

SKRIPSI

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR KACA
DENGAN FILLER YTTRIUM (Y_2O_3)**

Disusun dan Diajukan Oleh :

PUTRI DWI PRATIWI

H021181313



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR KACA
DENGAN FILLER YTTRIUM (Y_2O_3)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

PUTRI DWI PRATIWI

H021 18 1313

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2023

**LEMBAR PENGESAHAN
KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR KACA
DENGAN FILLER YTTRIUM (Y₂O₃)**

Disusun dan diajukan oleh:

PUTRI DWI PRATIWI

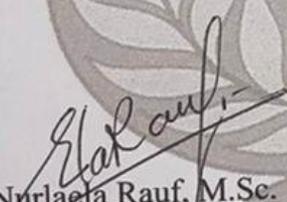
H021 18 1313

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 1 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

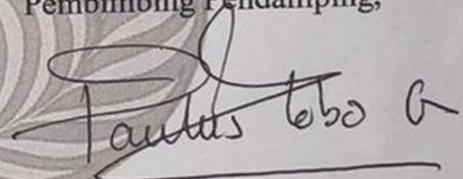
Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.

NIP. 19600624 198601 2 001


Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.

NIP. 10650305 199103 1 008

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M.T.

NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putri Dwi Pratiwi
NIM : H021181313
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

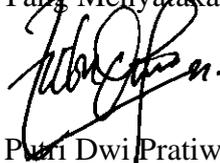
KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR KACA DENGAN FILLER YTTRIUM (Y_2O_3)

merupakan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Putri Dwi Pratiwi

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan kaca silika borat dengan komposisi sampel $(45-X)B_2O_3:10SiO_2:40Li_2O:XY_2O_3:5Al_2O_3$. Filler yang digunakan adalah Y_2O_3 dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Sampel dikarakterisasi menggunakan X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared (FTIR) dan Vickers Hardness Tester. Analisis spektrum XRD menunjukkan struktur sampel berupa amorf yang dilihat dari tidak adanya garis puncak untuk indikasi fase kristal. Hasil spektrum FTIR menunjukkan vibrasi ikatan Y-O pada bilangan gelombang. Dari keseluruhan puncak pita serapan diperoleh bahwa intensitas pita semakin bertambah ke bilangan gelombang lebih tinggi seiring dengan penambahan Y_2O_3 yang maksimal pada komposisi 15% Y_2O_3 kemudian pita bergeser ke bilangan gelombang yang lebih rendah pada komposisi 20% Y_2O_3 . Hasil uji kuat tekan dengan Vickers Hardness Tester diperoleh sampel kaca yang maksimum pada komposisi 15% Y_2O_3 446,5 $N.mm^{-2}$ kemudian menurun pada komposisi 20% Y_2O_3 yaitu 407,4 $N.mm^{-2}$.

Kata Kunci : Kaca Borat, Yttrium Oksida (Y_2O_3), XRD, FTIR, *Micro hardness*

ABSTRACT

This study used borate silica glass with a sample composition $(45 X)B_2O_3:10SiO_2:40Li_2O:XY_2O_3:5Al_2O_3$. The filler used is Y_2O_3 with 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% variations. Samples were characterized using X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared (FTIR), and Vickers Hardness Tester. XRD spectrum analysis shows that the sample structure is amorphous as seen from the absence of a peak line to indicate the crystalline phase. The FTIR spectrum results show the Y-O bond's vibration at wave number. From the overall peak of the absorption band, it was found that the intensity of the band increased to a higher wave number as the addition of Y_2O_3 was maximized in the 15% Y_2O_3 composition, then the band shifted to a lower wave number in the 20% Y_2O_3 composition. The compressive strength test results with the Vickers Hardness Tester obtained that the maximum glass sample at 15% Y_2O_3 composition was 446.5 N.mm^{-2} then decreased at 20% Y_2O_3 composition which was 407.4 N.mm^{-2} .

Keywords: Boric Glass, Yttrium Oxide (Y_2O_3), XRD, FTIR, Microhardness

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji bagi Allah^ﷻ Azza Wa Jalla Rabb semesta alam yang ditanganNya terenggam nyawa seluruh makhluk semesta alam, yang Maha kekal sebelum sesuatunya ada, dan akan tetap kekal setelah segala sesuatunya tiada. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad صلى الله عليه وسلم dan kepada para keluarga serta Sahabat beliau. Alhamdulillah Wasyukurillah, berkat pertolongan Allah akhirnya skripsi dengan judul “**Karakterisasi Sifat Mekanik Dan Struktur Kaca dengan Filler Yttrium (Y₂O₃)** ” yang disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk meraih gelar sarjana Sains pada Program Studi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin ini dapat dirampungkan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan tambahan pengetahuan baru bagi para pembelajar dalam program studi Fisika.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penyelesaian dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda tercinta **ABD. Bahar** dan Ibunda tersayang **Sadaria** yang telah mendidik dengan penuh kesabaran, terimakasih telah mencurahkan kasih sayang dan cinta yang tak pernah putus, kesungguhan dalam memberikan dukungan moril serta tak kenal lelah dalam memanjatkan doa serta memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis selama menjalani proses pendidikan. Untuk Saudara-saudara penulis **Adi, Nabila** dan **Lani** serta keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan doa, terima kasih atas segala perhatian yang telah kalian berikan kepada penulis. Tugas akhir ini hanya setitik kebahagiaan kecil yang bisa penulis persembahkan kepada kalian.

