

No.	Nama	Komposisi	Penggunaan
1	Soda lime/kaca lunak	$\text{SiO}_2$ = 70-75% $\text{CaO}$ = 5-10% $\text{MgO}$ = 1-5% $\text{Na}_2\text{O}$ = 13-17%	Banyak dipakai untuk botol, kaca lembaran dan kontainer lainnya
2	Kaca timbal isolator	$\text{SiO}_2$ = 55-65% $\text{PbO}$ = 20-35% $\text{Na}_2\text{O}$ = 3-8% $\text{K}_2\text{O}$ = 7-10%	Untuk kaca isolator yang banyak dipakai pada lampu, kelep, peralatan elektronik dan lain-lain
3	Kaca timbal optik	$\text{SiO}_2$ = 30-50% $\text{PbO}$ = 35-65% $\text{Na}_2\text{O}$ = 2-5% $\text{K}_2\text{O}$ = 1-8%	Jenis kaca yang memiliki indeks bias serta kekuatan dispersi yang tinggi. Termasuk diantaranya kaca flint untuk optik maupun kaca kristal
4	Kaca borosilikat	$\text{SiO}_2$ = 60-75% $\text{B}_2\text{O}_3$ = 15-30% $\text{Na}_2\text{O}$ = 2-5% $\text{K}_2\text{O}$ = 2-5%	Sering dipakai untuk peralatan laboratorium yang tahan panas



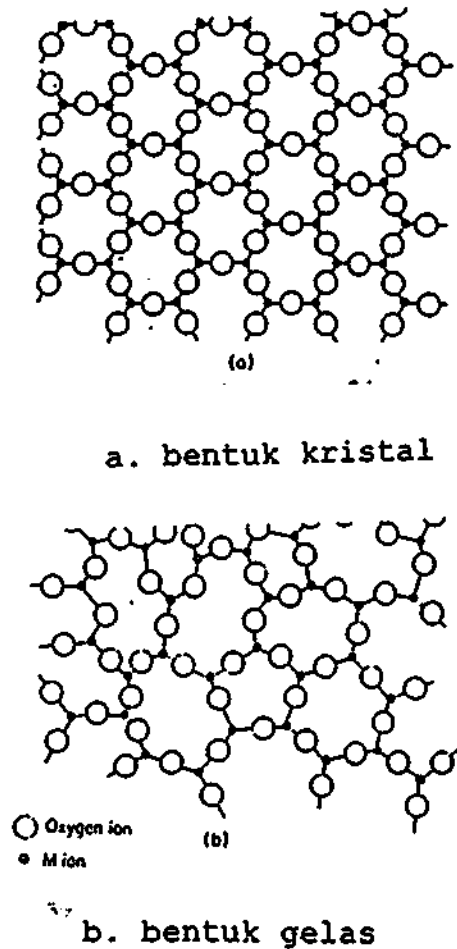
### 2. 1. 2. Struktur Kaca

Saat pendinginan kaca yang telah dilelehkan, terbentuk oksida di dalamnya. Goldschmidt (1926) sebagai orang pertama yang menyatakan bahwa pembentukan oksida sebagai akibat kemampuan Ion oksigen tersusun dalam struktur kaca.

Di dalam struktur kaca yang stabil, jumlah anion yang dikelilingi oleh kation, ditentukan oleh ukuran relatif dari kation dan anionnya. Untuk oksida  $M_xO_y$  memiliki bilangan koordinasi bagi kation M sebesar 4, jika perbandingan jari-jari  $R_x/R_o$  antara 0,225 sampai 0,414. Dalam hal ini, oksigen tersusun di sudut tetrahedron dengan kation menempati pusat.

Zachariasen (1932) menyatakan bahwa kemampuan oksida membentuk konfigurasi tetrahedron tidaklah mutlak ciri khas kaca, sebagai misal BeO jika strukturnya terorientasi tetrahedron, keadaan kaca tidak pernah dijumpai.

Selanjutnya Zachariasen menduga bahwa atom harus terjalin dalam jaringan struktur kaca tiga dimensi, namun ia memiliki struktur yang acak. Terbukti tidak memberikan spektra sinar-X yang tajam. Ini berkaitan dengan energi yang dikandung dalam struktur kaca tersebut lebih kecil dibanding struktur kristal. Ini berarti bahwa satuan struktur dalam kaca identik dengan satuan struktur dalam kristal. Hanya bedanya pada kaca ada distorsi ikatan antar kisi, sehingga menghasilkan struktur yang acak seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur dua dimensi untuk oksida  $M_2O_3$ .

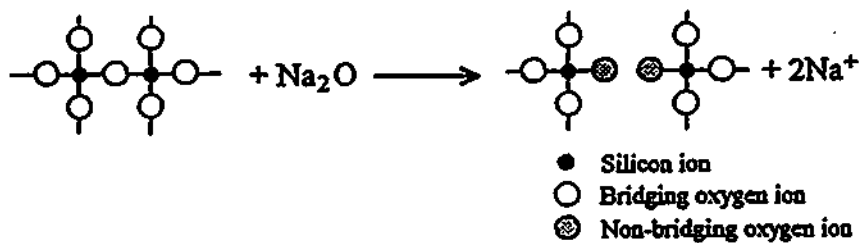
Penelitian lebih mendetail dilakukan oleh W. L. Bragg dan kawan-kawan (1937) dalam menentukan struktur kristal silika dan garam silikat. Dalam bentuk kristalin, silika memiliki struktur dasar gugus tetrahedral, di mana empat atom oksigen (O) mengelilingi inti atom silikon (Si). Jarak ikatan Si-O berkisar antara 1,5 Å sampai 1,7 Å. Tiap atom oksigen disokong oleh dua atom silikon, sehingga strukturnya tersusun oleh sudut tumpuan dari pasangan oksigen tetrahedron tersebut. Dalam satu sudut, tak pernah dua struktur tetrahedral bertemu, namun seluruh sudut tetrahedral saling bertumpu.

Pada struktur tiga dimensi, dimungkinkan tersusun lewat beberapa cara, di mana garis Si—O—Si bisa lurus atau mungkin tidak. Jadi struktur tetrahedron satu sama lain bisa koplanar atau tidak.

Dalam silikat, struktur yang penting adalah satuan tetrahedron  $\text{SiO}_4$ . Namun tidak semua sudutnya yang bertumpu. Dengan demikian perbandingan oksigen dengan Si memiliki harga di atas 2 : 1. Jika perbandingannya tepat 2 : 1, akan didapat struktur tiga dimensi yang kontinyu seperti pada silika. Jika perbandingannya 4 : 1, terjadi struktur  $\text{SiO}_4^{4-}$  yang tidak kontinyu. Pada komposisi menengah, didapati lembaran pita atau rantai tetrahedron, atau gugus diskontinyu cukup besar seperti  $\text{Si}_2\text{O}_7^{6-}$  atau  $\text{SiO}_3^{2-}$ . Keadaan ini memungkinkan masuknya ion-ion logam dalam berbagai cara, sehingga ikut menentukan geometri dan kenetralan listriknya. Ion logam dengan muatan besar dapat bertindak sebagai ion silikon dan membentuk oksida polihedral mengelilingi dirinya sendiri. Contohnya aluminium silikat, di mana ion Al dapat berada di pusat tetrahedral.

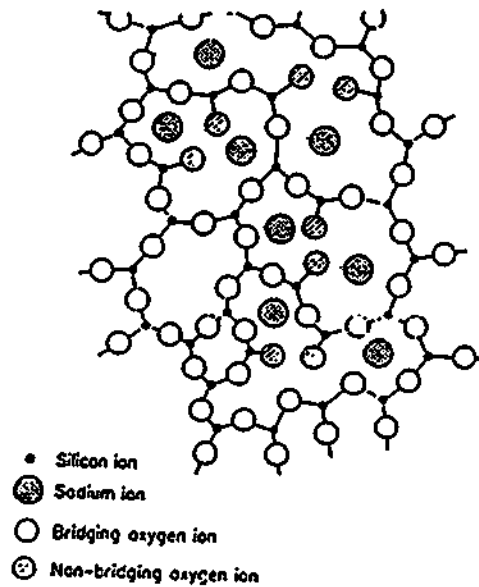
Ada dua jenis jaringan oksida kaca, yaitu jaringan oksida termodifikasi dan jaringan oksida intermediet. Oksida termodifikasi tidak mampu membentuk jaringan kontinyu. Ini menyebabkan kaca lebih lunak seperti halnya oksida natrium. Adapun oksida intermediet yaitu oksida yang tidak mampu membentuk kaca, seperti oksida aluminium.

Untuk oksida natrium didapatkan bahwa jika oksida tersebut dimasukkan dalam kaca silikat menghasilkan kaca natrium silikat. Reaksinya diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi antara  $\text{Na}_2\text{O}$  dengan silikat tetrahedral.

