

Variasi Suhu Sintesis terhadap Karakteristik Fisis *Polydimethylsiloxane* dengan Metode *Ring Opening Polymerization*

Ajrina Nur Shabrina*, Nafila Amalia Syahida, Waslaluddin, Wiendartun

Program Studi Fisika
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Indonesia
*E-mail : ajrina@upi.edu

ABSTRAK

Polydimethylsiloxane (PDMS) mengambil peran penting sebagai cairan pengganti vitreous pada bedah vitreoretinal dan penyembuhan ablasio retina. Di Indonesia, produksi *polydimethylsiloxane* dibutuhkan. Tiga sampel *polydimethylsiloxane* berhasil dilakukan melalui metode *ring opening polymerization* dengan KOH sebagai katalis. Suhu sintesis meliputi 150°C, 160°C, dan 170°C dan konsentrasi KOH senilai 0,75 M. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik pada masing-masing sampel PDMS. Dari pengukuran viskometer dan spektrofotometer UV-Vis, nilai viskositas PDMS berada pada rentang 5533,52 mPa.s dan 15311,59 mPa.s dan transmitansi seluruh PDMS mendekati 100% pada panjang gelombang 400-800 nm. Dari pengukuran refraktometer dan tensiometer, indeks bias bernilai 1,40776; 1,41385; dan 1,40181 dan nilai tegangan permukaan berada pada rentang 17 dyne/cm dan 19,5 dyne/cm. FTIR menunjukkan seluruh sampel PDMS mempunyai struktur dan gugus fungsi yang mirip dengan PDMS komersial. Suhu sintesis mempengaruhi nilai viskositas.

Kata kunci : ablasio retina, *polydimethylsiloxane*, *ring opening polymerization*

ABSTRACT

Polydimethylsiloxane (PDMS) takes an important role as vitreous substitute in vitreoretinal surgery and retinal detachment's treatment. In Indonesia, the production of polydimethylsiloxane is needed. Three samples of polydimethylsiloxane has been successfully synthesized by ring-opening polymerization method with KOH as catalyst. Varied synthesis temperatures included 150°C, 160°C, and 170°C and the concentration of KOH is 0,75 M. The result of measurement indicates that there is difference characteristic between each sample of PDMS. From viscometer and UV-Vis spectrophotometer measurement, viscosities of polydimethylsiloxane are in the range between 5533,52 mPa.s and 15311,59 mPa.s and transmittances of all PDMS almost 100% in 400-800 nm of wavelength. From refractometer and tensiometer measurement, refractive indexes of each sample are 1,40776; 1,41385; and 1,40181 and the surface tensions of PDMS are in the range between 17 dyne/cm and 19,5 dyne/cm. From FTIR spectroscopy, it is found that all samples of polydimethylsiloxane have similar structure with commercial PDMS.

Kata kunci : retinal detachment, polydimethylsiloxane, ring opening polymerization

PENDAHULUAN

Kerusakan pada mata dapat disebabkan oleh bagian mata yang tidak berfungsi dengan baik. Salah satu penyakit mata ialah ablasio retina. Di Indonesia dan di dunia prevalensi kelainan retina mencapai 0,13% dan prevalensi ablasio retina di dunia adalah satu kasus dari

10.000 populasi (Boedihardjo dkk., 2019). Penyembuhan ablasio retina menggunakan cairan pengganti vitreous yang dikenal sebagai *silicone oil*.

Salah satu jenis *silicone oil* adalah PDMS. PDMS adalah salah satu jenis polimer, memiliki struktur kimia $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n - \text{Si}(\text{CH}_3)_3$. PDMS memiliki sifat transparan dan

mempunyai resistansi termal dan resistansi ultraviolet yang tinggi (Volkov, 2015).

PDMS sudah digunakan di Indonesia. Karakterisasi sifat optik dan struktur *polydimethylsiloxane* (PDMS) sebagai pengganti vitreous dengan viskositas 5500 cSt dan 1300 cSt sesudah dan sebelum digunakan pada operasi vitreoretinal telah dilakukan (Nusa dkk., 2015). Hasil menunjukkan terjadi emulsifikasi dan perubahan sifat optik PDMS setelah digunakan pada bedah vitreoretinal (Nusa dkk., 2015).

