

Stabilitas Optik *Polydimethylsiloxane* (PDMS) Terhadap Paparan Sinar Ultraviolet

A. ARDI¹, A. N. FAUZA¹, N. SYAKIR¹, A. S. KARTASASMITA², FITRILAWATI¹, RISDIANA¹

¹Departemen Fisika,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran,
²Departemen Ilmu Kesehatan Mata
Fakultas Ilmu Kedokteran Umum, Universitas Padjadjaran
Jl. Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor 45363

Abstrak. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh paparan sinar UV pada stabilitas optik PDMS yang diukur dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis. Polimer PDMS disintesis dari octamethylcyclotetra-siloxane (D4) sebagai monomer, hexamethylsiloxane (MM) sebagai terminator dan KOH sebagai katalis dengan menggunakan teknik ring opening polymerization. Hasil polimer PDMS yang disintesis dilapisi pada substrat fused silica dan diekspos dengan sinar UV dengan berbagai intensitas dan waktu paparan, serta diukur stabilitas optiknya melalui perubahan transmittansi PDMS terhadap paparan sinar UV. Penyinaran PDMS dengan intensitas sinar UV berkisar antara 64 mJ/cm^2 – 138 mJ/cm^2 dengan waktu paparan 20 menit, transmittansi PDMS berkurang dari 2,7 % hingga 6,6 %. Nilai penurunan transmittansi tersebut relatif kecil, dibawah 10 % yang merupakan batas burn out suatu material.

Kata kunci: Polydimethylsiloxane (PDMS), *vitreous humour*, octamethylcyclotetrasiloxane (D4) and hexamethylsiloxane (MM), paparan sinar UV.

Abstract. In this work, we studied the effect of UV exposure on the PDMS optical stability. The PDMS polymer was synthesized from octamethylcyclotetrasiloxane (D4) as monomers, hexamethylsiloxane (MM) as terminator and KOH as catalyst using a ring opening polymerization technique. The synthesized PDMS were exposed with UV light with various intensity and exposure time as well as measured its stability by change of their transmittance due to UV irradiation. By exposing PDMS sample for 20 minutes using UV light with intensity in the range of 64 mJ/cm^2 – 138 mJ/cm^2 , the PDMS transmittance decreased about 2.7 to 6.6 %. This decreasing of PDMS transmittance is relatively small, below 10 % that related to burn out condition of the material.

Keywords: Polydimethylsiloxane (PDMS), *vitreous humour*, octamethylcyclotetrasiloxane (D4) and hexamethylsiloxane (MM), UV light exposure.

1. Pendahuluan

Polydimethylsiloxane (PDMS) merupakan jenis polimer hibrid yang terdiri dari rantai utama (backbone) Si-O-Si dan memiliki struktur kimia $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ [1]. Polimer hibrid merupakan jenis polimer yang unit perulangannya terdiri dari kombinasi molekul organik dan anorganik [2]. PDMS Memiliki karakteristik inert secara kimia, transparan, hidrofobik, nonabsorbable (tidak menyerap zat lain), dan pada rentang cahaya tampak memiliki nilai transmittansi mencapai 100% sehingga semua cahaya tampak dapat ditransmisikan sepenuhnya [3]. Selain itu PDMS memiliki kekuatan yang cukup sebagai agent tamponade sehingga digunakan sebagai cairan pengganti *vitreous humour* pada penderita penyakit ablasi retina.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan karakterisasi transmittansi PDMS komersial sebelum dan setelah digunakan selama 3 bulan dan diamati adanya perubahan sifat-sifat fisis PDMS seperti viskositas, transparansi, dan indeks bias [1]. Dalam aplikasinya sebagai cairan pengganti *vitreous*

*email : fitrilawati@phys.unpad.ac.id

humour, PDMS tidak lepas dari paparan sinar ultraviolet (UV). Sinar UV merupakan jenis radiasi elektromagnetik seperti halnya gelombang radio, sinar-x, dan sinar gamma yang tidak terlihat oleh mata manusia. Sinar UV adalah sumber cahaya energi tinggi, dan jika paparannya terlalu banyak dapat merusak jaringan tubuh manusia dan juga bahan non-biologis. Intensitas radiasi sinar UV yang dihasilkan oleh matahari berkisar $6,33 \times 10^6$ mW/cm², sedangkan intensitas matahari rata-rata di Indonesia berkisar 0,45 mW/cm². Paparan sinar UV dapat menyebabkan sejumlah efek sekunder pada material akibat reaksi fotokimia dan panas [4]. Efek ini meliputi solarization, photodiscoloration, photodegradation, kerusakan pada tanaman, dan pembentukan ozon, yang dapat menurunkan sifat fisis bahan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan sinar UV pada stabilitas optik PDMS hasil sintesis melalui paparan sinar UV dengan berbagai intensitas dan lama waktu paparan. Stabilitas PDMS dinyatakan dalam perubahan transmitansi PDMS terhadap intensitas sinar UV dan waktu penyinarannya.

