

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Penelitian

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di berbagai Negara sangat pesat, begitu pula di Indonesia. Salah satunya ialah ilmu bahan (*material science*). Secara historis, perkembangan dan kemajuan bermasyarakat yang telah terjadi terkait erat dengan kemampuan untuk memproduksi dan merekayasa material untuk memenuhi kebutuhan hidup (William D. Callister, 2007). Salah satu bidang kajian dalam ilmu material adalah polimer. Polimer merupakan makromolekul yang terbentuk oleh ikatan kimia molekul sederhana dalam jumlah besar, atau unit berulang, yang disebut monomer (Gad, 2014). Polimer dapat diklasifikasikan berdasarkan perilaku dalam pemrosesan termal, mekanisme polimerisasi, dan struktur polimernya (Fried, 2001). Untuk mensintesis sebuah polimer, dapat menggunakan dua cara yaitu polimerisasi adisi dan kondensasi (William D. Callister, 2007). Metode *ring opening polymerization* merupakan bagian dari polimerisasi adisi yang digunakan untuk membentuk suatu *polydimethylsiloxane* (PDMS) (Giordano & Refojo, 1998).

*Polydimethylsiloxane* (PDMS) merupakan material sintesis (buatan) yang digunakan sebagai pengganti cairan *vitreous humor* akibat terjadinya ablasi retina (*retinal detachment*) (Setiadji, dkk., 2019). PDMS memiliki beberapa karakteristik seperti *inert* (tidak bereaksi dengan zat lain) secara kimia, transparan, hidrofobik, *non absorbable* (tidak menyerap zat lain), dan pada rentang cahaya tampak memiliki nilai transmitansi mencapai 100% sehingga semua cahaya tampak dapat ditransmisikan sepenuhnya (Fitrilawati, 2019). Namun dalam pengaplikasiannya, PDMS rentan terhadap paparan sinar ultraviolet sehingga dapat mempengaruhi sifat fisisnya antara lain seperti transmitansi, viskositas, indeks bias, dan tegangan permukaan. Penyerapan yang berlebihan terhadap sinar UV dapat berdampak secara biologis maupun non biologis. Secara biologis, sinar UV dapat mengganggu proses metabolisme dan dapat merusak molekul organik seperti protein dan DNA (De Gruijl, 1997). Sedangkan pada material non biologis seperti PDMS, sinar UV dapat mengurangi tingkat transmitansi,

menyebabkan terjadinya degradasi (Guillet, 1972), dan dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam fungsi kerjanya, sehingga perlu dilakukan uji stabilitas untuk mengetahui bagaimana kestabilan karakteristik fisis PDMS sebagai pengganti cairan *vitreous humour*.

*Vitreous humor* adalah gel bening, terdiri dari sekitar 98-99% air dengan sebagian kecil asam hialuronat, glukosa, anion, kation, ion, dan kolagen, yang terletak di ruang posterior mata (Lappas & Lappas, 2016). *Vitreous humor* memiliki peran penting untuk mempertahankan volume okular dan bentuk mata, membantu mempertahankan beberapa struktur mata, terutama lensa dan retina pada posisi anatomi yang tepat, serta merupakan bagian dari lintasan optik yang harus dilalui cahaya dalam perjalanan ke retina (Ofri, 2008). Seiring dengan bertambahnya usia pada manusia, kadar air yang tinggi di dalam *vitreous humor* akan menyebabkan terjadinya likuifaksi sehingga cairan *vitreous* terlepas dari retina atau yang disebut dengan ablasio retina (Ofri, 2008). Ablasio retina juga dapat terjadi ketika segmen retina neurosensori terpisah dari epitel pigmen retina (Swindle-Reilly dkk., 2016). Ablasio retina dapat ditangani dengan menggunakan teknik bedah vitreoretinal (Hubbard dkk., 2006). Teknik pembedahan tersebut disesuaikan dengan tingkat ablasio retina yang diderita oleh pasien, seperti ablasio retina ringan dan komplikasi ablasio retina (Spandau & Tomic, 2018). Vitrektomi adalah salah satu teknik bedah vitreoretinal dengan menggantikan *vitreous* kemudian menyuntikkan gas, udara, atau cairan ke dalamnya. Salah satu cairan yang dimanfaatkan dalam teknik vitrektomi tersebut ialah *polydimethylsiloxane* (PDMS) (Kleinberg dkk., 2011).