Studi tentang sintesis PDMS pun telah dilakukan menggunakan teknik sintesis *ring opening polymerization* dengan melibatkan *octamethylcyclotetrasiloxane* (D4) sebagai monomer siklik, *hexamethyldisiloxane* (MM) sebagai terminator, dan KOH sebagai katalis (Ardi dkk., 2018; Fitrilawati dkk., 2018). Pengoptimalan parameter sintesis seperti konsentrasi KOH, waktu sintesis, dan suhu sintesis pun telah dilakukan. Sintesis PDMS dilakukan dengan variasi KOH dengan masing-masing nilai konsentrasi 2,50 M; 2,00 M; 1,00 M; 0,75 M; dan 0,50 M. PDMS dengan konsentrasi KOH 0,75 M memiliki nilai viskositas yang mendekati nilai viskositas PDMS komersial. Penelitian pun menunjukkan makin tinggi konsentrasi KOH, makin tinggi nilai viskositas PDMS (Fitrilawati dkk., 2018). Variasi waktu pada sintesis PDMS menghasilkan karakteristik fisis PDMS yang berbeda (Rahayu & Kholifiyah, 2019). Nilai suhu yang semakin tinggi mempengaruhi karakteristik fisis PDMS (Kholifiyah, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis PDMS dengan variasi parameter suhu dengan nilai konsentrasi KOH tetap yaitu 0,75 M. Pemilihan nilai konsentrasi mengacu pada penelitian sebelumnya. Nilai suhu yang diterapkan pada masing-masing PDMS yang dibuat yaitu 150 °C, 160 °C, dan 170 °C. Karakterisasi sifat fisis yang meliputi viskositas, tegangan permukaan, indeks bias, transmitansi, dan gugus fungsi dari PDMS akan dilakukan. Penelitian ini akan menkonfirmasi seperti penelitian sebelumnya bahwa nilai suhu yang diterapkan pada sintesis PDMS berpengaruh pada karakteristik fisis PDMS, terutama pada viskositas PDMS (Kholifiyah, 2020).

METODE

Sintesis PDMS diawali dengan pengenceran KOH padat dengan konsentrasi 0,75 M menggunakan *mili-q water*. PDMS yang

dibuat adalah tiga sampel PDMS dengan masing-masing suhu sintesis 150 °C, 160 °C, dan 170 °C. Tahap sintesis PDMS dilakukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan mencampurkan D4 dan MM dengan kecepatan putar 300 rpm. D4 dan MM dicampur pada suhu yang sudah ditentukan sebelumnya. KOH dimasukkan dengan menggunakan *micropipette* setelah D4 dan MM tercampur. Sintesis dilakukan sampai larutan menjadi kental dan terlihat jernih. Sisa KOH pada gel PDMS yang sudah jadi harus dihilangkan melalui tahap purifikasi. Kloroform dan *mili-q water* secara bertahap ditambahkan pada gel PDMS dengan suhu 50 °C dan dengan kecepatan putar 100 rpm masing-masing selama 10 menit (Fitrilawati dkk., 2018). Saat sudah terbentuk dua fasa, fasa gel PDMS dipisahkan dari fasa encer dan pemeriksaan nilai pH fasa encer dilakukan menggunakan indikator pH universal. Jika pH tidak menunjukkan angka 7, proses purifikasi diulang sampai pH fasa encer bernilai 7. Gel PDMS kemudian diputar dan dipanaskan pada suhu 40 °C selama kurang lebih dua belas jam dengan kecepatan putar 100 rpm. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan kloroform.

Seluruh sampel PDMS diukur untuk mengetahui karakteristik fisis PDMS. Karakterisasi sampel PDDMS dengan variasi suhu meliputi pengukuran viskositas, tegangan permukaan, indeks bias, transmitansi, dan gugus fungsi PDMS masing-masing menggunakan viskometer, tensiometer, refraktometer, spektrofotometer UV-Vis, dan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tiga sampel PDMS dengan variasi suhu sintesis berhasil dibuat. Seluruh sampel PDMS terlihat transparan dan kental. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terdapat karakteristik fisis yang berbeda pada masing-masing PDMS dengan suhu sintesis yang berbeda.

Hasil karakterisasi seluruh sampel PDMS ditunjukkan oleh tabel 1. Nilai tegangan permukaan PDMS dengan suhu sintesis 150 °C, 160 °C, dan 170 °C masing-masing bernilai 16 dyne/cm, 17 dyne/cm, dan 19,5 dyne/cm dan nilai indeks bias berturut-turut yaitu 1,40776; 1,41385; dan 1,40181.