2. Eksperimen

Metode polimerisasi yang digunakan untuk menghasilkan polimer PDMS adalah metode ring opening polymerization (ROP). Metode ROP adalah suatu bentuk polimerisasi pertumbuhan rantai dengan memanfaatkan terminator yang bertindak sebagai pusat reaktif untuk dapat bereaksi dengan monomer siklik sehingga monomer siklik dapat membuka rantai cincinnya dan membentuk rantai polimer yang lebih panjang [5]. Reaksi polimerisasi diawali dengan mencampurkan octamethylcyclotetrasiloxane (D4) sebagai monomer siklik dengan hexamethyldisiloxane (MM) sebagai terminator. Reaksi tersebut dilanjutkan dengan pengadukan menggunakan magnetic stirrer pada suhu 170 °C. Pengaturan suhu tinggi tersebut dibuat dengan menggunakan oil bath agar suhu tetap stabil selama proses polimerisasi. Selanjutnya ke dalam reaktor polimerisasi ditambahkan KOH 20% 3,5 M sebagai katalis untuk mempercepat proses polimerisasi. Campuran tersebut diaduk selama 45 menit pada suhu 170°C. Gel PDMS hasil sintesis dikenakan proses purifikasi untuk membuang sisa komponen yang tidak bereaksi .

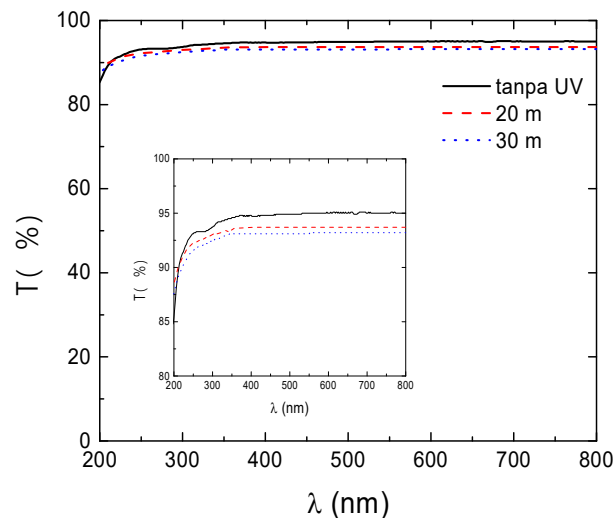
Proses purifikasi dilakukan dengan cara melarutkan gel PDMS dengan kloroform dengan perbandingan volume 1:1 melalui pengadukan menggunakan magnetic stirrer selama 10 menit,. Setelah larutan tersebut homogen, ke dalam larutan tersebut ditambahkan milli-Q water. Campuran tersebut diaduk dan kemudian didiamkan sehingga terbentuk campuran 2 fasa yaitu fasa gel PDMS dalam kloroform dan fasa milli-Q water yang mengandung KOH. Milli-Q water berfungsi untuk memisahkan gel PDMS dari katalis KOH, karena milli-Q water dapat mengikat KOH dan gel dalam kloroform tidak larut dalam milli-Q water. Fasa air kemudian dipisahkan dari fasa gel. Proses purifikasi dilakukan berulang dengan memonitor pH fasa milli-Q water. Jika pH fasa air masih diatas 7, maka penambahan milli-Q water dilakukan kembali dan proses diulang hingga campuran fasa air menunjukkan pH netral. Hal tersebut mengindikasikan semua KOH telah terangkat dari larutan gel PDMS. Kemudian larutan dikentalkan melalui pemanasan pada suhu 50°C untuk menghilangkan sisa kloroform sehingga dihasilkan gel PDMS murni.

Pengujian stabilitas diawali dengan membuat lapisan tipis PDMS hasil sintesis pada substrat fused silica melalui teknik drop casting. Sampel PDMS tersebut selanjutnya dikenakan paparan sinar UV dengan variasi intensitas dan lama waktu paparan. Variasi intensitas sinar UV diperoleh dengan mengatur jarak antara lampu UV dengan sampel yaitu sejauh 23 cm, 30 cm, dan 35 cm dengan intensitas masing-masing 138 mJ/cm², 135 mJ/cm², dan 64 mJ/cm², yang diukur dengan UV

power meter. Lamanya waktu paparan untuk tiap intensitas adalah 20 menit dan 30 menit. Efek dari paparan sinar UV pada polimer PDMS dikarakterisasi dengan Spektrometer UV-Vis dengan mengamati perubahan transmitansi terhadap panjang gelombang di rentang UV dan cahaya tampak (visible). Perubahan transmitansi setelah radiasi UV juga memungkinkan untuk memperkirakan ketahanan gel PDMS terhadap paparan UV.