*Polydimethylsiloxane* (PDMS) adalah bagian sederhana dari keluarga polimer *Silicone*. Aplikasi PDMS pada bidang medis diawali pada tahun 1958 ketika Stone menginjeksikan *polydimethylsiloxane* ke mata kelinci dan pada saat yang sama, Cibis memperkenalkan material ini sebagai *intravitreal implant* pada bedah ablasio retina (Giordano & Refojo, 1998). PDMS dipilih sebagai pengganti cairan vitreus karena memiliki karakteristik yang mirip dengan cairan *vitreous* yang asli (Caramoy dkk., 2011; Fitrilawati dkk., 2018). Selain itu, PDMS berbasis elastomer yang diaplikasikan dalam bidang optik memiliki beberapa sifat seperti biokompatibilitas tinggi, fleksibel

dan stabil secara mekanik, proses pembuatannya murah, dan transparan pada spektrum UV, VIS, dan NIR (Meliana dkk., 2017; Stankova dkk., 2016). PDMS dapat diaplikasikan dalam bidang lainnya diantaranya adalah pada bidang bio mikrofluida (Friend & Yeo, 2010), elektronik (Lötters dkk., 1997), dan otomotif (Wypych, 2016). Sifatnya yang biokompatibel membuat PDMS baik digunakan untuk proses pembedahan seperti implan pada operasi plastik, dan digunakan pula untuk pembuatan sistem mikro-elektro-mekanis (MEMS) (Egitto & Matienzo, 2006).

PDMS dalam aplikasinya sebagai pengganti cairan *vitreus humor* memungkinkan dengan mudah terpapar oleh radiasi sinar ultraviolet (UV) (Dibowski & Esser, 2017). Sinar UV merupakan bagian gelombang elektromagnetik dari radiasi matahari yang memiliki panjang gelombang berkisar antara 100 nm hingga 400 nm (Esen dkk., 2020). Sinar UV dapat berpengaruh terhadap makhluk hidup maupun bahan – bahan non biologis. PDMS dapat menyerap radiasi UV dan mengalami reaksi fotolitik, foto-oksidatif, dan termo-oksidatif sehingga menyebabkan degradasi material yang akan mengakibatkan kehilangan sifat mekanik serta menghambat fungsi kerja (Andrady dkk., 1998). Pada manusia, paparan yang tinggi dari sinar UV dapat menyebabkan kerusakan kronis pada kulit, mata, dan sistem kekebalan tubuh (Gilbertz dkk., 2019). Mata sangat sensitif terhadap radiasi sinar UV. Bahkan paparan selama beberapa detik dapat menyebabkan nyeri, yang dikenal sebagai foto keratitis dan konjungtivitis. Fotokeratitis adalah kondisi nyeri yang disebabkan oleh peradangan pada kornea mata. Mata menjadi berair dan penglihatan menjadi buram. Konjungtivitis adalah peradangan pada konjungtiva (selaput yang melindungi bagian dalam kelopak mata dan sklera, bagian putih bola mata); yang menjadi bengkak dan mengeluarkan cairan encer.

Kerusakan polimer di bawah paparan sinar UV umumnya bergantung pada intensitas radiasinya (Andrady dkk., 1998). Intensitas radiasi adalah daya yang dipancarkan per satuan *solid angle* dari suatu sumber. Selain itu, kerusakan tersebut juga bergantung pada *radiant exposure* yang dapat ditentukan melalui sistem radiometri. Radiometri merupakan konsep dan metode pengukuran kuantitas energi radiasi pada seluruh rentang panjang gelombang elektromagnetik (Szokolay, 2008).