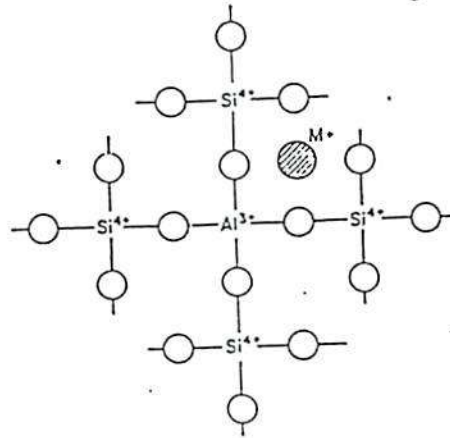
Jembatan ion oksigen yang menghubungkan antara dua tetrahedron  $\text{SiO}_4$ , sekarang membentuk oksigen non ikatan di mana satu diantaranya telah ditopang oleh oksida natrium. Jadi penambahan natrium oksida menyebabkan pemisahan struktur jaringan kontinyu. Ion natrium yang dihasilkan memberikan lubang atau interstisi di dalam struktur jaringan acak, seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur dua dimensi gelas soda-silika.

Dengan memasukkan  $\text{Na}_2\text{O}$  menyebabkan turunnya viskositas kaca dan menaikkan koefisien muai termal. Kedua efek ini menyebabkan lemahnya ikatan dan jaringan kaca. Oksida logam alkali lainnya seperti litium atau kalium oksida, dapat membentuk pula struktur yang identik. Rata-rata ion litium akan memberikan struktur interstiti yang lebih kecil dibandingkan ion natrium, sedang kalium lebih besar.

Oksida alkali tanah seperti  $\text{MgO}$ ,  $\text{BaO}$  dan  $\text{CaO}$  juga bertindak sebagai oksida modifikator. Kation logam menempati posisi jaringan interstiti dan ion oksigen menyokong kaca memiliki rangkaian jaringan ion silikon seperti bangun pada Gambar 4.



Gambar 4. Ion aluminium dalam jaringan silikat.

Untuk kation divalen seperti  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  dan  $Ba^{2+}$ , satu kation terdapat ion oksigen non-ikatan (untuk masing-masing pasangan). Sedangkan bagi kation univalen seperti  $K^+$ ,  $Na^+$  dan  $Li^+$ , dua kation akan terdapat satu pasangan oksigen non-ikatan.

Aluminium oksida merupakan contoh yang baik untuk jenis oksida intermediet. Dalam bentuk kristal, ion aluminium memiliki 4 atau 6 koordinat dengan oksigen membentuk gugus  $AlO_4$ , tetrahedron atau  $AlO_6$  oktahedron. Gugus tetrahedron dapat menggantikan silikon tetrahedron dalam kisi silikat menghasilkan susunan seperti pada Gambar 4 di atas.

Oleh karena ion aluminium bermuatan +3 sedangkan ion silikon bermuatan +4, perlu penambahan satu muatan positif untuk memenuhi kaidah kenetralan listrik dalam bentuk interstiti.



### 2. 1. 3. Pembuatan Kristal Kaca

Pembuatan kristal kaca pertama kali diperkenalkan oleh Stookey of Corning Glass pada tahun 1957. Untuk mengatur kristalisasi, ke dalam campuran kaca didispersikan bahan inti kristal. Kristalisasi yang dimulai di permukaan harus dicegah.

Beberapa cara untuk membuat inti kristal dalam pembuatan kaca kristal dapat dilakukan sebagai berikut :

- membuat dispersi koloid partikel logam dalam leburan kaca. Partikel-partikel ini tidak melarut sempurna dan bertindak sebagai inti kristalisasi pada saat pendinginan. Pengendapan ini logam dapat dibantu dengan sinar ultraviolet jika kacanya bersifat peka cahaya.
- menambahkan oksida seperti  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$  dan  $ZrO_2$  yang akan larut dalam leburan pada suhu tinggi tetapi mengendap pada suhu rendah sehingga dapat bertindak sebagai inti kristalisasi.

Logam perak (Ag) dengan titik lebur  $940^\circ C$  mempunyai kekuatan mekanik yang bagus. Sifat lain adalah mengkilat dan sukar teroksidasi. Dengan sifat itu, diharapkan logam perak (Ag) dapat dipakai sebagai inti kristalisasi pada pembuatan kaca kristal.

### 2. 2. Bahan Pengisi Pada Kaca

Untuk memperkuat struktur kaca biasanya ditambahkan oksida boron, oksida fosfor atau beberapa oksida logam.

Gelas berwarna diperoleh dengan mencampurkan beberapa oksida logam atau garam pada saat peleburan bahan kaca. Beberapa bahan yang digunakan dan warna yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Bahan-bahan yang digunakan sebagai zat warna pada kaca dan warna yang diinginkan**

Bahan Pewarna	Warna Gelas
Natrium uranat	kuning berfluorescence
Ion $F^{2+}$	hijau
Ion $F^{3+}$	kuning
$Na_2Cr_2O_7$	hijau kekuningan
$MnO_2$	merah muda
Oksida Co	biru pekat
$Cu^+$	merah
$Cu^{2+}$	kuning
CdS	biru

### 2. 3. Sifat Optik

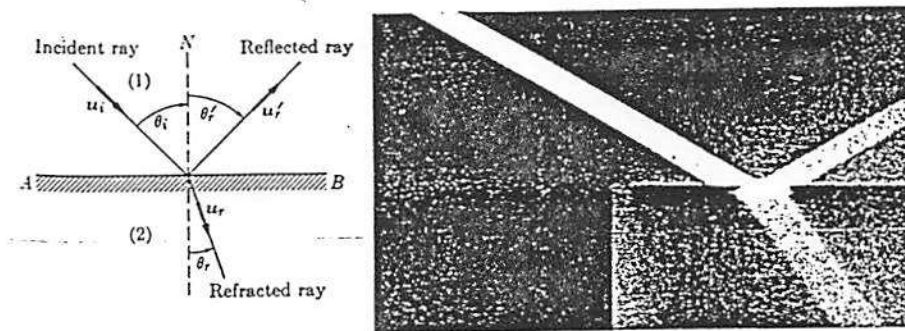
Jika seberkas sinar jatuh pada permukaan yang memisahkan dua media, sebagian akan dipantulkan kembali ke dalam medium pertama dan sebagian lagi akan dibiaskan ke dalam medium kedua.

Gelombang pantul adalah gelombang baru yang menjalar balik ke medium mula-mula, sedangkan gelombang bias adalah gelombang baru yang menjalar ke medium kedua.

Energi cahaya dari gelombang mula-mula dibagi antara gelombang pantul dan gelombang bias. Sebagian besar energi cahaya, mungkin akan dipantulkan, seperti yang terjadi pada cermin. Tetapi mungkin juga sebagian besar energi cahaya akan diteruskan pada pembiasan seperti yang terjadi pada kaca.



Gejala-gejala yang terjadi pada pemantulan dan pembiasan dipaparkan seperti pada Gambar 5, sebagai berikut :



Gambar 5. Cahaya datang, cahaya pantul dan cahaya bias

Hal-hal yang terjadi pada interaksi-interaksi tersebut adalah :

- arah sinar datang, sinar pantul dan sinar bias selalu normal pada satu bidang yang memisahkan ketiga sinar tersebut.
- sudut datang terhadap bidang normal ( $\theta_i$ ) adalah sama dengan sudut pantul terhadap bidang normal ( $\theta_r$ ), yaitu :

$$\theta_i = \theta_r$$

- perbandingan sinus sudut datang ( $\theta_i$ ) dan sinus sudut bias adalah konstan (Hukum Snell), yaitu :

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = n_{12}$$

$n_{12}$  adalah indeks bias medium 2 relatif terhadap medium 1. Selain tergantung pada medium 1 dan medium 2, nilai indeks bias juga tergantung pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) sinar datang. Indeks bias mutlak didapat jika medium 1 adalah udara.

Selain mengalami pemantulan dan pembiasan, jika seberkas sinar melewati bahan padat, cair atau gas, maka intensitasnya akan selalu berkurang. Pengurangan intensitas cahaya ini disebabkan absorpsi cahaya oleh materi yang dilewatinya.