3. Hasil dan Pembasan

Polimer PDMS yang disintesis dengan teknik RPO berbentuk gel bening transparan yang dapat larut dalam kloroform. Gel tersebut dapat membentuk lapisan tipis pada substrat quartz melalui dropcasting. Pengaruh waktu paparan sinar UV terhadap stabilitas optik polimer PDMS diperoleh melalui pengukuran transmitansi setelah sampel dikenakan paparan sinar UV dengan intensitas tertentu selama jangka waktu tertentu. Hasil tersebut dibandingkan dengan transmitansi sebelum sampel dikenakan paparan sinar UV. Hasil pengukuran transmitansi PDMS terhadap panjang gelombang sebelum dan setelah paparan sinar UV dengan intensitas 64 mJ/cm^2 selama jangka waktu 20 dan 30 menit diperlihatkan pada Gambar 1.



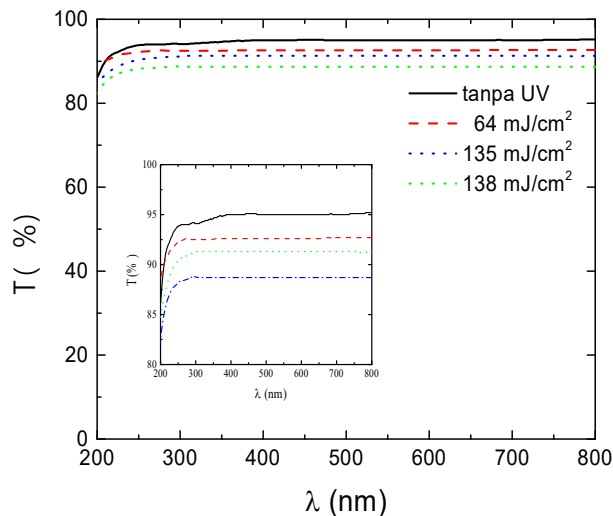
Gambar 1. Transmitansi polimer PDMS sebelum dan setelah paparan sinar UV dengan intensitas 64 mJ/cm^2 selama 20 menit dan 30 menit

Gambar 1 menunjukkan gel PDMS tidak mengasorpsi gelombang EM pada rentang IR dekat (*near infrared*) dan cahaya tampak (*visible*) yaitu pada panjang gelombang 800 nm hingga 350 nm. Transmitansi gel PDMS mulai mengalami penurunan pada rentang UV yaitu pada panjang gelombang 350 nm hingga 190 nm. Gambar tersebut menunjukkan bahwa waktu paparan mempengaruhi nilai transmitansi. Semakin lama waktu paparan sinar UV maka nilai transmitansi gel PDMS semakin berkurang karena bahan menyerap cahaya UV. Nilai transmitansi PDMS pada daerah visible sebelum dikenakan paparan sinar UV adalah 95%. Setelah dikenakan paparan UV dengan intensitas 64 mJ/cm^2 dengan waktu paparan 20 menit nilai tersebut berubah menjadi 92,4% dan menjadi 91,2% setelah dipaparkan selama 30 menit. Perubahan transmitansi tersebut relatif kecil, berkisar 2% hingga 4%. Berkurangnya transmitansi tersebut mungkin berkaitan dengan kondisi sampel yang mungkin mengering dan menjadi lebih tipis setelah dikenakan paparan dengan sinar UV. Berkurangnya ketebalan sampel mengakibatkan penurunan transmitansi.

Pada Gambar 2 diperlihatkan efek besar intensitas sinar UV dengan waktu paparan 20 menit terhadap nilai transmitansi PDMS. Dengan paparan sinar UV yang memiliki intensitas 64 mJ/cm^2 , 135 mJ/cm^2 , dan 138 mJ/cm^2 nilai transmitansi PDMS pada rentang cahaya tampak masing-masing berubah menjadi 92,5%, 91,3%, dan 88,7%.

Untuk menentukan tingkat kestabilan material berdasarkan transmitansinya digunakan perubahan transmitansi ΔT yaitu perbedaan transmitansi PDMS awal sebelum paparan sinar UV (T_i) dan transmitansi PDMS setelah paparan sinar UV (T_f). Pada intensitas 64 mJ/cm^2 , tingkat penurunan transmitansi sampel gel PDMS untuk waktu paparan 20 menit dan 30 menit dibandingkan dengan transmitansi akibat paparan sebelumnya adalah 2,6% dan 1,2%. Hasil ini menunjukkan penurunan transmitansi terhadap transmitansi sebelumnya relatif mengecil.