Nilai viskositas PDMS dengan suhu sintesis 150 °C, 160 °C, dan 170 °C masing-masing yaitu 5533,52 mPa.s; 9870,17 mPa.s;

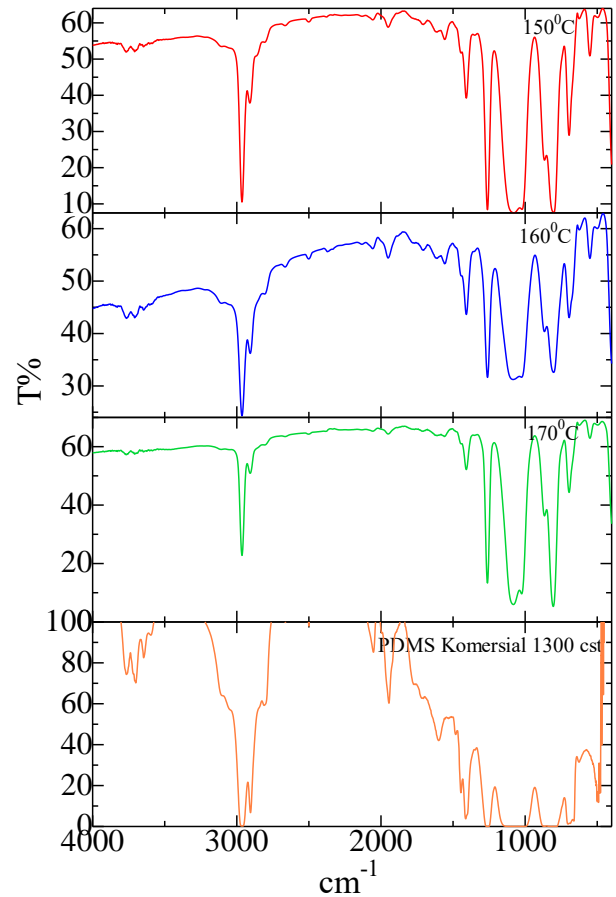
dan 15311,59 mPa.s. PDMS dengan suhu sintesis pada suhu yang tinggi 170 °C menghasilkan nilai viskositas yang paling tinggi. Nilai viskositas cenderung menurun seiring dengan turunnya suhu sintesis. Kecenderungan pada nilai viskositas PDMS ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya (Kholifiyah, 2020). Suhu sintesis mempengaruhi waktu reaksi. Waktu untuk bereaksi mempengaruhi rantai polimer. Rantai polimer berubah menjadi lebih panjang seiring berubahnya waktu reaksi (Setiadi dkk., 2019). PDMS dengan rantai polimer terpendek atau berat molekul terendah memiliki viskositas yang rendah. Semakin panjang rantai PDMS yang terbentuk, semakin kental PDMS dan semakin besar nilai viskositas. Berat molekul PDMS pun semakin besar (Fitriawati dkk., 2018).

Hasil penentuan gugus fungsi menggunakan FTIR berupa grafik persen transmitansi terhadap bilangan gelombang (cm^{-1}) ditunjukkan pada gambar 2. Spektrum inframerah berada di rentang tengah yaitu $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Data spektra FTIR PDMS komersial yang dikutip dari jurnal menunjukkan bahwa pada rentang $812,2\text{ cm}^{-1}$ dan $1262,7\text{ cm}^{-1}$ terdapat kelompok $\text{Si}(\text{CH}_3)_2$ dan $\text{Si}-\text{CH}_3$. Pada pita serapan $1045,6\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan terdapat kelompok ikatan $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$, pita serapan $1412,0\text{ cm}^{-1}$ terdapat kelompok $\text{Si}-\text{O}-\text{CH}_3$. Pada 2905 cm^{-1} dan $2961,3\text{ cm}^{-1}$ terdapat CH dan CH_3 (Rahayu, 2020). Spektrum FTIR menunjukkan kelompok fungsional struktur PDMS dengan variasi suhu mirip dengan PDMS komersial.

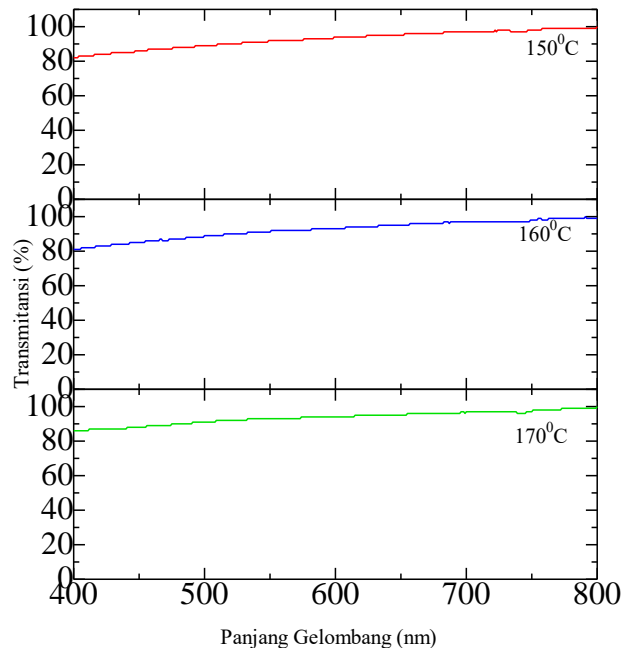
Gambar 3 menunjukkan transmitansi pada sampel PDMS dengan suhu 150 °C, 160 °C, dan 170 °C. Nilai transmitansi mendekati 100%. Nilai transmitansi PDMS menyatakan bahwa sebagian besar cahaya diteruskan dengan rentang panjang gelombang cahaya adalah 400 nm-800 nm.