Energi cahaya yang diserap oleh materi diubah menjadi energi gerak molekul-molekul materi tersebut. Banyaknya intensitas cahaya yang diteruskan (transmitansi) jika telah melewati medium setebal  $d$ , adalah :

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha d}$$

dengan :

- $I_0$  = intensitas cahaya mula-mula
- $I$  = intensitas cahaya yang ditransmisikan
- $\alpha$  = koefisien absorpsi
- $d$  = ketebalan medium

## 2. 4. Analisis Termal Differensial

Analisis termal merupakan metode analisis di mana beberapa sifat sampel secara kontinyu diukur sebagai fungsi suhu. Pada analisis termal dikenal beberapa cara analisis, yaitu :

a. *Thermogravimetry* (TG)

Mengukur perubahan berat sampel selama sampel dipanaskan.

b. *Differential Thermal Analysis* (DTA)

Mengukur perubahan energi sampel selama sampel dipanaskan.

c. *Thermomechanical Analysis* (TMA)

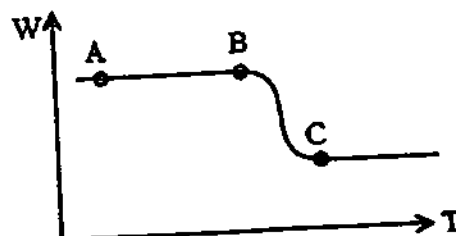
Mengukur perubahan mekanik sampel selama sampel dipanaskan.

d. *Electro Thermal Analysis* (ETA)

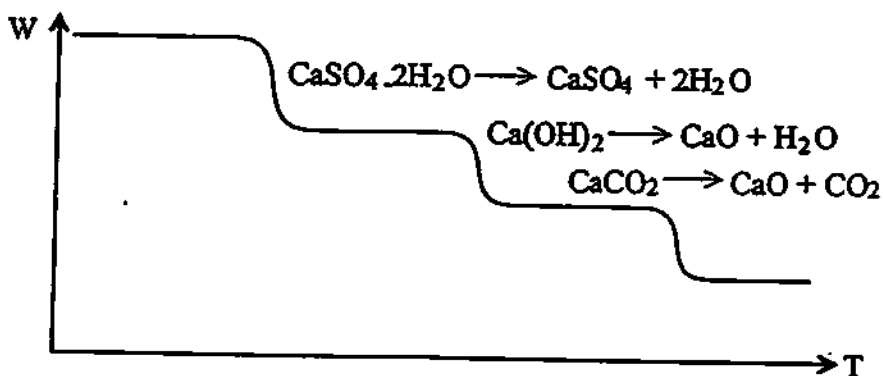
Mengukur perubahan hantaran listrik sampel selama sampel dipanaskan.

Dengan demikian analisis termal dalam pengambilan data selalu berhubungan dengan kurva kenaikan suhu sampel (sebagai absis) dan perubahan sifat yang diamati (sebagai ordinat).

Untuk *thermogravimetry*, absisnya adalah perubahan suhu dan ordinatnya merupakan perubahan berat sampel selama pemanasan, seperti ditunjukkan oleh kurva di bawah ini :

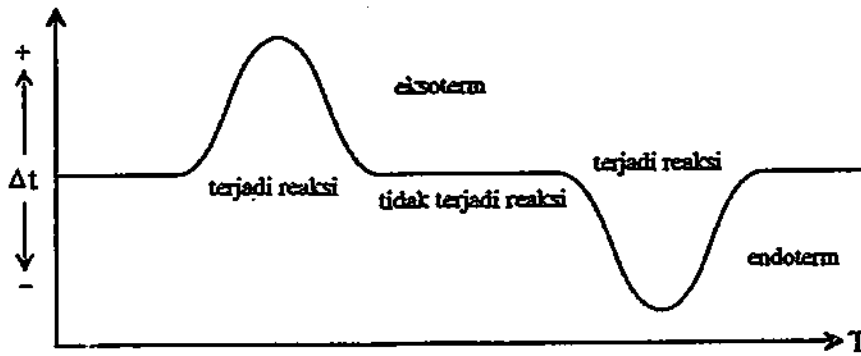


Pada kurva di atas terdapat perubahan berat sampel, yaitu dari titik B ke titik C. Perubahan berat tersebut menandakan adanya reaksi dekomposisi dari suatu sampel. Sering terjadi selama pemanasan, sampel mengalami proses dekomposisi berkali-kali. Contohnya Gips jika dipanaskan sampai suhu 800 °C. Zat ini akan terdekomposisi 3 kali dengan hasil akhir CaO, seperti diperlihatkan oleh kurva di bawah ini :



Dalam analisis dengan cara termal differensial (DTA) digunakan teknik selisih suhu antara sampel dengan standar yang berupa senyawa inert. Baik sampel maupun senyawa standar dipanaskan secara linier terhadap waktu. Akan terdapat selisih suhu nol antara sampel dan senyawa standar, bila sampel tidak mengalami perubahan fisika atau kimia. Namun, jika suatu reaksi berlangsung maka akan terjadi selisih suhu  $\Delta T$  antara sampel dan bahan pembanding. Jika terjadi reaksi eksoterm maka suhu sampel lebih tinggi dari senyawa standar, sedang jika terjadi reaksi endoterm maka suhu sampel lebih rendah. Kondisi ini hanyalah bersifat transisi, karena setelah reaksi sempurna, sampel akan menunjukkan selisih suhu nol terhadap standar lagi. Kurva

untuk DTA adalah  $\Delta T$  sebagai ordinat dan T sebagai absis, seperti diperlihatkan oleh kurva di bawah ini :



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3. 1. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini berkualitas p. a. kecuali bila disebutkan khusus, yaitu :

• Kaca Pyrex	1,5 kg
• Akuades	10 l
• AgNO <sub>3</sub>	250 gr
• Aseton	1 l
• Formaldehid	1 l
• Glukosa	500 gr
• NH <sub>3</sub> OH	1 l
• Timah	500 gr
• Gas N <sub>2</sub>	6 m <sup>3</sup>
• Gas H <sub>2</sub>	6 m <sup>3</sup>

Alat-alat yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

• Thermal Analyzer DT-30	1 set
• Autograph	1 set
• Spektrometer Optik	1 set
• Sensor Fotolistrik	1 set

• <b>Multimeter</b>	<b>1 set</b>
• <b>Jangka sorong</b>	<b>1</b>
• <b>Mortar dan Penggerus</b>	<b>1</b>
• <b>Pengayak 50 mesh</b>	<b>1</b>
• <b>Pengayak 100 mesh</b>	<b>1</b>
• <b>Pengayak 140</b>	<b>1</b>
• <b>Krus posrelin</b>	<b>25</b>
• <b>Penyelep porselin</b>	<b>1 set</b>
• <b>Furnace 1500 °C</b>	<b>1 set</b>
• <b>Botol semprot</b>	<b>-</b>
• <b>Pengaduk</b>	<b>-</b>
• <b>Gelas Beker</b>	<b>-</b>
• <b>Gelas erlenmeyer</b>	<b>-</b>
• <b>Oven 200 °C</b>	<b>1</b>
• <b>Aluminium foil</b>	<b>-</b>
• <b>Blender tepung</b>	<b>1 set</b>
• <b>Corong</b>	<b>-</b>
• <b>Kertas saring</b>	<b>-</b>

### 3. 2. Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kadar logam perak (Ag) dalam serbuk kaca Pyrex. Masing-masing kadar logam perak (Ag) tersebut adalah 0 bpj (blanko), 10 bpj, 100 bpj, 500 bpj dan 1000 bpj.

Variabel terikat yang akan diukur pada penelitian ini adalah indeks bias, absorbansi cahaya, transmitansi cahaya, pemantulan cahaya, kekuatan tarik dan kekuatan tekan kaca yang dihasilkan.

### 3. 3. Cara Kerja



#### 3. 3. 1. Penyiapan Serbuk Kaca

- Sebanyak 1,5 kg kaca Pyrex dihaluskan dengan mortar dan diayak dengan pengayak 50 mesh.
- Hasil ayakan dihaluskan lagi dengan blender tepung dan diayak dengan pengayak 140 mesh.

#### 3. 3. 2. Penyiapan Serbuk Logam Perak (Ag)

- Ke dalam 250 ml larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M ditambahkan larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  1M tetes demi tetes sampai endapan yang terbentuk larut kembali.
- Ke dalam campuran tersebut ditambahkan 500 ml larutan glukosa 1 M
- Campuran kemudian dipanaskan pada penangas air selama 1 jam.
- Endapan logam Ag, selanjutnya disaring, dicuci dengan akuades dan dikeringkan pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 1,5 jam.
- Akhirnya, serbuk logam Ag yang dihasilkan diayak dengan pengayak 140 mesh.



### 3. 3. 3. Pengujian Titik Lebur Campuran Logam Perak Dalam Serbuk Kaca

- Disiapkan campuran logam Ag dalam serbuk kaca Pyrex dengan kadar logam Ag 0 bpj (blangko), 10 bpj, 100 bpj, 500 bpj dan 1000 bpj.
- Pegujian titik lebur campuran logam Ag dalam serbuk kaca dilakukan dengan *Thermal Analyzer* DT-30 di Laboratorium Dasar Bersama Universitas Airlangga.

### 3. 3. 4. Pembuatan Kristal Kaca

- Disiapkan 15 gr campuran logam Ag dalam serbuk kaca dengan kadar logam Ag 0 bpj (blangko, A), 10 bpj (B), 100 bpj (C), 500 bpj (D) dan 1000 bpj (E) dalam krus porselin.  
Masing-masing perlakuan dibuat 3 (tiga) kali ulangan.
- Campuran ini kemudian dilebur dalam furnace pada suhu 1100 °C selama 2 jam dan didinginkan perlahan-lahan sampai dicapai suhu ruang.
- Dasar krus porselin kemudian diselep dengan penyelep porselin dan, selanjutnya, dengan penyelep kaca untuk mendapatkan kristal kaca.
- Ketebalan kristal kaca yang dihasilkan diukur dengan jangka sorong.