Dalam sistem radiometri terdapat dua istilah penting, yaitu intensitas dan *radiant exposure*. Intensitas merupakan daya yang dipancarkan ke suatu luas permukaan tertentu yang dinyatakan dalam satuan ( $W/m^2$ ), sedangkan *radiant exposure* didefinisikan sebagai perkalian antara intensitas dan waktu paparan, yang dinyatakan dalam satuan ( $mJ/cm^2$ ) atau ( $J/m^2$ ) (IARC,1992). Intensitas radiasi sinar UV yang dihasilkan oleh matahari berkisar  $6,33 \times 10^6 mW/cm^2$  (Ardi dkk., 2018) sedangkan intensitas UV rata-rata di Indonesia berkisar antara  $0.35 mW/cm^2$  hingga  $5.29 mW/cm^2$  (Yulianto dkk., 2019). Intensitas paparan UV pada pukul 9.00 – 12.00 merupakan intensitas terbesar yang diterima oleh manusia yaitu sebesar 75% (IARC, 1992). Intensitas tersebut dapat berpengaruh pada kesehatan mata, sehingga *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) membatasi paparan radiasi UV diantaranya adalah untuk wilayah spektrum UV-A atau ultraviolet dekat (315 hingga 400 nm), intensitas pada mata tidak boleh melebihi  $1,0 mW/cm^2$  untuk periode lebih dari 1000 detik (sekitar 16 menit). Untuk waktu paparan kurang dari 1000 detik, *radiant exposure* tidak boleh melebihi  $1,0 J/cm^2$ . Penelitian lain menyebutkan bahwa transmitansi PDMS berkurang sebesar 6.6% ketika dipaparkan dalam waktu 20 menit dengan intensitas  $1.38 mW/cm^2$  (Ardi dkk., 2018). Karakteristik fisis lainnya memungkinkan terjadi perubahan sehingga pengujian stabilitas PDMS perlu untuk dilakukan. PDMS yang hendak diuji stabilitas karakteristik fisisnya ini dibentuk menggunakan proses polimerisasi.

Proses polimerisasi disebut juga dengan sintesis polimer. Terdapat beberapa teknik yang diterapkan untuk memperoleh polimer dengan karakteristik yang khas sesuai dengan penerapannya (Shrivastava, 2018). Berdasarkan mekanisme polimerisasinya, terdapat dua jenis polimerisasi yaitu polimerisasi kondensasi dan polimerisasi adisi. Polimerisasi kondensasi adalah pembentukan polimer oleh reaksi kimia bertahap antar molekul yang melibatkan lebih dari satu jenis monomer (William D. Callister, 2007), sedangkan polimerisasi adisi adalah polimer yang terbentuk dari monomer, dengan terlebih dahulu terjadi proses pembukaan ikatan rangkap tanpa harus kehilangan molekul-molekul yang sederhana (Handayani, 2010). Proses polimerisasi adisi meliputi tiga tahap yaitu inisiasi, propagasi, dan terminasi (McKeen, 2013). Untuk

menghasilkan polimer PDMS dapat digunakan salah satu metode polimerisasi adisi yaitu metode *Ring Opening Polymerization*.

Metode *Ring Opening Polymerization* merupakan suatu bentuk polimerisasi pertumbuhan rantai dengan memanfaatkan inisiator yang bertindak sebagai pusat reaktif untuk dapat bereaksi dengan monomer siklik sehingga monomer siklik dapat terbuka rantai cincinnya dan membentuk rantai polimer yang lebih panjang (Matsumura dkk., 1997). Proses sintesis dengan menggunakan metode *Ring Opening Polymerization* diawali dengan mencampurkan *octamethylcyclotetrasiloxane* (D4) sebagai monomer siklik dengan *hexamethyldisiloxane* (MM) sebagai *chain terminator* (Ardi dkk., 2018). Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan dan temperatur tertentu. KOH yang berperan sebagai katalis kemudian ditambahkan secara perlahan ke dalam campuran hingga berbentuk gel (Fitrilawati dkk., 2018). Sampel hasil polimerisasi di purifikasi dengan melarutkan gel menggunakan pelarut kloroform dengan perbandingan volume tertentu hingga diperoleh pH akhir bernilai tujuh atau netral (Fitrilawati, 2019). PDMS yang telah disintesis di karakterisasi, kemudian diuji stabilitasnya terhadap sinar UV.

