



## Sintesis dan karakterisasi polydimethylsiloxine dengan teknik *Ring-Opening Polymerization*

Anisa Tri Rahayu\*, Siti Nur Kholifiyah, Wiendartun, Waslaluiddin

Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Pendidikan Indonesia

\*e-mail: trirahayuanisa@gmail.com

### Abstrak

*Polydimethylsiloxane* merupakan jenis polimer yang memiliki ikatan Si-O-Si dan Si-CH<sub>3</sub>, ikatan ini memiliki kestabilan termal yang tinggi. *Polydimethylsiloxane* memiliki sifat yang biocompatible, jernih, transparan dan tidak beracun, menyebabkan *polydimethylsiloxane* sering digunakan dalam bidang medis, terutama dalam bedah *vitreoretinal*. Bedah *vitreoretinal* merupakan proses penggantian cairan *vitreous humor* yang terdapat pada mata, akibat terjadi emulsifikasi. Sintesis *polydimethylsiloxane* menggunakan teknik polimerisasi pembukaan cincin dimana *octamethylcyclotetrasiloxane* (D4) sebagai monomer, *hexamethyldisiloxane* (MM) sebagai terminator rantai, dan Kalium Hidroksida sebagai inisiator telah dilakukan. *Polydimethylsiloxane* berhasil disintesis dengan konsentrasi Kalium Hidroksida sebesar 0.58 M dan 0.75 M. Teknik polimerisasi pembukaan cincin merupakan polimerisasi yang memanfaatkan inisiator sebagai pusat reaktif untuk membentuk rantai polimer yang lebih panjang. Hasil karakterisasi diperoleh nilai viskositas masing-masing 454 mPa.s dan 1210 mPa.s. Dari pengukuran UV-Vis dan refraktometer, semua sampel memiliki transparansi hampir 100% serta indeks bias 1.4016 dan 1.4033. Untuk viskositas 454 mPa.s dan 1210 mPa.s. diperoleh nilai tegangan 20.5 mN/m dan 22.0 mN/m.

**Kata Kunci:** Kalium Hidroksida, Polimerisasi Pembuka Cincin, *Polydimethylsiloxane*,

### 1. Pendahuluan

*Polydimethylsiloxane* (PDMS) ataudikenal dengan nama *silicone oil* merupakan jenis polimer yang memiliki struktur kimia (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SiO-[Si(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>O]<sub>n</sub>-Si(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (Nusa dkk., 2015). PDMS memiliki ikatan Si-O and Si-CH<sub>3</sub>, ikatan ini memiliki kestabilan termal yang tinggi dan mampu menyerap energi (Mendichi dkk., 2019). PDMS mempunyai karakteristik kimia yang stabil dalam sistem hidup karena sifat intrinsiknya, yaitu kestabilan termal dan tidak melekat pada jaringan tubuh (Julia dkk., 2003). Selain itu PDMS memiliki sifat yang *biocompatible*, jernih, transparan dan tidak beracun (Halldorsson dkk., 2015).

Oleh karena itu PDMS sering dimanfaatkan dalam bidang medis, salah satunya untuk bedah *vitreoretinal*, yaitu proses penggantian cairan *vitreous humor* yang terdapat pada mata akibat emulsifikasi (Giordano, 1998). *Vitreous humor* merupakan cairan dalam rongga bola mata yang terdiri dari kolagen dan jaringan asam hialuronat (Lee, 1992). Emulsifikasi terjadi

ketika PDMS bercampur dengan substansi lain yang terdapat dimata (Mendichi dkk., 2019). PDMS dapat menggantikan cairan *vitreous humor*, tentunya harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan cairan *vitreous humor* yang asli.

PDMS dapat disintesis dengan berbagai cara, dalam penelitian ini PDMS disintesis dengan menggunakan Teknik *Ring-Opening Polymerization* (ROP) (Ardi dkk., 2018). Teknik ROP merupakan polimerisasi yang memanfaatkan inisiator yang bertindak sebagai pusat reaktif untuk dapat bereaksi dengan monomer siklik, sehingga monomer siklik terbuka rantai cincinnya dan membentuk rantai polimer yang lebih panjang (Matsumura dkk., 1997, Billmeyer, 1984). Tahapan metode ini adalah inisiasi ditandai dengan membukanya rantai siklik, propagasi yaitu pemanjangan rantai linier dan tahap terminasi penghentian propagasi. Kelompok hidroksida memberikan sepasang elektron pada salah satu atom silikon, sehingga ikatan cincin pada monomer terbuka dan ketika monomer lain ditambahkan, maka rantai akan bertambah panjang dan

berhenti pada saat monomer yang ditambahkan habis. Kesetimbangan yang dihasilkan akan membentuk siloksan dengan distribusi berat molekul yang besar.

PDMS hasil sintesis yang secara visual tampak transparan dan kental, kemudian dapat dilakukan karakterisasi untuk mengetahui beberapa karakteristik dari PDMS tersebut. PDMS dapat di karakterisasi dengan beberapa alat ukur, sesuai yang dibutuhkan. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mensintesis PDMS dengan Teknik ROP dan mengkarakterisasinya sebagai cairan yang dapat dimanfaatkan dalam bidang medis terutama untuk bedah vitreoretinal.