### 3.3.5. Pengujian Kristal Kaca

- Sifat optik kristal kaca yang dihasilkan, meliputi indeks bias, absorbansi cahaya, transmitansi cahaya dan pemantulan cahaya, diukur dengan Spektrometer Optik di Laboratorium Fisika Optik, Universitas Airlangga. Indeks bias diukur dengan sinar kuning dari natrium ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ), sedang absorbansi, transmitansi dan pemantulan cahaya diukur dengan sinar putih dari cadmium.
- Kekuatan tarik dan kekuatan tekan kristal kaca yang dihasilkan ditentukan dengan *Autograph* Shimadzu di Laboratorium Dasar Bersama, Universitas Airlangga.

### 3.4. Analisis Statistik

Penelitian ini bersifat eksperimental dan rancangan yang digunakan adalah rancangan Rancangan Acak Lengkap (RAL) atau lebih dikenal dengan Complete Randomized Design (CRD).

Ada lima uji perlakuan, yaitu perlakuan dengan kadar logam Ag dalam serbuk kaca sebesar 0 bpj (blangko, A), 10 bpj (B), 100 bpj (C), 500 bpj (D) dan 1000 bpj (E). Masing-masing uji perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah kadar logam perak (Ag) dalam serbuk kaca Pyrex. Masing-masing kadar logam perak (Ag) tersebut adalah 0 bpj (blangko, A), 10 bpj (B), 100 bpj (C), 500 bpj (D) dan 1000 bpj (E).

Variabel terikat yang akan diukur pada penelitian ini adalah indeks bias, absorbansi cahaya, transmitansi cahaya, pemantulan cahaya, kekuatan tarik dan kekuatan tekan kaca yang dihasilkan.

Sesuai dengan tujuan penelitian maka data yang didapat, diolah dengan metode statistik. Dalam hal ini untuk mengetahui pengaruh perlakuan dilakukan uji keragaman atau analisis varian sesuai dengan rancangannya.

Adapun model matematik rancangan ini adalah :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_j$$

dengan :

- Y = nilai pengamatan
- $\mu$  = nilai rata-rata harapan
- T = pengaruh perlakuan
- E = kesalahan percobaan
- i = perlakuan ke-i
- j = ulangan ke-j

Selanjutnya data pengamatan disajikan dalam Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Data Pengamatan

Perlakuan	Ulangan ke			Total	Rata-rata
	1	2	3		
0 bpj (A)					
10 bpj (B)					
100 bpj (C)					
500 bpj (D)					
1000 bpj (E)					
Total					

Setelah semua pengamatan ditabulasi, kemudian dibuat tabel anava yang akan digunakan untuk mengambil kesimpulan pengaruh berbagai perlakuan terhadap sifat-sifat kaca kristal yang dihasilkan.

Untuk model anava ini, hipotesisnya adalah  $H_0 : r_i = 0$ , untuk  $i = 1, 2, 3, \dots, k$ , yang artinya tidak ada perbedaan pengaruh antar perlakuan. Apabila diperoleh :

- $F_{hit} < F_{tabel}$ , maka  $H_0 : r_i$  diterima, yang berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar perlakuan
- $F_{hit} > F_{tabel}$ , maka  $H_0 : r_i$  ditolak, yang berarti tidak ada perbedaan pengaruh antar perlakuan, setidaknya ada sepasang perlakuan yang mempunyai perbedaan pengaruh.

Untuk menentukan nilai  $F_{hitung}$  dipergunakan tabel analisis varian seperti disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Varian

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hit}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak						
Total						

Langkah-langkah untuk mengisi nilai-nilai dalam Tabel 4. Adalah sebagai

berikut :

- $DB_p = k - 1$
- $DB_a = n - 1$
- $KF = \frac{(\sum Y)^2}{n}$
- $JK_T = \sum Y_{ij}^2 - KF$
- $JK_p = \sum \frac{(Y_j)^2}{n_j} - KF$
- $JK_a = JK_T - JK_p$
- $KT_p = \frac{JK_p}{DB_p}$
- $KT_a = \frac{JK_a}{DB_a}$
- $F_{hit.} = \frac{KT_p}{KT_a}$

dengan :

$k$  = jumlah perlakuan

$n$  = jumlah sampel tiap perlakuan

$\sum Y$  = total nilai pengamatan

$Y_{ij}$  = nilai pengamatan  $i$  dari sampel  $j$

$V_1 = k - 1$

$V_2 = (n - k) - (k - 1)$

$F_{tab.}$  = dicari dalam tabel F atas dasar  $Db_{perlakuan}(V_1)$  dan  $Db_{suk}(V_2)$  serta tingkat kepercayaan  $\alpha$ .

Kemudian perhitungan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (LSD-test),

dengan rumus :

$$LSD_{0.05} = t_{0.05; df=n-k} \sqrt{\frac{KT_a}{n_1} + \frac{KT_a}{n_2}}$$

dengan :

T = nilai dari tabel t pada derajat kepercayaan  $\alpha$  dan derajat kebebasan  $n - k$

n = jumlah sampel

jika selisih harga rata-rata lebih besar dari harga LSD, berarti ada perbedaan yang nyata antar dua perlakuan yang diperbandingkan.

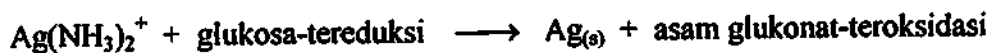
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4. 1. Penyiapan Serbuk Kaca dan Logam Perak

Kaca yang dipakai pada percobaan ini adalah kaca Pyrex tak berwarna dengan pertimbangan bahwa, kaca Pyrex merupakan kaca yang kuat dengan titik lebur relatif rendah (sekitar 900 °C), sehingga pada saat pendinginan leburan kaca belum memadat sementara logam Ag sudah padat dan bertindak sebagai inti kristalisasi. Tanpa adanya zat pewarna menjamin tidak adanya reaksi samping yang terjadi.

Pembuatan serbuk logam perak (Ag) dari larutan AgNO<sub>3</sub> didasarkan pada reaksi Tolles sebagai berikut :



Pencucian dengan akuades dilakukan agar logam perak yang didapat, bebas dari gula atau ion-ion lain yang tersisa.

#### 4. 2. Pengujian Titik Lebur Campuran Perak Dalam Serbuk Kaca

Pengujian titik lebur campuran perak dalam serbuk kaca dilakukan dengan menggunakan alat *Thermal Analyzer* DT-30 merk Shimadzu dengan metode analisis termal differensial, detektor PR dan kecepatan 20 °C/menit. Data yang dihasilkan didaftar pada Tabel 5.

Tabel 5. Titik lebur campuran pada berbagai kadar perak dalam serbuk kaca

Kadar Perak (Ag)	Titik Lebur (°C)
0 bpj (A)	930
10 bpj (B)	1020
100 bpj (C)	1025
500 bpj (D)	1025
1000 bpj (E)	1040

Untuk semua kurva terjadi puncak pada suhu sekitar 110 °C yang menunjukkan reaksi endoterm. Pada suhu ini terjadi dehidrasi pada serbuk kaca.

Peleburan kaca dan logam perak adalah reaksi yang endoterm, hal ini ditunjukkan dengan terjadinya puncak pada suhu 930 °C (kurva 1), 1020 °C (kurva 2), 1025 °C (kurva 3 dan 4) dan 1040 °C (kurva 5).

Kurva 1 tidak menunjukkan adanya puncak setelah peleburan pertama. Artinya semua bahan (serbuk kaca) telah melebur dengan sempurna. Pada kurva-kurva yang lain menunjukkan adanya peleburan logam perak setelah titik lebur kaca.

Dari data tabel di atas didapatkan bahwa pada berbagai kadar logam perak dalam kaca, titik lebur maksimum adalah 1040 °C. Dengan demikian, peleburan selanjutnya dilakukan pada suhu 1100 °C selama 2 jam untuk menjamin sempurnanya reaksi.



### 4.3. Pembuatan Kristal Kaca

Pembuatan kristal kaca pada percobaan ini menggunakan logam perak (Ag) sebagai bahan pengisi dengan pertimbangan bahwa logam Ag mempunyai kekuatan mekanik yang bagus, pantulan cahayanya kuat dan stabil.

Umumnya pada pembuatan kaca, dipergunakan logam timah (Sn) sebagai dasar wadah peleburan, agar kaca yang dihasilkan berbentuk datar, rata dan dapat dipisah dari wadah pada saat timah masih cair (titik lebur Sn adalah 425 °C). Untuk menghindari oksidasi timah oleh udara pada suhu tinggi maka ke dalam tungku peleburan dialirkan gas hidrogen ( $H_2$ ) sehingga dapat dihindari kontak antara timah dan udara. Karena gas hidrogen bersifat eksplosif pada suhu tinggi maka ke dalamnya harus dicampurkan gas nitrogen ( $N_2$ ).

Pada penelitian ini metode di atas tidak dapat dilakukan, karena peralatan yang kurang mendukung. Cara yang dipakai untuk memisahkan kristal kaca dari krus peleburan adalah dengan menyelep dasar krus menggunakan penyelep porselin dan penyelep kaca. Kristal kaca yang dihasilkan diatur ketebalannya sampai 0,70 cm.

### 4.4. Pengujian Kristal Kaca

#### 4.4.1. Penentuan Indeks Bias

Nilai indeks bias kristal kaca yang dihasilkan ditentukan dengan sinar kuning dari natrium ( $Na$ ,  $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) karena umumnya indeks bias bahan dilaporkan sebagai indeks bias pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) tersebut. Hasilnya didaftar pada Tabel 6.

