

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ion tanah jarang (rare earth-RE) merupakan ion aktif golongan lantanida (trivalent lanthanide) pada sistem periodik unsur-unsur. Ion tanah jarang yang didoping dalam gelas telah banyak dipelajari untuk mengembangkan perangkat optik baru seperti laser teknologi dan fiber optik. Nd^{3+} adalah salah satu kandidat terbaik untuk digunakan di laser dan fiber optic. Selain itu, bahan gelas yang didoping Nd^{3+} adalah yang paling efisien digunakan dalam sumber laser karena termasuk kelompok kandungan OH^- yang rendah ((N. Chantima dkk, 2017). Keunggulan laser yaitu bersifat koheren, intensitas kuat dan monokromatis dan dapat digunakan dalam bidang-bidang penelitian antara lain bidang pengukuran, spektroskopi, komunikasi optic, industri dan ilmu kedokteran. (Karyono dkk, 1997).

Bahan gelas memiliki peran penting dalam aplikasi sains dan industry. Bahan ini memiliki fungsi sebagai bahan optoelektronik, peralatan laboratorium, bahan komunikasi serat optic dan media penguatan laser, karena tingginya transparansi, mudah dibentuk dan biaya produksi yang rendah. Diantara beberapa gelas yang berbeda, gelas fosfat memiliki bahan amorf yang menarik dikarenakan sifat fisiknya. Gelas ini dianggap sebagai ion tanah jarang (Re^{3+}) yang baik dikarenakan transparansi tinggi, titik leleh rendah, stabilitas termal tinggi, dan viskositas rendah. (N. Chantima dkk, 2017)

Pembentuk material gelas menurut Shelby (2005) berdasarkan sifat ikatan ionik pada ikatan kation-kation gelas, ada tiga komponen pembentuk utama material gelas yaitu *former*, *intermediet* dan *modifier*. Mengingat ketahanan kimia yang buruk pada gelas fosfat sebagai former, kehadiran pembentuk material gelas dapat memperbaiki nilai ketahanan kimia gelas sehingga membentuk material gelas yang dapat diaplikasikan sebagai penguat optik.

Berdasarkan sifat ikatan ionic pada ikatan kation-anion dalam kaca, ada tiga komponen pembentuk kaca yaitu *former*, *intermediate* dan *modifier*. *Former* memiliki sifat pembentuk kaca, ikatan ioniknya tinggi, misalnya SiO_2 , B_2O , GeO ,

P_2O_5 , V_2O_5 , As_2O_3 , TeO_2 . *Intermediate* mempunyai sifat pembentuk kaca namun tidak mutlak, kationnya memiliki elektronegativitas yang rendah, misalnya Al_2O_3 , PbO , Sb_2O_3 , ZnO , BeO , Ti_2O . Sedangkan *modifier* tidak memiliki sifat pembentuk kaca, tetapi dapat berfungsi untuk memperbaiki stabilitas termal kaca, misalnya Na_2O , CaO , K_2O , MgO , BaO (Shelby, 1997).

CaF_2 adalah salah satu unsur fluorida yang melimpah di alam, dikenal dengan nama mineralnya “fluorit” yang biokompatibel. Titik lebur CaF_2 sebesar $1,418^\circ C$ dan titik didih sebesar $2,533^\circ C$. CaF_2 menunjukkan celah pita sebesar ~ 12 eV dengan transparansi dalam rentang yang sangat luas, indeks biasnya yang rendah dan energi fonon yang rendah menjadikannya kandidat ideal untuk gelas, spektroskopi, display warna, pemandu gelombang laser, biomedis, terapi fotodinamik, dll (Gibin, George dkk, 2020). Penambahan CaF_2 menjadi alkali fosfat diharapkan dapat menurunkan viskositas dan menurunkan suhu cairan secara substansial, membuat gelas lebih tahan korosi dan mineralizer yang efektif (K. Sambasiva dkk, 2007)

TeO_2 merupakan bentuk oksida yang paling stabil dari tellurium, yang memiliki titik leleh $733^\circ C$ dan titik didih $1,245^\circ C$. Dari sudut pandang kimia dasar, posisi transisi dari Te diantara logam dan nonlogam memiliki peranan yang penting. Stabilitas dari tellurium oksida adalah salah satu sifat yang mula-mula menarik perhatian para peneliti, baik pada kristal maupun pada kaca tellurite (El-Mallawany, 2002)

Aluminium Oksida (Al_2O_3) adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksida. Al_2O_3 juga merupakan senyawa intermediate. Secara alami, alumina terdiri dari mineral korundum dan memiliki kristal. Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben. Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai $2053-2072^\circ C$ dan titik didih $2,977^\circ C$.

Diantara ion tanah jarang, gadolinium oksida (Gd_2O_3) memiliki titik lebur $2,420^\circ C$. Gd_2O_3 adalah bahan favorit karena efisiensi energi yang di transfer dari ion Gd^{3+} ke activator dan biaya yang murah. Hingga saat ini, kilau gelas Gd_2O_3 memiliki kandungan konsentrasi yang tinggi dalam berbagai gelas silikat, boro

silikat, fosfat dan germanat dengan waktu peleburan cepat dan hasil cahaya yang relative tinggi. (Xin-Yuan dkk, 2013).

Dalam penelitian Youssef (2013) menunjukkan bahwa penambahan berbagai oksida khususnya logam oksida valensi tinggi seperti SnO, PbO, ZnO, Cr₂O₃, Gd₂O₃, Na₂O menghasilkan perubahan sistematis struktur yang dapat dikaitkan dengan struktur jaringan fosfat.