Tabel 1. Hasil karakterisasi sampel PDMS dengan Suhu PDMS masing-masing 150 °C, 160 °C, dan 170 °C

Konsentrasi	Suhu (°C)	Tegangan Permukaan (dyne/cm)	Indeks bias	Viskositas (cP, mPa.s)
0,75	150	17	1,40776	5533,52
	160	18	1,41385	9870,17
	170	19,5	1,40181	15311,59



Gambar 2. Hasil karakterisasi gugus fungsi PDMS menggunakan FTIR a) suhu 150°C b) 160°C dan c) 170°C



Gambar 3. Hasil pengukuran transmitansi PDMS a) suhu 150°C b) 160°C dan c) 170°C

PENUTUP

Sintesis PDMS dengan variasi suhu 150 °C, 160 °C, dan 170 °C dan nilai konsentrasi KOH 0,75 M berhasil dilakukan menggunakan teknik sintesis *ring opening polymeization* dengan D4, MM sebagai monomer dan KOH sebagai katalis. Hal ini ditunjukkan pada gugus fungsional PDMS. Seluruh sampel PDMS bersifat kental dan jernih. Karakterisasi sifat fisis yang meliputi viskositas, indeks bias, tegangan permukaan, dan transmitansi pada masing-masing PDMS telah dilakukan. Transmitansi seluruh sampel PDMS berada pada nilai 100%, menunjukkan bahwa PDMS meneruskan cahaya. Terdapat perbedaan pada masing-masing karakteristik fisis PDMS meliputi indeks bias, tegangan permukaan, dan viskositas.

Viskositas yang diperoleh pada PDMS dengan suhu sintesis 170 °C memiliki nilai paling tinggi dibandingkan dengan PDMS dengan suhu sintesis 150 °C, dan 160 °C. PDMS dengan rantai polimer panjang cenderung memiliki nilai viskositas yang tinggi. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengenai stabilitas karakteristik fisis PDMS yang bertujuan mengetahui karakteristik PDMS jika PDMS telah disimpan dalam kurun waktu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardi, A., Fauza, A. N., Syakir, N., & Kartasasmita, A. S. (2018). Stabilitas Optik Polydimethylsiloxane (PDMS) Terhadap Paparan Sinar Ultraviolet. *Material Dan Energi Indonesia*, 08(01), 16–21.
- Boedihardjo, G. P., Sumual, V., & Najooan, I. (2019). Profil Pasien Operasi Vitreoretinal di Instalasi Bedah Sentral RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado Periode Juli 2018 – Juli 2019. *E-CliniC*, 7(2), 176–179. <https://doi.org/10.35790/ecl.7.2.2019.26879>
- Fitrilawati, Fauza, A. N., Ardi, A., Novianti, R. M., Syakir, N., Kartasasmita, A. S., & Risdiana. (2018). Effect of KOH concentration on characteristics of polydimethylsiloxane synthesized by ring opening polymerization method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1080(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1080/1/012016>
- Kholifayah, S. N. (2020). Pengaruh Temperatur Sintesis Terhadap Karakteristik Polydimethylsiloxane (PDMS) yang Dibuat dengan Teknik Ring Opening Polymerization (ROP). <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Nusa, H. S., Astuti, W., Kartasasmita, A. S., Virgana, R., Syakir, N., Bahtiar, A., Safriani, L., & Risdiana. (2015). Characterization of optical and structure properties of polydimethylsiloxanes. *Materials Science Forum*, 827, 99–104. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.827.99>
- Rahayu, A. T. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Sifat Fisis Polydimethylsiloxane (PDMS) dengan Variasi Kalium Hidroksida sebagai Inisiator. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Rahayu, A. T., & Kholifayah, S. N. (2019). Variasi waktu pencampuran terhadap karakteristik PMDS yang disintesis dengan polimerisasi adisi. *O*, 436–441.
- Setiadji, S., Fitrilawati, Fauza, A. N., Ardi, A., Novianti, R. M., Syakir, N., Waslaluiddin, Rahayu, I., Kartasasmita, A. S., & Risdiana. (2019). Optimization of polydimethylsiloxane synthesized parameters as vitreous humour substitutes. *Materials Science Forum*, 966 MSF, 189–193. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.966.189>
- Volkov, A. V. (2015). Encyclopedia of Membranes. *Encyclopedia of Membranes*, 08, 1–3. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40872-4>