Tabel 6. Data pengamatan indeks bias

Kadar Ag (ppm)	Indeks Bias			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	1.33	1.30	1.37	4.00	1.33
10 (B)	1.35	1.47	1.40	4.22	1.41
100 (C)	1.48	1.31	1.37	4.16	1.39
500 (D)	1.59	1.43	1.51	4.53	1.51
1000 (E)	1.70	1.57	1.68	4.95	1.65

#### 4. 4. 2. Penentuan Pemantulan, Absorbansi dan Transmittansi Cahaya

Sifat-sifat ini ditentukan dengan sinar putih dari cadmium (Cd), agar sesuai dengan keadaan sebenarnya. Hasilnya didaftar pada Tabel 7, 8 dan 9.

Tabel 7. Data pengamatan pemantulan cahaya

Kadar Ag (ppm)	Pemantulan Cahaya (%)			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	5.20	5.75	6.05	17.00	5.67
10 (B)	8.04	7.35	7.70	23.09	7.70
100 (C)	7.24	10.00	9.43	26.67	8.89
500 (D)	10.87	10.75	10.23	31.85	10.62
1000 (E)	10.05	14.21	11.29	35.55	11.85

Tabel 8. Data Pengamatan absorbansi cahaya

Kadar Ag (ppm)	Absorbansi Cahaya (%)			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	3.60	2.20	5.94	11.74	3.91
10 (B)	5.22	5.70	6.67	17.59	5.86
100 (C)	6.35	6.60	6.01	18.96	6.32
500 (D)	6.64	6.72	5.90	19.26	6.42
1000 (E)	6.02	7.34	6.20	19.56	6.52

Tabel 9. Data Pengamatan transmitansi cahaya

Kadar Ag (ppm)	Transmitansi Cahaya (%)			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	91.20	92.05	88.01	271.26	90.42
10 (B)	86.74	86.95	85.63	259.32	86.44
100 (C)	86.41	83.40	84.56	254.37	84.79
500 (D)	82.49	82.53	83.87	248.89	82.96
1000 (E)	83.93	78.45	82.51	244.89	81.63

#### 4. 4. 3. Penentuan Kekuatan Tarik dan Kekuatan Tekan

Kekuatan tarik dan kekuatan tekan ditentukan dengan *Autograph* merk Shimadzu dengan kecepatan tarik dan kecepatan tekan masing-masing 5 mm/menit.

Dengan ketebalan 0,70 mm, kristal kaca yang dihasilkan mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan tekan seperti didaftar pada Tabel 10 dan 11.

Tabel 10. Data pengamatan kekuatan tarik

Kadar Ag (ppm)	Kekuatan Tarik (kgf)			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	4.78	4.34	5.02	14.14	4.71
10 (B)	5.00	4.96	4.57	14.53	4.84
100 (C)	5.64	4.98	5.35	15.97	5.32
500 (D)	5.38	5.64	6.00	17.02	5.67
1000 (E)	5.23	4.21	5.00	14.44	4.81

Tabel 11. Data pengamatan kekuatan tekan

Kadar Ag (ppm)	Kekuatan Tekan (kgf/cm <sup>3</sup> )			Jumlah	Rata-rata
	Ulangan ke				
	1	2	3		
0 (A)	9.04	8.95	10.10	28.09	9.36
10 (B)	8.56	10.12	9.23	27.91	9.30
100 (C)	9.62	10.51	10.00	30.13	10.04
500 (D)	13.21	12.67	12.02	37.90	12.63
1000 (E)	10.70	10.65	11.23	32.58	10.86

#### 4.5. Analisis Statistik

Untuk menjawab hipotesis-hipotesis digunakan uji anava yang diolah dengan program Microsoft Excel ver. 7.0.

##### A. Pengujian hipotesis 1

Tabel 12. Analisis varian indeks bias

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hit}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	0.188 0.05	0.047 0.005	9.984	3.48	5.99
Total	14	0.238				

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 9,98$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_{01}$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedaan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 13.

Tabel 13. Uji LSD indeks bias

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	$LSD_{0,05}$	Perbedaan
A - B	0.07	0.175	tidak bermakna
A - C	0.05	0.175	tidak bermakna
A - D	0.18	0.175	bermakna
A - E	0.32	0.175	bermakna
B - C	0.02	0.175	tidak bermakna
B - D	0.10	0.175	tidak bermakna
B - E	0.24	0.175	bermakna
C - D	0.12	0.175	tidak bermakna
C - E	0.26	0.175	bermakna
D - E	0.14	0.175	tidak bermakna

## B. Pengujian hipotesis 2

Tabel 14. Analisis varian pemantulan cahaya

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hit.}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	70.63 14.21	17.66 1.42	12.43	3.48	5.99
Total	14	84.84	19.08			

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 12,43$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap besar pemantulan cahaya oleh kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedaan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 15.

Tabel 15. Uji LSD pemantulan cahaya

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	$LSD_{0.05}$	Perbedaan
A - B	2.03	3.030	tidak bermakna
A - C	3.22	3.030	bermakna
A - D	4.95	3.030	bermakna
A - E	6.18	3.030	bermakna
B - C	1.19	3.030	tidak bermakna
B - D	2.92	3.030	tidak bermakna
B - E	4.15	3.030	bermakna
C - D	1.73	3.030	tidak bermakna
C - E	2.96	3.030	tidak bermakna
D - E	1.23	3.030	tidak bermakna

## C. Pengujian hipotesis 3

Tabel 16. Analisis varian absorpsi cahaya

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F <sub>hit.</sub>	F <sub>tabel</sub>	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	14.21 9.84	3.55 0.98	3.61	3.48	5.99
Total	14	24.05	4.53			

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 3,61$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap besar absorpsi cahaya oleh kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedaan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 17.

Tabel 17. Uji LSD absorpsi cahaya

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	LSD <sub>0,05</sub>	Perbedaan
A - B	1.95	2.521	tidak bermakna
A - C	2.41	2.521	tidak bermakna
A - D	2.51	2.521	tidak bermakna
A - E	2.61	2.521	bermakna
B - C	0.46	2.521	tidak bermakna
B - D	0.56	2.521	tidak bermakna
B - E	0.66	2.521	tidak bermakna
C - D	0.10	2.521	tidak bermakna
C - E	0.20	2.521	tidak bermakna
D - E	0.10	2.521	tidak bermakna

## D. Pengujian hipotesis 4

Tabel 18. Analisis varian transmitansi cahaya

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	F <sub>hit.</sub>	F <sub>tabel</sub>	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	140.10 32.10	35.02 3.21	10.91	3.48	5.99
Total	14	172.20	38.23			

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 10,91$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_{04}$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap besar transmitansi cahaya oleh kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedaan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 19.

Tabel 19. Uji LSD transmitansi cahaya

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	LSD <sub>0,05</sub>	Perbedaan
A - B	3.98	4.553	tidak bermakna
A - C	5.63	4.553	bermakna
A - D	7.64	4.553	bermakna
A - E	8.79	4.553	bermakna
B - C	1.65	4.553	tidak bermakna
B - D	3.48	4.553	tidak bermakna
B - E	4.81	4.553	bermakna
C - D	1.83	4.553	tidak bermakna
C - E	3.16	4.553	tidak bermakna
D - E	1.33	4.553	tidak bermakna



## E. Pengujian hipotesis 5

Tabel 20. Analisis varian kekuatan tarik

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hit}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	2.02 1.34	0.50 0.13	3.78	3.48	5.99
Total	14	3.36	0.63			

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 3,78$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_{0.05}$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap kekuatan tarik kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 21.

Tabel 21. Uji LSD kekuatan tarik

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	$LSD_{0.05}$	Perbedaan
A - B	0.13	0.929	tidak bermakna
A - C	0.61	0.929	tidak bermakna
A - D	0.96	0.929	bermakna
A - E	0.10	0.929	tidak bermakna
B - C	0.48	0.929	tidak bermakna
B - D	0.83	0.929	tidak bermakna
B - E	0.03	0.929	tidak bermakna
C - D	0.35	0.929	tidak bermakna
C - E	0.51	0.929	tidak bermakna
D - E	0.86	0.929	tidak bermakna

## F. Pengujian hipotesis 6

Tabel 22. Analisis varian kekuatan tekan

Sumber Keragaman	DB	JK	KT	$F_{hit.}$	$F_{tabel}$	
					5%	1%
Antar perlakuan Acak	4 10	22.79 3.36	5.70 0.34	16.9 6	3.48	5.99
Total	14	26.15	6.04			

Uji Anava pada  $\alpha = 0,05$ , diperoleh  $F_{hitung} = 16,96$  dan  $F_{tabel} = 3,48$ . Karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak. Artinya, ada perbedaan pengaruh antar perlakuan terhadap kekuatan tekan kaca kristal, setidaknya ada sepasang perlakuan yang memberikan perbedaan pengaruh.

Selanjutnya dengan uji LSD, didapat perbedaan pengaruh antar pasangan perlakuan terhadap indeks bias kaca kristal seperti diperlihatkan Tabel 23.