Penghargaan yang tulus dan ucapan terima kasih dengan penuh keikhlasan juga penulis ucapkan kepada :

1. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
2. Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si., M.Si.** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin beserta seluruh jajarannya.
3. Bapak **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.** selaku selaku dosen pembimbing utama sekaligus penasehat akademik dan bapak **Prof. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.,** selaku pembimbing pertama atas nasehat, dukungan, doa dan dengan setulus hati telah meluangkan waktunya ditengah berbagai kesibukan dan prioritasnya untuk membimbing penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak **Prof. Dr. Arifin., M.T.** selaku Ketua Departemen Fisika dan segenap dosen pengajar dan staf Departemen Fisika yang telah membekali ilmu dan kemudahan kepada penulis dalam berbagai hal selama menjadi mahasiswa di Departemen Fisika.
5. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si** dan Bapak **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.** selaku penguji atas kesediaannya untuk memberikan saran dan arahan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
6. **Dosen pengajar Departemen Fisika** yang telah membekali ilmu kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Departemen Fisika. Serta Staf Departemen Fisika **Ibu Rana dan Ibu Evy** yang telah membantu banyak dalam perkuliahan.
7. **Teman-teman FISIKA 2018.** Terima kasih atas segala dukungan, perhatian dan semangatnya, terima kasih atas segala kenangan selama berkuliah, waktu yang mempertemukan dan waktu pulahlah yang memisahkan jarak kita, kejar dan raihlah mimpi mimpi kalian. **Semangat**
8. **Tim Bureng. Nunu, Vika, Indah, Yuni dan Azizah.** Rekan segala hal penulis. Thankyou gais sudah kebersamai penulis sejak lama.
9. Penghuni lab material, terima kasih kepada **Syarif, Azlan, Nasyrah dan Kak Ardi.** Atas bantuannya selama proses pengerjaan tugas akhir mulai dari awal hingga detik ini.

10. Kepada **Trio seperbimbingan: Maulidyah dan Nurwahyuni Hamzah.**
Terima kasih atas bantuan, semangat dan supportnya selama ini semoga kalian dimudahkan kedepannya.
11. Teman seperjuangan **Generasi Paindo 18** yang tidak bisa saya jabarkan satupersatu. Terima kasih telah menjadi rekan penulis hingga saat ini semoga semuanya dimudahkan dalam segala aktivitasnya dan sukses untuk kedepannya.
12. Teman-teman **KKN Gelombang 106 Sulbar 2.** Terima kasih atas waktu singkat namun kenangan tak terlupanya. Kepada koordinator wilayah Dayat si paling bucin, dan teman teman yang lain yg tidak sempat penulis tuliskan satu-persatu, Semangat terus buat kalian dalam menyelesaikan meniti masa depannya.
13. Rekan-rekan **Asisten Laboratorium Fisika Dasar** yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Khususnya untuk sekretaris Asira dan bendahara Umniyah. Terimakasih telah membersamai penulis dan memberikan banyak masukan dan bantuan selama menjadi Koordinator Umum. Praktikum tidak akan berjalan dengan baik tanpa kalian semua.
14. Partner **Student Volunteer Unhas** Batch 3. Si paling event. Terimakasih telah menjadi teman event penulis selama berkuliah
15. Teman-teman seperjuangan pengurus 2020/2021 **Himafi FMIPA Unhas.** Terimakasih telah memberikan kepercayaan dan banyak bantuan kepada penulis.
16. Saudara-saudara penulis **Snake Water** Diksar XXV KSR PMI Unhas yang juga sebagai partner kerja di kepengurusan 2020 KSR PMI Unhas.
17. Saudara tak sedarah **BPO KSR PMI Unhas** tahun 2022. Adya, Fia, Yus, Kifli tambahan BPO Bayangan Cici. Tengkyu gaiss sudah menjadi saudara sekaligus teman kerja penulis.
18. **Keluarga Besar KSR PMI UNHAS,** terimakasih telah menerima penulis dengan sangat baik dan organisasi ini telah menjadi rumah kedua bagi penulis.
19. **Best Partner WS** Walaupun dramanya banyak, tapi selalu setia menemani penulis selama akhir perkuliahan.

20. Kepada seluruh pihak yang terlibat selama proses perkuliahan hingga menjelang kelulusan penulis. Yang tidak mampu kami tuliskan satu-persatu.

Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dari semua pihak yang membantu penulis. Akhir kata, penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan tugas akhir ini dan semoga membawa manfaat bagi pembaca.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I. 1 Latar Belakang	1
I. 2 Rumusan Masalah	3
I. 3 Tujuan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II. 1 Kaca.....	4
II.1.1. Definisi Kaca.....	4
II.1.2. Klasifikasi Kaca	5
II. 2 Material Amorf.....	6
II.2.1 Kaca Film.....	7
II. 3 Yttrium	7
II. 4 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	9
II. 5 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	11
II. 6 <i>Vickers Hardness Tester</i>	12
BAB III METODOLOGI	14
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
III.2 Alat dan Bahan	14
III.2.1 Alat.....	14
III.2.2 Bahan.....	14
III.3 Prosedur Penelitian.....	15
III.3.1 Persiapan Sampel	15
III.3.2 Uji Sampel Menggunakan <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	15

III.3.3	Uji Sampel Menggunakan Fourier Transform Infra Red (FTIR) ..	15
III.3.4	Uji Sampel Menggunakan Vickers Hardness Tester	16
III.4	Bagan Alir Penelitian	16
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	17
IV.1	Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	17
IV.2	Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	18
IV.3	Analisis <i>Vickers Hardness Tester</i>	19
BAB V	PENUTUP	22
V.1	KESIMPULAN	22
V.2	SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA		23
LAMPIRAN.....		29
	Lampiran 1. Prosedur Penelitian	29
	Lampiran 2. Analisis Data.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur silika: (a) struktur kristalin amorf silika (SiO_4) silika (b) bentukan kristalin padatan.....	6
Gambar 2.2 Difraksi Bidang Atom.....	10
Gambar 2.3 Gambar Skema alat spektrofotometer infrared.....	12
Gambar 2.4 Prinsip kerja Vickers hardness tester.....	13
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.....	16
Gambar 4.1 Spektrum FTIR dari kaca borat silika dengan variasi Y_2O_3	17
Gambar 4.2 Difraksi XRD untuk sampel kaca borat silika $(45-X)\text{B}_2\text{O}_3-10\text{SiO}_2-40\text{Li}_2\text{O}-\text{XY}_2\text{O}_3-5\text{Al}_2\text{O}_3$	19
Gambar 4.3 Kuat tekan sampel kaca borat silika $(45-X)\text{B}_2\text{O}_3-10\text{SiO}_2-40\text{Li}_2\text{O}-\text{XY}_2\text{O}_3-5\text{Al}_2\text{O}_3$	20

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan pembentuk kaca dan temperatur lelehnya	5
Tabel 2.2 Karakteristik Yttrium	8
Tabel 4.1 Posisi pita FTIR dan penetapan pita kaca borat silika (45- X)B ₂ O ₃ :10SiO ₂ :40Li ₂ O:XY ₂ O ₃ :5Al ₂ O ₃	18
Tabel 4.2 Kuat tekan sampel kaca borat silika (45-X)B ₂ O ₃ -10SiO ₂ -40Li ₂ O- XY ₂ O ₃ -5Al ₂ O ₃	20

BAB I PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Keramik telah dikenal sejak lama dalam peradaban manusia. Bentuk sederhana dari keramik berupa benda-benda gerabah yang terbuat dari lempung yang diproses melalui pembakaran maupun tidak. Seiring dengan kemajuan teknologi, saat ini bahan keramik telah dikembangkan menjadi berbagai produk modern dengan keunggulan sifat yang variatif. Kaca termasuk salah satu produk keramik modern yang banyak dimanfaatkan diberbagai bidang [1]

Aplikasi penggunaan kaca dalam kehidupan sehari-hari sangat variatif. Kaca menjadi bahan yang sangat penting untuk dikembangkan perangkat fotonik seperti LED putih, *orange emitting devices*, sintilator, emisi inframerah, sensor dan material perisai radiasi [2-7]

Perkembangan teknologi kaca yang semakin berkembang, menuntut para ilmuwan yang berkonsentrasi dalam bidang *glass material science* terus melakukan penelitian terkait peningkatan sifat-sifat pada kaca. Kaca merupakan jenis material padat yang mempunyai struktur amorf [8]. Struktur yang tidak beraturan pada kaca diakibatkan karena pembentukan kaca dalam wujud cair bersuhu tinggi kemudian didinginkan secara tiba-tiba dibawah titik beku tanpa kristalisasi [9], sehingga atom dalam padatan kaca tidak memiliki waktu yang cukup untuk menyusun diri secara teratur. Struktur atom yang tidak beraturan ini mengakibatkan kaca lebih mudah diberi sisipan atom lain. Bahan kaca terbanyak terbuat dari bahan silika (*soda lime silicate*) dengan komposisi 72% SiO₂, 14% Na₂O, 11% CaO dan 3% bahan campuran lainnya [10]. Dibidang teknologi khususnya optik dan fotonik, kaca telah dibuat dengan berbagai bahan yang disesuaikan dengan aplikasi yang diinginkan. Misalnya pada kaca TeO₂-ZnO-Na₂O (TZN) telah dikembangkan sebagai fiber optik yang memiliki sifat listrik. Sebagian besar fiber optik terbuat dari bahan utama silika (SiO₂). Bahan silika

memiliki kelebihan seperti transparansi yang baik pada rentang panjang gelombang 0,2 μm hingga 2 μm dan memiliki sifat mekanis [11].