Studi pengaruh besar intensitas penyinaran selama waktu paparan 20 menit menunjukkan tingkat penurunan transmitansi PDMS terhadap transmitansi sebelumnya untuk intensitas 64 mJ/cm^2 , 135 mJ/cm^2 , dan 138 mJ/cm^2 masing-masing adalah 2,5%, 1,2%, dan 2,6%. Penurunan transmitansi PDMS akibat paparan sinar UV dibandingkan dengan transmitansi awal sebelum dikenakan iradiasi sinar UV untuk berbagai kondisi diperlihatkan pada tabel 1. Sampai dengan intensitas 138 mJ/cm^2 , transmitansi PDMS hanya berkurang sebesar 4,6 %. Data-data tersebut menunjukkan gel PDMS relatif stabil terhadap paparan sinar UV. Berdasarkan pengaruh intensitas dan waktu paparan sinar UV pada sampel gel PDMS tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai transmitansi setelah terpapar sinar UV kurang dari 10 %. Angka tersebut masih dibawah nilai *burn out* yang biasa terjadi pada bahan polimer. Kondisi *burn out* tersebut berkaitan dengan berkurangnya transmitansi akibat menipisnya sampel akibat menguapnya pelarut yang digunakan pada proses pembuatan lapisan tipis. Hal ini menunjukkan polimer PDMS relatif stabil ketika terpapar oleh sinar UV.



Gambar 2. Transmittansi polimer PDMS sebelum dan setelah dikenakan paparan sinar UV selama 20 menit dengan intensitas 64 mJ/cm^2 , 135 mJ/cm^2 , dan 138 mJ/cm^2

Tabel 1. Perubahan transmitansi PDMS pada daerah cahaya tampak akibat paparan sinar UV.

No	Intensitas (mJ/cm ²)	Waktu paparan (menit)	T _i	T _f	ΔT	ΔT/T _i (%)
1	64	20	95%	92,4%	2,6 %	2,7
2	64	30	95%	91,2%	3,8 %	4,0
3	64	20	95%	92,5%	2,5 %	2,6
4	135	20	95%	91,3%	3,7 %	3,9
5	138	20	95%	88,7%	6,3 %	6,6

Dalam aplikasinya sebagai cairan pengganti *vitreous humour*, gel PDMS tidak terpapar sinar UV dengan intensitas tinggi dalam waktu lama. Namun jika terpapar sinar UV dengan intensitas tinggi dalam jangka waktu lama gel PDMS ini tidak lagi dapat dipakai karena dapat mengubah sifat optik gel, akibatnya dapat menyebabkan mata minus atau buram karena cairan tidak transparan atau bening.

4. Kesimpulan

Hasil spektroskopi menunjukkan gel PDMS menyerap cahaya pada rentang UV sehingga transparansi gel berkurang (tidak bening) sedangkan pada rentang cahaya tampak, sampel gel PDMS tidak menyerap cahaya. Hasil pengukuran transmitansi dari sampel gel PDMS yang diberi paparan sinar UV dengan intensitas sampai dari 64 138 mJ/cm² sampai dengan 138 mJ/cm². Jika dikenakan paparan dengan intensitas 64 dalam jangka waktu 20 menit nilai transmitansi berubah sebesar 2,6 %. Namun jika dikenakan paparan dengan intensitas 138 mJ/cm² dalam jangka waktu 20 menit, nilai transmitansi dapat berubah sekitar 6,6 %. Dalam aplikasinya sebagai cairan pengganti *vitreous humour*, gel PDMS tidak dapat terpapar sinar UV dengan intensitas tinggi dalam waktu lama sehingga PDMS hasil sintesis relatif stabil.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didanai oleh PUPT no kontak 30/E/KPT/2017 tanggal 3 April 2017.

Daftar Pustaka

1. H. S. Nusa, W. Astuti, A. S. Kartasasmita, R. Virgana, N. Syakir. A. Bahtiar, L. Safriani and Risdiana. *Characterization of Optical and Structure Properties of Polydimethylsiloxanes*. Materials Science Forum, 827: 99-104. (2015).
2. S.J. McInnes, N.H. Voelcker. *Silicon-polymer hybrid materials for drug delivery*. Futura Medicinal Chemistry, 1(6):1051-74. (2009).
3. A.Caramoy, N. Hagedorn, S.Fauser, W. Kugler, T. Grofs, B. Kirchof. *Development of emulsification-resistant silicon oil: can we go beyond 2000 mPas silicon oil?* Invest Ophthalmol Vis Science, 52(8):5432-6. (2011).
4. W. Kowalski, et al. *UV Effect on Materials in Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook*. Springer, Berlin, Heidelberg. (2009).
5. S. Matsumura, K. Tsukada, K. Toshima. *Enzyme-Catalyzed Ring-Opening Polymerization of 1,3-Dioxan-2-one to Poly(trimethylenecarbonate)*. Macromolecules. 30 (10): 3122–3124. (1997).