Tabel 23. Uji LSD kekuatan tekan

Beda Antara Perlakuan	Besar Beda Rata-rata	$LSD_{0,05}$	Perbedaan
A - B	0.06	1.473	tidak bermakna
A - C	0.68	1.473	tidak bermakna
A - D	3.27	1.473	bermakna
A - E	1.50	1.473	bermakna
B - C	0.74	1.473	tidak bermakna
B - D	3.33	1.473	bermakna
B - E	1.56	1.473	bermakna
C - D	2.59	1.473	bermakna
C - E	0.82	1.473	tidak bermakna
D - E	1.77	1.473	tidak bermakna

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5. 1. Kesimpulan**

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Suhu transisi gelas ( $T_g$ ) menjadi kristal kaca terjadi pada suhu 1040 °C.
- Kaca kristal dapat dibuat dengan mendinginkan leburan kaca yang didalamnya terdispersi partikel logam perak (Ag).
- Pada beberapa konsentrasi logam perak (Ag) memberikan pengaruh yang bermakna terhadap indeks bias, pantulan cahaya, absorbansi cahaya, transmitansi cahaya, kekuatan tarik dan kekuatan tekan kaca kristal dibanding kaca biasa.

#### **5. 2. Saran**

Untuk mempelajari lebih lanjut mengenai pembuatan kristal kaca dengan bahan logam sebagai pengisi, perlu :

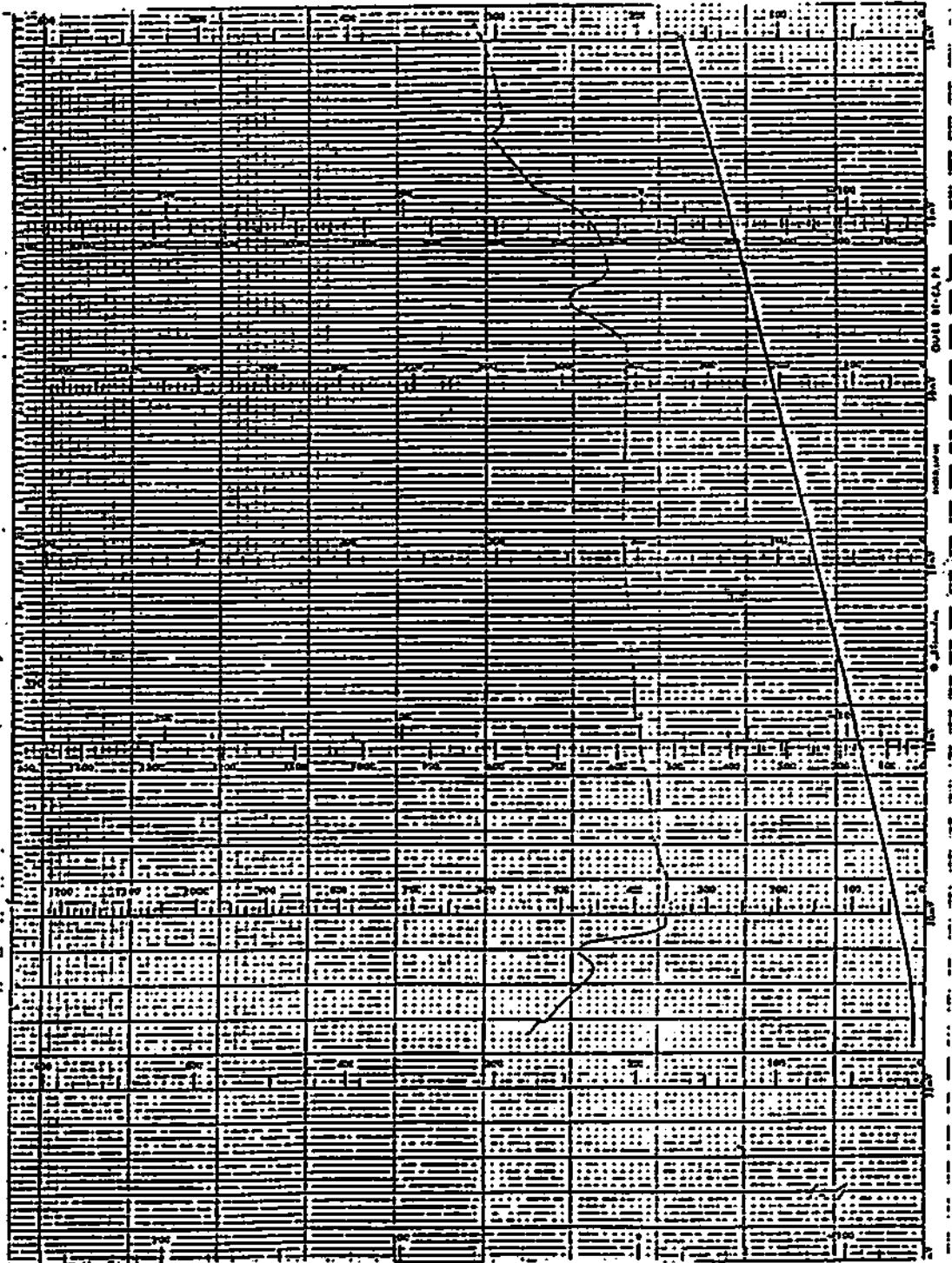
- Diteliti lebih lanjut mengenai sifat-sifat kaca kristal, yang meliputi berat jenis, hantaran listrik, sifat magnet, hantaran panas dan koefisien muai termal atau sifat-sifat lainnya.
- Dicari metode yang tepat agar dapat dihindari terperangkapnya gelembung udara di dalam kristal.

## DAFTAR PUSTAKA

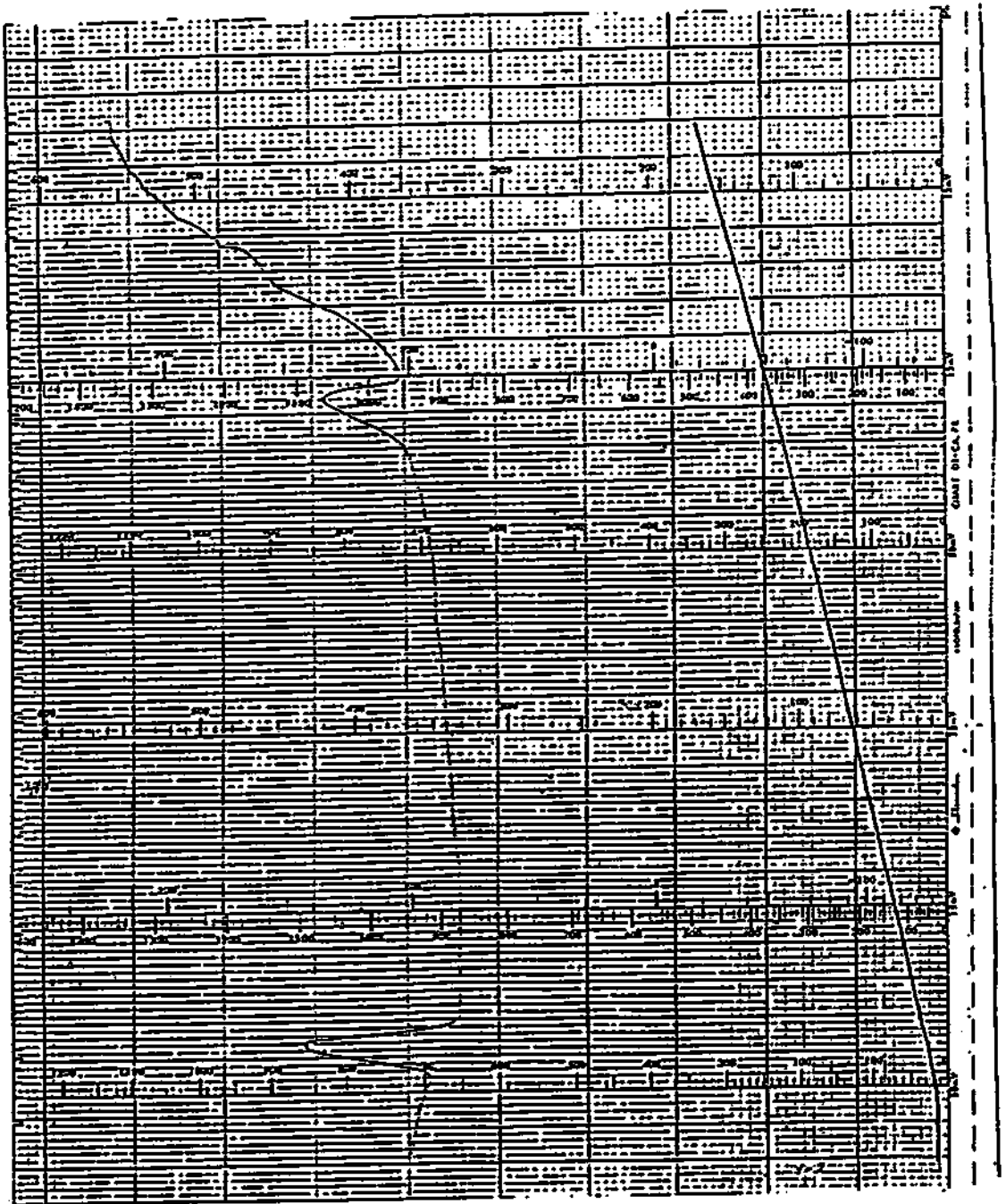
- Alonso, Marcelo, and Finn, Edward J., 1975, *Physics*, Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts.
- Basset, J., et. al., 1994, *Buku Ajar Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Penerbit Buku Kedokteran, Jakarta.
- Batt, Harvey, 1982, *Sedimentary Petrology*, W. H. Freeman & Co. New York.
- Bragg, W. L., 1973, *Structure of Minerals*, Cornell University Press, London.
- De Bas, J., and Gillard, P., 1962, *Advanced in Glass Technology*, Plenum Press, New York.
- Dodd, J. W., and Tonge, K. H., 1987, *Thermal Analysis*, John Wiley and Sons, Chicester, New York.
- Emeleus, H. J., and Sharpe, A. G., 1988, *Modern Aspects of Inorganic Chemistry*, 4<sup>th</sup> ed., ELBS ed., Great Britain.
- Ernsberger, F. M., 1962, *Advance in Glass Technology*, Plenum Press, New York.
- Holland, L., 1964, *The Properties of Glass Surface*, Chapman and Hall, London.
- Isbandi, Joko, 1986, *Mineralogi*, Penerbit Nur Cahaya, Yogyakarta.
- Jenkins, Francis A., and White, Harvey E., 1976, *Fundamental of Optics*, McGraw-Hill Inc., New York.
- Jones, G. O., 1971, *Glass*, Chapman and Hall, London.
- McMillan, P. W., 1964, *Glass Ceramic*, Academic Press, London.
- Nazir, M., 1988, *Metode Penelitian*, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Prakash, Satya, et. al., 1980, *Advance Inorganic Chemistry*, 16<sup>th</sup> ed., S. Chand and Co. Ltd., New Delhi.
- Rudolf, Rauch, 1993, *Training Course on Introduction to Thermal Analysis*, Lab. Dasar Bersama, Universitas Airlangga, Surabaya.
- West, Anthony R., 1992, *Solid State Chemistry and Its Applications*, John Wiley & Sons Ltd., Scotland.