Penggunaan kaca yang banyak digunakan di berbagai keperluan manusia menuntut produksi bahan kaca dalam jumlah yang sangat besar. Jumlah produksi yang sangat besar menimbulkan dampak pada lingkungan sebab kaca tidak bersifat korosif [12]. Salah satu bahan utama pembuatan kaca yaitu pasir silika. Oleh karena itu kaca memiliki sifat fisika yang tembus cahaya [13] serta bening karena didukung oleh bahan-bahan yang menunjang sehingga menjadi produk yang banyak diminati [14]. Kaca memiliki beberapa keunikan, yaitu tidak mempunyai sifat kimia yang aktif, sukar bereaksi dengan bahan lain, tidak karat atau lentur sehingga sesuai untuk tempat bahan kimia seperti asam ataupun alkali [15].

Kaca sama seperti material pada umumnya yang memiliki banyak sekali sifat yang menentukan aplikasi dari kaca tersebut. Sifat listrik, sifat magnetik, sifat optik, sifat termal dan sifat mekanik merupakan beberapa contoh sifat yang sering dicari nilai dan parameternya untuk terus dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai aplikasi [16].

Beberapa penelitian terkait kaca sebagai perisai radiasi telah dilakukan seperti kaca dari bahan silika, borat, fosfat dan barium [[17]-[20]]. Faktor kunci yang mempengaruhi sifat-sifat keramik kaca meliputi komposisi kimia, penambahan nuklean, profil annealing, kristalinitas, fase kristal yang ada, dan morfologi kristal dari kaca-keramik. Penambahan Al_2O_3 dan logam lainnya dapat meningkatkan transparansi, kimia dan mekanik kaca [21].

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian mengenai karakterisasi sifat mekanik dan struktur kaca dengan bahan yttrium dengan konsentrasi penambahan berbeda-beda. Penelitian ini diharapkan dapat memperlihatkan sifat mekanik dan struktur kaca yang mudah diproses, efektif dan mampu meminimalisir intensitas sinar yang terpapar oleh tubuh manusia.

I. 2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana sifat mekanik dan struktur kaca dari bahan Yttrium dengan variasi konsentrasi berbeda

I. 3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat mekanik dan struktur kaca dari bahan Yttrium dengan variasi konsentrasi berbeda

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Kaca

II.1.1. Definisi Kaca

Sejak ribuan tahun yang lalu, kaca sudah terus mengalami perkembangan. Material yang pertama kali dapat membentuk kaca adalah silika. Pada tahun 1900an masih sedikit sekali kaca non-silika yang ditemukan. Hal ini terjadi karena masih kurangnya pengetahuan tentang teori pembentukan kaca. Saat ini telah diperkenalkan banyak sekali kaca yang terbuat dari non-silikat, polimer dan metal dapat juga dibentuk menjadi kaca, sebagaimana kebanyakan non-oksida, komposisi inorganic. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan Goldschmidt, bentuk senyawa material pembentuk kaca adalah R_nO_m dimana R merupakan kation dan O merupakan oksigen. Jadi material pembentuk kaca yang pertama kali ditemukan adalah material oksida [22]

Kaca merupakan material yang mempunyai struktur kristal amorf [23]. Dikatakan amorf karena mempunyai ikatan antar atom yang berjangkauan pendek dan tidak memiliki keteraturan antar atom dalam skala besar. Misalnya jarak antar atom silika (SiO_2) sekitar $3,6 \text{ \AA}$ dan mempunyai ketidakteraturan diatas 10 \AA . Kaca juga mempunyai viskositas antara 10^{12} - 10^{14} Poise. Ditinjau secara mikroskopik, susunan atom kaca mempunyai struktur seperti zat cair, yaitu susunan atomnya tidak teratur. Ditinjau secara makroskopik, kaca mempunyai viskositas yang tinggi, sehingga kaca menyerupai zat padat [24].

Dipandang dari segi fisika kaca merupakan zat cair yang sangat dingin. Struktur partikel-partikel penyusunnya yang saling berjauhan seperti dalam zat cair namun berwujud padat. Hal ini terjadi akibat proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat, sehingga partikel-partikel silika tidak sempat menyusun diri secara teratur. Dari segi kimia, kaca adalah gabungan dari berbagai oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya.