Berdasarkan paparan diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk menguji stabilitas *polydimethylsiloxane* (PDMS) hasil sintesis terhadap paparan ultraviolet dengan intensitas dan waktu paparan tertentu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan wawasan untuk pengembangan material dalam bidang medis serta dapat diaplikasikan dalam bidang lainnya.

## 1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1.2.1 Bagaimana stabilitas transmitansi *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet ?

1.2.2 Bagaimana stabilitas viskositas *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet?

1.2.3 Bagaimana stabilitas tegangan permukaan *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet ?

1.2.4 Bagaimana stabilitas indeks bias *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet ?

1.2.5 Bagaimana gugus fungsi *polydimethylsiloxane* ?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan batasan masalah yang telah dipaparkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1.3.1 Mengetahui stabilitas transmitansi *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet.

1.3.2 Mengetahui stabilitas viskositas *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet.

1.3.3 Mengetahui stabilitas tegangan permukaan *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet.

1.3.4 Mengetahui stabilitas indeks bias *polydimethylsiloxane* terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet.

1.3.5 Mengetahui gugus fungsi *polydimethylsiloxane*.

### 1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah terhadap apa yang akan dikaji yaitu bagaimana pengaruh paparan radiasi sinar ultraviolet (UV) terhadap stabilitas karakteristik *polydimethylsiloxane* (PDMS). *Polydimethylsiloxane* akan dipaparkan dengan intensitas radiasi sebesar  $1.82 \frac{mW}{cm^2}$  selama 15 menit sebanyak empat kali. Pemilihan intensitas radiasi ini berdasarkan nilai intensitas radiasi rata – rata di Indonesia pada pukul 09.00. Selain itu, berdasarkan *Bureau of Labor Statistics, American Time Use Survey*, pada waktu tersebut umumnya manusia mulai beraktivitas di luar ruangan dan memungkinkan terpapar radiasi sinar UV sebesar 75% (IARC, 1992). Pemilihan lamanya waktu paparan berdasarkan *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) yang membatasi paparan radiasi UV diantaranya adalah untuk wilayah spektrum UV-A atau ultraviolet dekat (315 hingga 400 nm), intensitas pada mata tidak boleh melebihi  $1,0 \frac{mW}{cm^2}$  untuk periode lebih dari 1000 detik (sekitar 16 menit). Penelitian lain menyebutkan bahwa transmitansi PDMS

berkurang sebesar 6.6% ketika dipaparkan dalam waktu 20 menit dengan intensitas  $1.38 \text{ mW/cm}^2$  (Ardi dkk., 2018). Penulis menguji stabilitas untuk beberapa karakteristik fisis seperti transmitansi, viskositas, tegangan permukaan dan indeks bias, karena karakteristik tersebut sangat berpengaruh pada kinerja PDMS sebagai pengganti *vitreous humor*. Karakterisasi menggunakan spektroskopi FTIR juga dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari PDMS.

### **1.5. Sistematika Penulisan**

Secara garis besar skripsi ini berisi lima bab sebagai penjabar agar mendapat arah dan gambaran terkait penelitian yang dilakukan. Sistematika penulisan secara lengkap adalah sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian, sistematika penulisan penelitian dan manfaat penelitian.

#### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini berisi kajian pustaka yang digunakan sebagai rujukan dan dasar dalam melakukan penelitian.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi metode yang dilakukan dalam proses penelitian sehingga tujuan dari penelitian dapat tercapai.

#### **BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi temuan yang diperoleh dari proses penelitian dan pembahasan yang berhubungan dengan teori pada hasil rujukan penelitian.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini merupakan bagian dari penutup penelitian yang berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## 1.6. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memperoleh informasi dan data mengenai kestabilan karakteristik fisis PDMS terhadap paparan radiasi sinar ultraviolet (UV), diantaranya untuk transmitansi, viskositas, tegangan permukaan dan indeks bias. Selain itu diharapkan diperoleh informasi mengenai gugus fungsi PDMS. Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti cairan vitreous humor dan dapat bermanfaat untuk pengembangan material *polydimethylsiloxane* (PDMS) pada bidang lainnya terutama pada bidang medis.