**Lampiran 1. Kurva-kurva DTA pada berbagai kadar logam perak (Ag) dalam serbuk kaca.**

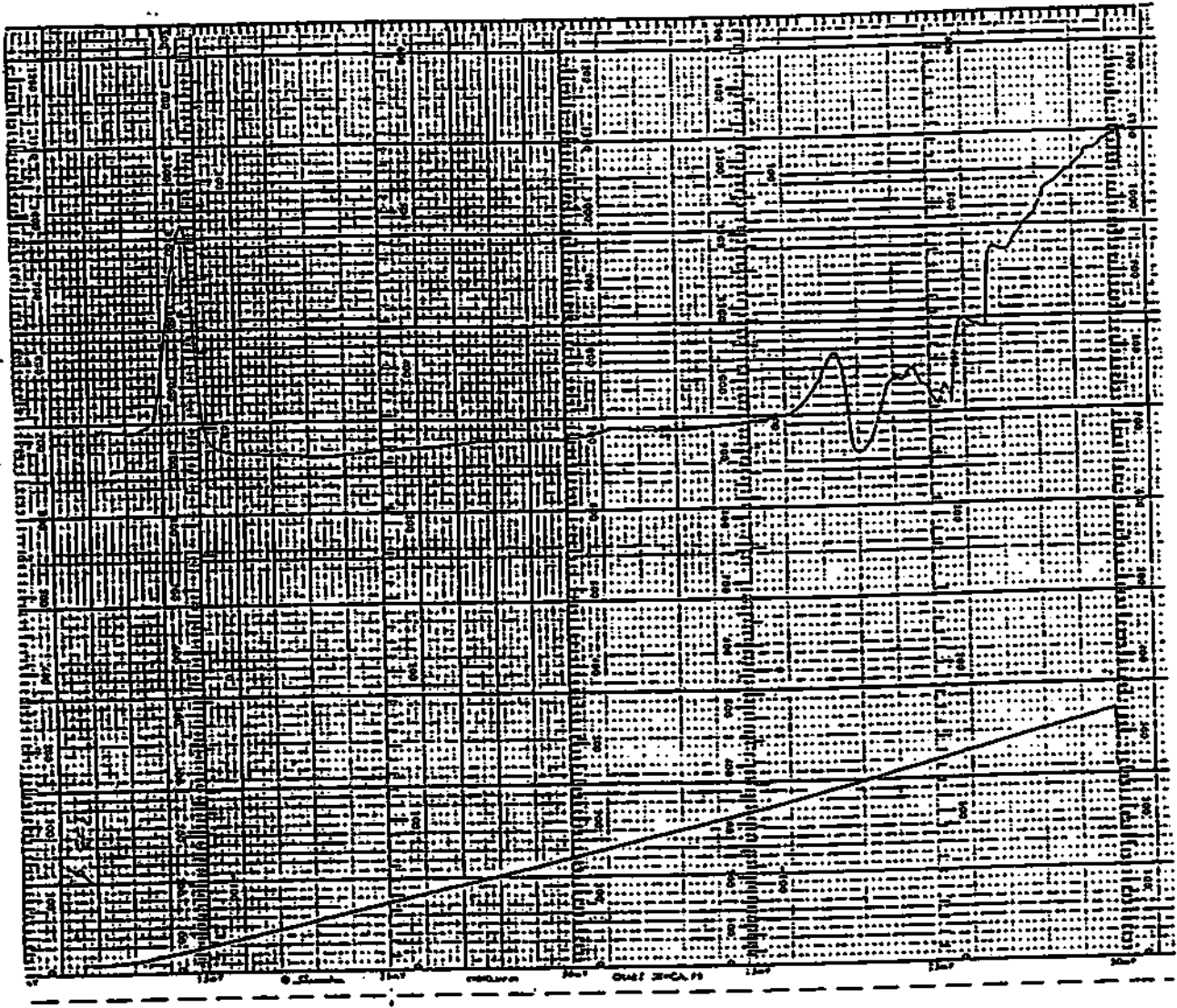
**L-1.1. Kurva DTA pada kadar logam perak (Ag) 0 bpj (blangko)**



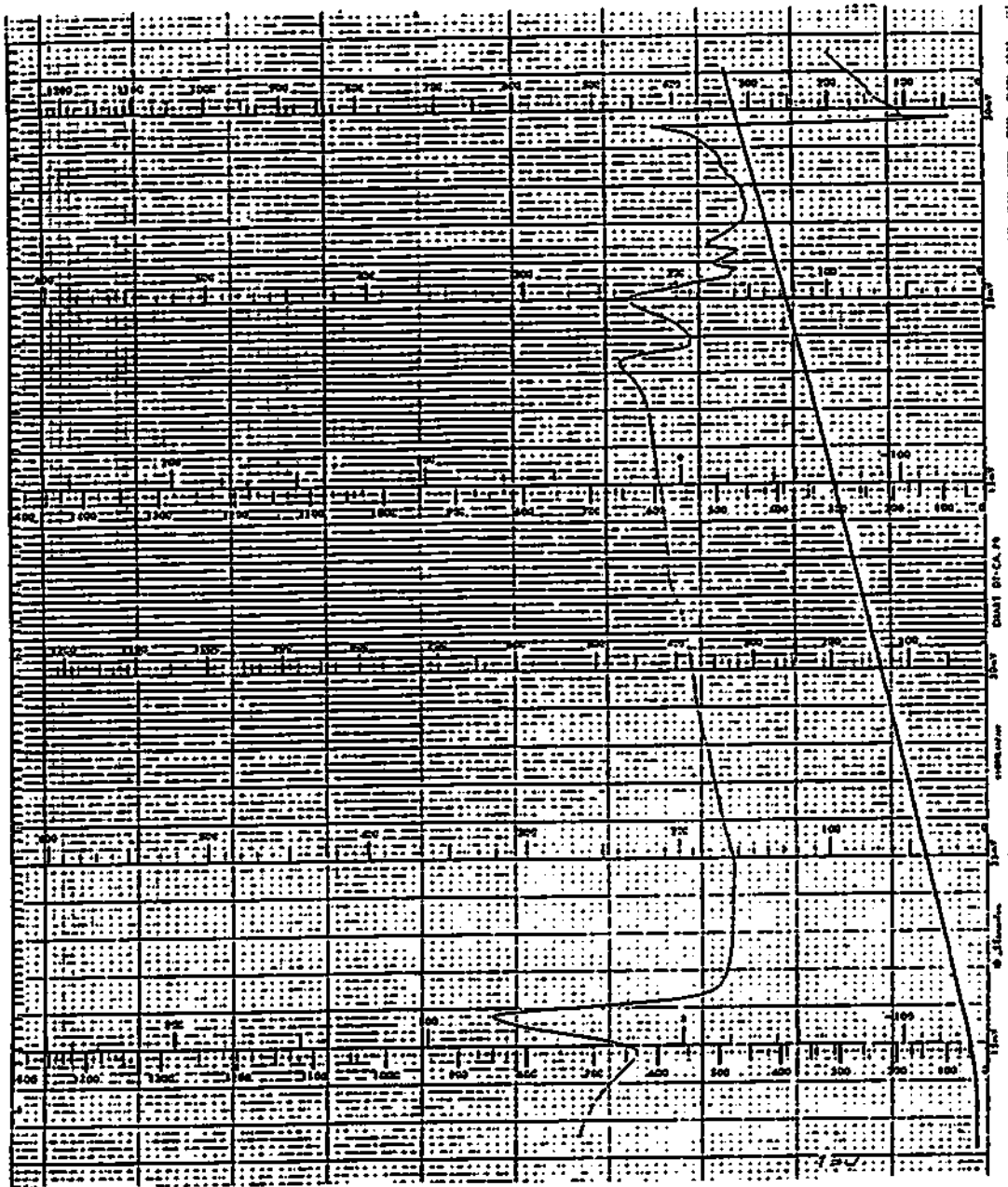
L-1.2. Kurva DTA pada kadar logam perak (Ag) 10 bpj