Pembentukan kaca tergantung pada masing-masing bahan. Definisi kaca antara lain:

1. Kaca adalah suatu produk non-organik yang dihasilkan melalui proses pembakaran bahan (pencairan), kemudian didinginkan pada keadaan pejal yang tegar tanpa mengkristalkan.
2. Kaca adalah bahan yang memperlihatkan keteraturan atom yang pendek (amorf) jika dikarakterisasi menggunakan XRD
3. Kaca mempunyai viskositas 10^{12} - 10^{14} Poise

II.1.2. Klasifikasi Kaca

Material pembentuk kaca dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) yaitu diantaranya:

1. *Glass Formers* : bahan asli (raw material) yang bisa membentuk kaca. Misalnya B_2O_3 , SiO_2 , GeO_2 , P_2O_5 , Sb_2O_3 .
2. *Conditional Glass Formers* : bahan yang tidak dapat membentuk kaca sendiri. Dapat membentuk kaca jika dicampurkan dengan komponen oksida yang lain. Misalnya TeO_2 , SeO_2 , MoO_3 , WO_3 , Bi_2O_3 , BaO_3 , Al_2O_3
3. *Modifer* : bahan yang bertindak sebagai pelemah rangkaian dan secara tak langsung mengubah sifat kaca yang dihasilkan. Misalnya CaO , K_2O , MgO , ZnO , BaO , Na_2O , Li_2O .

Beberapa bahan telah diketahui bisa membentuk kaca pada temperatur tertentu. Pada tabel 2.1 ditunjukkan contoh bahan yang didinginkan dari temperature lelehnya dapat membentuk kaca.

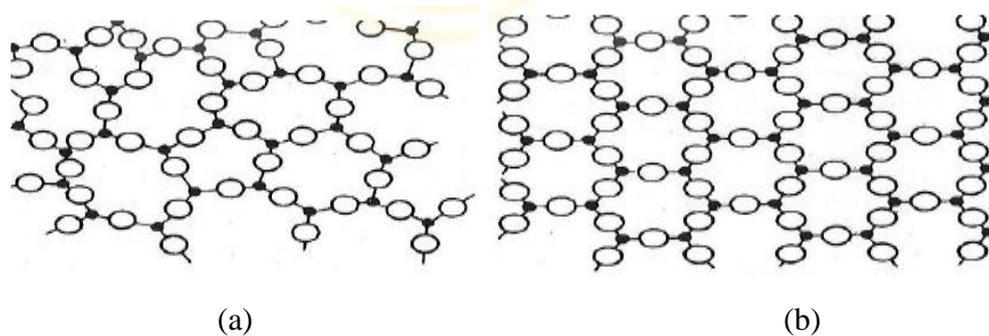
Tabel 2.1 Bahan pembentuk kaca dan temperatur lelehnya

No	Bahan	Temperatur Leleh (°C)
1	SiO_2	1996
2	B_2O_3	723
3	Se	490
4	$ZnCl_2$	591
5	BeF_2	823
6	GeO_2	1389

7	As ₂ O ₃	551-582
8	As ₂ S ₃	573

II. 2 Material Amorf

Salah satu jenis material ini adalah gelas atau kaca. Berbeda dengan jenis atau ragam material seperti keramik yang juga dikelompokkan dalam satu definisi yang sama dengan kaca. Namun demikian sifat dan karakteristik kedua jenis material ini sama yaitu isolator. Struktur amorf pada kaca juga disebut dengan istilah keteraturan berjangka pendek (*short range order*). Sedangkan struktur padatan yang Kristal biasa disebut juga keteraturan berjangka panjang (*long range order*). Secara skematik dapat diilustrasikan pada material silikat (SiO₂ atau SiO₄) dengan struktur kristalin amorf seperti pada gambar 2.1 (a) dan bentukan kristalin padatan dengan struktur kristalnya seperti gambar 2.1(b) [25]



Gambar 2.1 Struktur silika: (a) struktur amorf silika (SiO₄) (b) bentukan kristalin silika

Keteraturan berjangka pendek dengan struktur amorf merupakan sifat mikroskopik dari gelas atau kaca. Dimana karakteristiknya berada diantara wujud padat dan cair, dengan kata lain gelas adalah kristalin padatan yang berbentuk dari proses pendinginan cepat wujud cairnya [26]

Kaca terdiri dari oksidasi inorganic yang didominasi oleh silika (SiO₂) dengan beberapa komposisi lain seperti alumina (Al₂O₃) dan cullet. Sebagai contoh pada sintesis kaca laminated atau kaca film. Dimana komposisi penyusunnya terdiri dari Silika (Si₂O₃) (70,395%) Alumina (Al₂O₃) (12,842%), Cullet (16,76%). Pada proses pembuatan kaca diperlukan perlakuan khusus. Seperti perlakuan suhu yang sangat tinggi dalam proses peleburan dan pendinginan yang sangat cepat agar diperoleh struktur kristalin amorf yang

mendekati wujud padatan kristalin. Hal ini diharapkan akan menghasilkan kualitas produk kaca yang lebih baik.

