

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Kristal fotonik merupakan bahan optik buatan yang memiliki karakteristik unik. Kristal fotonik dapat mengontrol pergerakan foton sebagaimana bahan semikonduktor mengontrol elektron. Distribusi potensial dari susunan atom pada kristal fotonik menyebabkan munculnya energi gap, dimana elektron dengan energi tertentu tidak diperbolehkan berada di dalam kristal tersebut (Hidayat dkk., 2013). Hal serupa terjadi di dalam kristal fotonik yang merupakan susunan material dielektrik dengan indeks bias berubah secara periodik. Di dalam struktur kristal fotonik akan muncul celah optik yang akan mempengaruhi penjalaran, lokalisasi dan emisi foton di dalam kristal.

Kristal fotonik telah difabrikasi menggunakan teknik litografi (Joannopoulos dkk., 2004). Teknik litografi memiliki resolusi tinggi dan kontrol sangat akurat terhadap struktur yang terbentuk, namun sangat mahal dan lambat. Disamping itu teknik ini menghasilkan kristal fotonik dengan ketebalan hanya beberapa lapis sehingga tidak menghasilkan celah pita optik lengkap (*full optical bandgap*). Sebagai alternatif, teknik *self-assembly* lebih sering digunakan karena lebih sederhana, cepat dan murah. Disamping itu, teknik *self-assembly* ini dapat digunakan untuk menghasilkan banyak sampel secara bersamaan dengan ketebalan hingga ratusan lapis (Stein dkk., 2002).

*Self assembly* memanfaatkan kecenderungan alami nanopartikel koloid seperti silika, PMMA (*Poly methyl metachrylate*), dan *polystyrene* untuk membentuk kristal koloid yang lebih dikenal dengan opal buatan. Terdapat banyak metode

lapisan tipis opal yang sudah dikembangkan (Marlow dkk., 2009). Ada empat metode deposisi opal yang umum digunakan, yaitu metode elektrodeposisi, sedimentasi, deposisi horizontal dan deposisi vertikal. Diantara metode diatas, metode deposisi vertikal merupakan metode yang paling banyak digunakan karena menghasilkan opal dengan kualitas tinggi dan konsentrasi cacat yang relatif rendah ( Vlasov, 2001).

Opal tidak memiliki celah pita optik lengkap, melainkan hanya memiliki *stop band* dalam arah tertentu saja didalam kristal. Celah pita optik lengkap ke segala arah dalam ruang hanya dapat diperoleh pada struktur yang dikenal dengan *inverse* opal ketika kontras indeks bias lebih tinggi dari 2,8. *Inverse* opal dibuat dengan menginfiltrasi opal dengan material berindeks bias tinggi seperti silikon (Si) atau germanium (Ge). Kemudian partikel koloidnya dihilangkan dengan kalsinasi atau menggunakan cairan kimia.

Bai (2006) telah melakukan fabrikasi *inverse* opal silikon dan germanium menggunakan metode *Chemical Vapor Deposition* (CVD). *Inverse* opal yang dihasilkan menunjukkan terbentuknya celah pita optik. *Inverse* opal silikon dan germanium hanya cocok untuk aplikasi pada rentang spektrum gelombang mikro (*microwave*). Penyerapan cahaya tampak oleh silikon dan germanium membatasi aplikasi material ini. Untuk berbagai aplikasi dibutuhkan material dengan indeks bias tinggi namun tidak menyerap cahaya tampak.  $TiO_2$  banyak diteliti untuk pembuatan *inverse* opal karena memiliki permitivitas tinggi, tidak menyerap cahaya tampak, tidak beracun, dan stabil (Ganapathi dkk., 2013).  $TiO_2$  sering

digunakan sebagai material pengisi pada *inverse* opal karena memiliki indeks bias dan aktivitas fotokatalistik yang tinggi.

*Inverse* opal TiO<sub>2</sub> telah disintesis dengan menggunakan metode *Electrochemical Deposition* (Braun dan Wiltzius., 2002), *Atomic Layer Deposition* (Lijun dkk., 2011), *Chemical Vapor Deposition* (Ralchenko dkk., 2011) dan metode sol gel (Sharifi, 2013). Dibandingkan metode lain, metode sol gel lebih banyak digunakan karena cukup sederhana dan kehomogenan komposisi kimianya mudah dikontrol, temperatur proses rendah, dan biaya murah. Pada metode sol-gel, larutan mengalami perubahan bentuk dari sol menjadi gel (Phumying dkk., 2013).

Penelitian terhadap sintesis *inverse* opal menggunakan metode *sol-gel* telah dilakukan oleh Waterhouse dkk (2006). Penelitian tersebut menggunakan PMMA yang ukurannya divariasikan sebagai partikel koloid pembentuk opal. Dalam fabrikasi opal digunakan metode deposisi horizontal. Pembuatan *inverse* opal menggunakan TiO<sub>2</sub> sebagai material pengisi. *Inverse* opal yang dihasilkan tidak memiliki celah pita optik lengkap karena TiO<sub>2</sub> yang dihasilkan tidak homogen dan berpori. Selanjutnya, Sharifi (2013) juga melakukan penelitian fabrikasi *inverse* opal menggunakan metode *sol-gel* dengan memvariasikan suhu dan menggunakan *polystyrene* sebagai partikel koloid pembentuk opal. Opal difabrikasi menggunakan *Capillarity Deposition Method* (CDM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kehomogenan *inverse* opal belum sempurna.

Penelitian Waterhouse dkk dan Sharifi yang telah dilakukan menunjukkan kualitas opal yang belum sempurna dan hasil infiltrasi TiO<sub>2</sub> yang tidak merata.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis *inverse* opal dengan metode *sol gel* dan menggunakan *polystyrene* sebagai partikel koloid pembentuk opal. *Inverse* opal disintesis dengan menginfiltrasi opal menggunakan prekursor  $\text{TiO}_2$  yang konsentrasinya divariasikan untuk mendapatkan kualitas *inverse* opal yang lebih baik serta didapatkan struktur *inverse* opal yang homogen. Opal disintesis dari suspensi koloid *polystyrene* menggunakan metode deposisi vertikal. *Inverse* opal yang dihasilkan akan dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, UV-Vis dan mikroskop optik.

### 1.1 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh konsentrasi prekursor  $\text{TiO}_2$  terhadap morfologi dan sifat optik *inverse* opal. Penelitian ini diharapkan menghasilkan prosedur inversi opal yang menghasilkan *inverse* opal  $\text{TiO}_2$  dengan kualitas yang lebih baik.

### 1.2 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

1. Partikel *polystyrene* dengan diameter 252 nm digunakan untuk deposisi opal.
2. Opal dideposisi dengan menggunakan metode deposisi vertikal.
3.  $\text{TiO}_2$  digunakan sebagai material pada *template* (opal). Konsentrasi Titanium *Tetraisoxyde* (TTIP) divariasikan menjadi 3%, 6% dan 10%.
4. Partikel *polystyrene* (*template*) dihilangkan dengan memanaskan lapisan tipis pada suhu 600 °C.
5. Sampel dikarakterisasi menggunakan SEM, UV-Vis dan mikroskop optik.