E-1.3. Kurva DTA pada kadar logam perak (Ag) 100 bpi

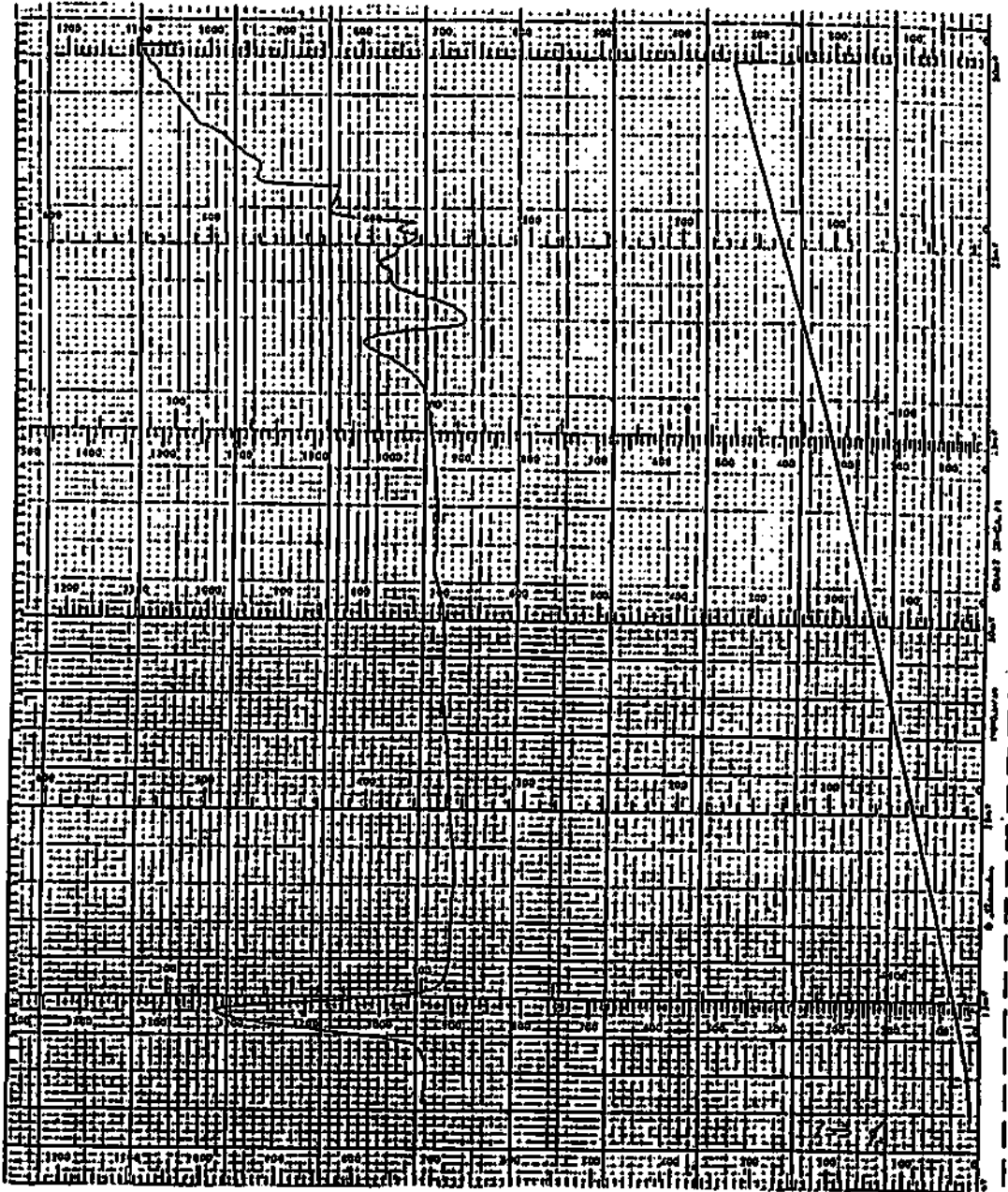


L-1.4. Kurva DTA pada kadar logam perak (Ag) 500 bpj





L-1.5. Kurva DTA pada kadar logam perak (Ag) 1000 bpi



Lampiran 2. Nilai Kritis Distribusi F

		Degree of freedom II (Mean Square lebih besar)																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞					
1	161	200	216	225	230	234	237	239		241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254	254	1			
	4.052	4.999	5.403	5.625	5.764	5.859	5.928	5.981		6.022	6.056	6.082	6.106	6.142	6.169	6.208	6.234	6.259	6.286	6.302	6.323	6.334	6.352	6.361	6.366					
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.36	19.37		19.38	19.39	19.40	19.41	19.42	19.43	19.44	19.45	19.46	19.47	19.47	19.48	19.49	19.49	19.50	19.50	19.50	2			
	98.49	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.34	99.36		99.36	99.40	99.41	99.42	99.43	99.44	99.45	99.46	99.47	99.48	99.48	99.49	99.49	99.49	99.50	99.50					
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.88	8.84		8.81	8.78	8.76	8.74	8.71	8.69	8.66	8.64	8.62	8.60	8.58	8.57	8.56	8.54	8.54	8.53	3				
	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49		27.34	27.23	27.13	27.05	26.92	26.83	26.69	26.60	26.50	26.41	26.35	26.27	26.23	26.18	26.14	26.12					
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04		6.00	5.98	5.93	5.91	5.87	5.84	5.80	5.77	5.74	5.71	5.70	5.68	5.66	5.65	5.64	5.63	4				
	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.99	14.80		14.66	14.54	14.45	14.37	14.24	14.15	14.02	13.93	13.83	13.74	13.69	13.61	13.57	13.52	13.48	13.46					
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82		4.78	4.74	4.70	4.68	4.64	4.60	4.56	4.53	4.50	4.48	4.44	4.42	4.40	4.38	4.37	4.36	5				
	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.45	10.37		10.15	10.05	9.96	9.89	9.77	9.68	9.55	9.47	9.38	9.29	9.24	9.17	9.13	9.07	9.04	9.02					
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15		4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.92	3.87	3.84	3.81	3.77	3.75	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	6				
	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10		7.98	7.87	7.79	7.72	7.60	7.52	7.39	7.31	7.23	7.14	7.09	7.02	6.99	6.94	6.90	6.88					
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73		3.68	3.63	3.60	3.57	3.52	3.48	3.44	3.41	3.38	3.34	3.32	3.29	3.28	3.25	3.24	3.23	7				
	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	7.00	6.84		6.71	6.62	6.54	6.47	6.35	6.27	6.15	6.07	5.98	5.90	5.85	5.78	5.75	5.70	5.67	5.65					
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.59	3.50	3.44		3.39	3.34	3.31	3.28	3.23	3.20	3.15	3.12	3.09	3.05	3.03	3.00	2.98	2.96	2.94	2.93	8				
	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.19	6.03		5.91	5.82	5.74	5.67	5.56	5.48	5.38	5.28	5.20	5.11	5.06	5.00	4.96	4.91	4.88	4.86					
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23		3.18	3.13	3.10	3.07	3.02	2.98	2.93	2.90	2.86	2.82	2.80	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	9				
	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.62	5.47		5.35	5.26	5.18	5.11	5.00	4.92	4.80	4.73	4.64	4.56	4.51	4.45	4.41	4.38	4.33	4.31					
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07		3.02	2.97	2.94	2.91	2.86	2.82	2.77	2.74	2.70	2.67	2.64	2.61	2.59	2.56	2.55	2.54	10				
	10.04	7.59	6.55	5.98	5.64	5.39	5.21	5.06		4.95	4.85	4.78	4.71	4.60	4.52	4.41	4.33	4.25	4.17	4.12	4.05	4.01	3.96	3.93	3.91					
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95		2.90	2.86	2.82	2.79	2.74	2.70	2.65	2.61	2.57	2.53	2.50	2.47	2.45	2.42	2.41	2.40	11				
	9.85	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.88	4.74		4.63	4.54	4.46	4.40	4.29	4.21	4.10	4.02	3.94	3.86	3.80	3.74	3.70	3.66	3.62	3.60					