II.2.1 Kaca Film

Ada dua jenis kaca film yang sudah dikenal secara umum yaitu jenis laminating dan temperate. Perbedaan diantara keduanya terletak pada bahan dan penggunaannya. Sebagai contoh yaitu kaca laminating, terbuat dari komposisi tersusun dari bahan kaca yang didalamnya terdapat lapisan plastik yang sangat kuat dan silika (Si_2O_3), Alumina (Al_2O_3), dan Cullet. Lapisan plastik ini terletak diantara dua lapisan kaca digunakan untuk kaca depan kendaraan. Apabila kaca depan terkena benturan benda lain atau terjadi tabrakan sehingga menyebabkan pecah, maka lapisan plastik diantara kaca tersebut mempertahankan kaca tidak berhamburan kemana-mana. Sedangkan kaca *temperate* merupakan kaca yang diperkeras, terbuat dari komposisi Silika (Si_2O_3), Limestone adalah bahan baku yang mempunyai komposisi Cao dan Cullet. Seandainya pecah menjadi pecahan-pecahan kecil tidak akan berakibat fatal terhadap penumpang. Proses untuk menghasilkan kaca tempered adalah dengan memanaskan kaca hingga suhu ($\pm 650^\circ\text{C} - 750^\circ\text{C}$) dan kemudian didinginkan secara tiba-tiba dengan semprotan udara. Kaca tempered memiliki sifat yaitu kuat terhadap benturan, karena telah melalui proses tempering maka kaca lebih kuat daripada kaca biasa, mampu menahan benturan kira-kira 1500 kg dan tahan terhadap perubahan suhu udara, perubahan suhu sampai 200°C serta kaca tempered tidak bisa dipotong [27]

II. 3 Yttrium

Yttrium ditemukan oleh J.Gadolin pada tahun 1794 di Abo, Finlandia. Yttrium digunakan dalam bentuk Yttrium (III) oksida yang digunakan sebagai paduan tambahan untuk meningkatkan kekuatan paduan magnesium dan aluminium. Yttrium merupakan material yang lembut berwarna silver-metalik yang berkilau. Yttrium murni relatif stabil di udara dalam bentuk bongkahan, karena energi pasivasi yang dihasilkan dari pembentukan oksida pelindung (Y_2O_3) pada lapisan permukaannya. Lapisan ini dapat mencapai ketebalan $10\mu\text{m}$ ketika yttrium dipanaskan pada temperatur 750°C . Sejumlah kecil yttrium (0,1 – 0,2 %) telah digunakan untuk mengurangi butiran dari Cr, Mo, Ti dan Zr. Yttrium juga

digunakan untuk meningkatkan kekuatan pada paduan aluminium dan magnesium. Penambahan dari yttrium pada paduan umumnya meningkatkan kemampuan kerja, menambah ketahanan terhadap temperatur tinggi.

Yttrium adalah logam yang lunak dan berwarna keperakan. Yttrium biasanya ada sebagai ion trivalen, Y^{3+} , dalam senyawanya. Sebagian besar senyawanya tidak berwarna. Sifat yttrium sangat mirip dengan unsur tanah langka dari seri lantanida. Dengan demikian yttrium diklasifikasikan sebagai salah satu unsur tanah yang langka. Unsur ini relatif stabil di udara sebagai hasil dari film oksida yang terbentuk di permukaannya. Logam yang terbelah halus menyatu di udara ketika dipanaskan. Yttrium bereaksi dengan air membentuk yttrium hidroksida plus gas hydrogen. Yttrium memiliki afinitas oksigen yang sangat tinggi, dengan energi formasi bebas untuk oksida 1817 kJ mol^{-1} . Yttrium juga melarutkan gas oksigen dalam konsentrasi yang relatif tinggi.

Tabel 2.2 Karakteristik Yttrium

Simbol	Y
Nomor atom	39
Berat Atom	88.9
Densitas (gr/cm^3)	4.47
Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$)	1526
Titik Didih ($^{\circ}\text{C}$)	3336
Konduktivitas Termal ($\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$)	17.2
Termal Ekspansi ($\mu\text{m.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	10.6 (pada 25°C)
Modulus Young (GPa)	63.5
Kekerasan brinell (Mpa)	589
Struktur Kristal	Hexagonal Close Packed

Yttrium sering digunakan dalam paduan atau campuran untuk meningkatkan kekuatan aloi aluminium dan magnesium. Yttrium digunakan sebagai katalis dalam polimerisasi etilena. Yttrium-90, isotop radioaktif digunakan dalam pengobatan untuk berbagai jenis kanker dan digunakan dalam jarum medis presisi

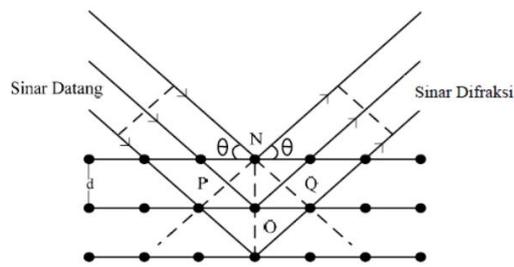
untuk memutuskan saraf yang menyebarluaskan rasa sakit di sumsum tulang belakang [23].