Diantara alkali oksida (Li₂O, Na₂O, K₂O) sebagai *modifier*, hanya Li₂O yang mengandung bebas gelembung, stabil, dan tahan lembab sehingga cocok untuk analisis optic. Faktanya penambahan Na₂O dan K₂O tidak menghasilkan gelas yang berkualitas baik. Sebenarnya, bahan kimia TeO₂ termasuk kedalam kelas intermediate dari senyawa pembentuk gelas, tetapi tidak dapat langsung membentuk gelas. TeO₂ akan bereaksi bila dicampur dengan oksida yang lain seperti B₂O₃; P₂O₅; SiO₂ dan sedikit penambahan senyawa *modifier* untuk mendapatkan sistem gelas yang berkualitas baik. (Rao dkk, 2000)

Penelitian yang dilakukan Juniastel, 2017 menggunakan gelas fosfat dengan kombinasi senyawa (50-x)P₂O₅-8Al₂O₃-12Na₂O-10KF-10CaO-10CaF₂-xNd₂O₃ sebagai medium penguat laser menggunakan metode Melt-Quenching. Material gelas Nd:Fosfat ini dapat menghasilkan emisi cahaya jika dieksitasi dengan panjang gelombang laser 526 nm, 582 nm, dan 805 nm.

Dalam beberapa tahun belakangan, material gelas telah dimanfaatkan secara luas sebagai *host* matriks ion Nd³⁺. Adapun keunggulan material gelas dibandingkan dengan kristal sebagai *host* ion Nd³⁺ adalah memiliki stabilitas yang tinggi, indeks bias yang rendah, disperse cahaya optic yang rendah dan memiliki transparansi yang tinggi. (Juniastel, 2015)

Untuk memperoleh medium penguat optik dengan sifat optic yang baik tentu tidak cukup hanya dengan menyisipkan Nd³⁺ kedalam senyawa pembentuk gelas seperti silica, fosfat, borat atau tellurite. Setiap pembentuk gelas masih harus menentukan senyawa lainnya untuk menghasilkan sifat optic dan radiatif yang optimum sehingga dapat diaplikasikan sebagai medium laser. Beberapa peneliti di bidang optic dan laser telah mencoba mensintesis senyawa pembentuk gelas lainnya untuk mendapatkan *host* medium penguat optik.

Sifat atau karakteristik kaca tersebut dapat ditentukan dengan mengatur komposisi dari bahan kaca tersebut. Namun, dalam fabrikasinya tidak semua kaca yang dibuat dengan menggunakan bahan tertentu dan dengan komposisi tertentu akan menghasilkan kaca dengan baik. Selain komposisi, keberhasilan dalam membuat kaca juga ditentukan oleh laju pendinginan leburan. Kaca akan mudah terbentuk dan terhindar dari kristalisasi jika pendinginan dilakukan secara cepat. Analisis thermal digunakan untuk menentukan beberapa sifat penting dari kaca diantaranya untuk menentukan indikator stabilitas terhadap kristalisasi menentukan kecenderungan pembentukan kaca (*glass-forming tendency*). (Wahyudi dan Lia Angraeni, 2018)

Pengembangan penelitian terhadap bahan material optik berbasis gelas fosfat saat ini telah banyak dilakukan, namun pengembangannya dalam skala industri masih sangat terbatas. Beberapa permasalahan dan kelemahan medium penguat optik yang digunakan diantaranya adalah struktur komposisi gelas yang tidak homogen sehingga menyebabkan efek hamburan cahaya yang dihasilkan juga kurang tahan pada panas tinggi. Hal ini menyebabkan turunnya intensitas emisi dari medium gelas itu sendiri. Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik meneliti sifat struktur dan optik sistem gelas fosfat melalui penambahan senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 menggunakan dengan metode melt-quenching. Dimana metode ini sangat populer dikarenakan proses pembuatan yang sederhana dan mampu menghasilkan struktur dan optik gelas dengan homogenitas yang tinggi. Adapun judul penelitian tersebut adalah : **Sintesis dan Karakterisasi Sifat Struktur dan Optik Sistem Gelas Fosfat Melalui Penambahan Senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 .**

1.2 Identifikasi Masalah

1. Pengaruh penambahan senyawa pembentuk gelas terhadap sifat struktur dan optik sistem gelas fosfat.
2. Pengaruh doping Nd^{3+} terhadap sifat struktur dan optik sistem gelas fosfat.
3. Sifat struktur dan sifat optik pada sistem gelas fosfat.

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan penelitian ini dibatasi :

1. Penambahan senyawa-senyawa yang digunakan adalah CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , Gd_2O_3 .
2. Molar masing- masing senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , Gd_2O_3 adalah 15 mol%.
3. Sifat fisis dan struktur pada gelas fosfat yang ingin diketahui indeks bias, kerapatan, volume molar, konsentrasi ion Nd^{3+} , polaron radius, suseptibilitas dan ikatan yang terjadi pada gelas.
4. Sifat optik pada gelas fosfat yang ingin diketahui adalah kekuatan osilator, judd-offelt parameter, energi gap, spectrum absorpsi dan spectrum emisi.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat struktur sistem gelas fosfat melalui penambahan senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 ?
2. Bagaimana sifat optik sistem gelas fosfat melalui penambahan senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat struktur sistem gelas fosfat melalui penambahan senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 .
2. Mengetahui sifat optik sistem gelas fosfat melalui penambahan senyawa CaF_2 , TeO_2 , Al_2O_3 , dan Gd_2O_3 .

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Memperoleh informasi dasar tentang senyawa-senyawa pembentuk gelas pada medium gelas Fosfat sebagai bahan material optik.
2. Memberikan informasi dasar tentang sintesis dan karakterisasi sifat struktur dan optik pada material gelas fosfat di doping Neodymium.