Dari sudut pandang termodinamika, yttrium memiliki afinitas yang lebih kuat untuk atom oksigen dibandingkan dengan unsur lain dalam sistem. Panas pembentukan yttrium oksida adalah 1903,6 kJ/mol, tertinggi diantara semua oksida unsur penyusunnya. Reaksi antara Y dan O lebih baik secara termodinamika dibandingkan dengan reaksi antara O dan unsur-unsur lainnya dalam sistem.

Perbedaan ukuran atom dan panas pencampuran juga menjadi peran penting dalam pembentukan kaca. Yttrium memiliki jari-jari atom sebesar 1,80. Penambahan Y menyebabkan perubahan yang lebih berurutan dalam ukuran atom dan peningkatan kerapatan dengan difusivitas atom rendah. Hal tersebut juga menimbulkan adanya peningkatan stabilitas fase cair. Kaca dengan penambahan yttrium menunjukkan GFA yang baik, stabilitas termal yang besar dan kekerasan yang tinggi. Selain menurunkan suhu likuidus, juga meningkatkan kemampuan manufaktur dari paduan amorf tersebut [28].

II. 4 *X-Ray Diffraction (XRD)*

Difraksi sinar-X sekarang menjadi teknik umum untuk mempelajari struktur kristal dan jarak atom. Difraksi sinar-X didasarkan pada interferensi konstruktif sinar-X monokromatik dan sampel kristal. Sinar-X ini dihasilkan oleh tabung sinar katoda, disaring untuk menghasilkan radiasi monokromatik, terkolimasi menjadi konsentrat, dan diarahkan ke sampel. Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan dengan membandingkan nilai jarak d (bidang kristal) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar. Pengujian ini merupakan aplikasi langsung dari pemakaian sinar X untuk menentukan jarak antara kristal dan jarak antara atom dalam kristal. Gambar 2.2 menunjukkan difraksi bidang atom berdasarkan pendekatan bragg. Kristal terdiri dari bidang-bidang datar (kisi kristal) yang masing-masing berfungsi sebagai cermin semi transparan. Jika sinar-X ditembakkan pada tumpukan bidang datar tersebut, kemudian dipantulkan dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datang.



Gambar 2.2 Difraksi Bidang Atom

Interaksi sinar datang dengan sampel menghasilkan interferensi konstruktif (dan sinar difraksi) ketika kondisi memenuhi Hukum Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin \theta \quad (1)$$

Keterangan:

n adalah bilangan bulat

λ adalah panjang gelombang sinar-X

d adalah jarak antar bidang yang menghasilkan difraksi

θ adalah sudut difraksi

Hukum ini menghubungkan panjang gelombang radiasi elektromagnetik dengan sudut difraksi dan jarak kisi dalam sampel kristal. Sinar-X yang terdifraksi ini kemudian dideteksi, diproses dan dihitung. Dengan memindai sampel melalui rentang sudut 2θ , semua kemungkinan difraksi arah kisi harus dicapai karena orientasi acak dari bubuk bahan. Konversi puncak difraksi ke jarak d memungkinkan identifikasi senyawa karena setiap senyawa memiliki himpunan *d-spacing* yang unik. Biasanya, ini dicapai dengan perbandingan *d-spasi* dengan pola referensi standar.

Difraksi serbuk sinar-X paling banyak digunakan untuk identifikasi bahan kristal yang tidak diketahui (misalnya mineral, senyawa anorganik). Aplikasi lain termasuk karakterisasi bahan kristal; identifikasi mineral berbutir halus seperti lempung dan lempung lapisan campuran yang sulit ditentukan secara optik; penentuan dimensi sel satuan; pengukuran kemurnian sampel.

Dengan teknik khusus, XRD dapat digunakan untuk: menentukan struktur kristal dengan menggunakan penyempurnaan Rietveld; menentukan jumlah modal

mineral (analisis kuantitatif); mengkarakterisasi sampel film tipis; melakukan pengukuran tekstur, seperti orientasi butir, sampel polikristalin.

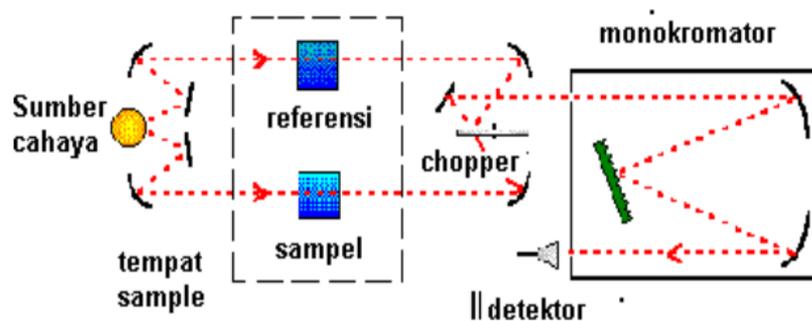
Difraksi sinar-X adalah teknik non-destruktif berteknologi tinggi untuk menganalisis berbagai bahan termasuk cairan, logam, mineral, polimer, katalis, plastik, farmasi, pelapis film tipis, keramik, sel surya dan semi konduktor. Analisis XRD dapat dengan mudah mendeteksi adanya cacat pada kristal tertentu, tingkat ketahanannya terhadap tekanan, teksturnya, ukuran dan derajat kristalinitasnya, dan hampir semua

Difraksi sinar-X (XRD) adalah teknik tak rusak yang kuat untuk mengkarakterisasi bahan kristal. Ini memberikan informasi tentang struktur, fase, orientasi kristal yang disukai (tekstur), dan parameter struktural lainnya, seperti ukuran butir rata-rata, kristalinitas, regangan, dan cacat kristal. Puncak difraksi sinar-X dihasilkan oleh interferensi konstruktif dari berkas sinar-X monokromatik yang tersebar pada sudut tertentu dari setiap set bidang kisi dalam sampel. Intensitas puncak ditentukan oleh distribusi atom dalam kisi. Akibatnya, pola difraksi sinar-X adalah sidik jari dari susunan atom periodik dalam bahan tertentu [29].

II. 5 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektrofotometer FTIR adalah suatu metode spektroskopi infrared (IR) yang dapat mengidentifikasi kandungan gugus kompleks dalam senyawa tetapi tidak dapat menentukan molekular unsur penyusunnya. Pada spektroskopi IR, radiasi IR dilewatkan pada sampel. Sebagian dari radiasi IR diserap oleh sampel dan sebagian lainnya diteruskan. Jika frekuensi dari suatu vibrasi spesifik partikel sam dengan frekuensi radiasi IR yang langsung menuju molekul, molekul akan menyerap radiasi tersebut. Spektrum yang dihasilkan menggambarkan absorpsi dan transmisi molecular, membentuk sidik jari molecular suatu sampel. Karena bersifat sidik jari, tidak ada dua struktur molekuler unik yang menghasilkan spectrum IR yang sama [28]. Menurut Dachriyanus (2004), spektrofotometer infrared pada umumnya digunakan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik dan mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya.

Spektrofotometer FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh [27] Prinsip kerja spektrofotometer FTIR berupa infrared yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer [25]. Gambar 2.3 menunjukkan skema alat spektrofotometer infrared dimana apabila suatu frekuensi tertentu dari radiasi IR dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Detektor yang ditempatkan pada sisi lain akan mendeteksi frekuensi yang dilewatkan pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa akan diukur sebagai persen transmittan [30].



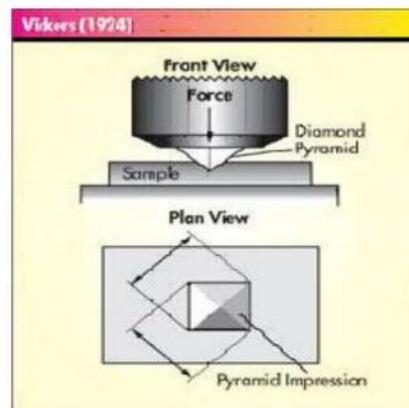
Gambar 2.3 Gambar Skema alat spektrofotometer infrared

II. 6 *Vickers Hardness Tester*

Kekerasan merupakan salah satu metode cepat dengan biaya yang relatif murah untuk menentukan sifat mekanik suatu material. Kekerasan bukanlah konstanta fisika, nilainya tidak hanya bergantung pada material yang diuji, namun juga dipengaruhi oleh metode pengujiannya. Apabila metode pengujian yang digunakan berbeda, maka hasil dari sifat mekanisnya pun akan berbeda [48]

Salah satu pengujian sifat mekanik suatu material adalah *Pyramida indentation (Vickers Hardness Tester)*. Pengujian kekerasan *Vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan (kuat tekan)

material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramida. [49]. Permukaan beban uji ditekan dengan penetrator intan berbentuk piramida. Penekanan dilakukan dengan beban statis maksimum dengan waktu pembebanan tertentu. Setelah beban diangkat dan memperlihatkan bekas penetrator berbentuk bujur sangkar, selanjutnya diagonal bujur sangkar tersebut diukur untuk menentukan dasar perhitungan Vickers. Dapat dilihat seperti pada gambar 2.4 [49].



Gambar 2.4 Prinsip kerja *Vickers hardness tester*