## 2. Metode

### a. Sintesis

Bahan yang digunakan dalam sintesis PDMS yaitu, *Octamethylcyclotetrasiloxane* (D4), dan *Hexamethyldisiloxane* (MM) sebagai monomer, serta Kalium Hidroksida (KOH) sebagai inisiator.

D4 dicampurkan dengan MM kemudian diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer dengan temperatur 170°C (Setiadi dkk.). Selama pengadukan berlangsung secara perlahan ditambahkan inisiator KOH sebanyak 0.06 ml, kemudian larutan diaduk selama 40 menit hingga terbentuk gel PDMS.

Sampel hasil polimerisasi dipurifikasi dengan melarutkan gel menggunakan pelarut *kloroform* dengan perbandingan volume gel dan pelarut yaitu 1:1, larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama kurang lebih 10 menit. Kemudian ditambahkan *mili-q water* pada larutan

dengan perbandingan volume 2:1. Larutan diaduk kembali selama kurang lebih 10 menit dan didiamkan hingga gel dan air terpisah menjadi dua fasa. Air dibuang dan dicek pHnya, purifikasi dilakukan hingga diperoleh pH akhir bernilai 7 atau netral. Purifikasi bertujuan untuk menghilangkan sisa KOH dalam larutan. Melakukan epavorasi setelah selesai dipurifikasi, untuk menghilangkan pelarut kloroform, larutan diaduk kembali menggunakan magnetic stirrer, dipanaskan pada suhu 40°C hingga bau kloroform dalam larutan hilang.

Sintesis dilakukan untuk konsentrasi KOH yang berbeda. KOH 0.58 M untuk sampel pertama dan 0.75 M untuk sampel yang kedua.

### b. Karakterisasi

Sampel PDMS hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan UV-Vis spectrometer untuk menentukan transmitansi sampel PDMS pada daerah panjang gelombang cahaya tampak (400-800 nm). VISCOMATER model VM-10A-MH untuk mengukur viskositas gel PDMS, refraktometer AS ONE I-500 (Brix 0 ~ 90%) untuk menentukan indeks bias PDMS, dan surf gauge tensiometer untuk menentukan tegangan permukaan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Sintesis PDMS menggunakan metode *ring-opening polymerization* (ROP) dengan bantuan inisiator KOH telah dilakukan. KOH dipilih sebagai inisiator karena mudah diperoleh, harganya relatif murah, serta dapat mempercepat proses polimerisasi. (Setiadi dkk., 2019).

### a. Viskositas

Hasil pengukuran viskositas PDMS dengan suhu selama sintesis 170°C dan konsentrasi KOH yang berbeda.

**Tabel 1.** Nilai viskositas PDMS dengan perbedaan konsentrasi KOH

Sampel	Konsentrasi KOH (M)	Viskositas (mPa.s)
1	0.58	454
2	0.75	1210

Tabel 1. menunjukkan suatu kecenderungan bahwa viskositas dari

sampel PDMS mengalami perubahan ketika konsentrasi KOH diperbesar. Hal ini

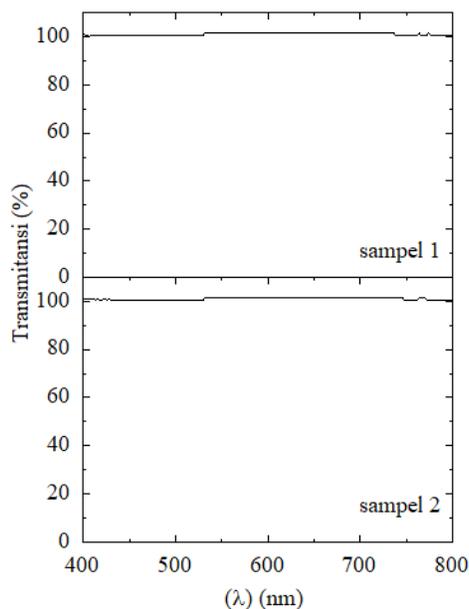
dikarenakan KOH sebagai inisiator mempengaruhi propagasi rantai polimer dan mengakibatkan meningkatnya berat molekul (Fitrilawati dkk., 2018). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa untuk bedah *vitreoretinal* PDMS dengan viskositas lebih rendah akan mengalami emulsifikasi lebih cepat dibandingkan dengan viskositas lebih tinggi.

Di Rumah Sakit Mata Cicendo, vitreous humor umumnya diganti oleh PDMS dengan

viskositas 1300 cSt, dan 5500 cSt (Caramoy dkk., 2010, 2000). Untuk sampel dengan konsentrasi KOH 0.75 M nilainya sangat dekat dengan viskositas PDMS komersial 1300 cSt.

**b. Transmittansi**

Hasil spektroskopi UV-Vis sampel PDMS dengan viskositas 454 mPa.s, dan 1210mPa.s, ditunjukkan oleh Gambar 1 dengan masing-masing serapannya pada Panjang gelombang 400-800 nm.



**Gambar 1.** Hasil pengukuran Transmittansi a) KOH 0.58 M b) KOH 0.75 M

Transmittansi diukur untuk daerah cahaya tampak (*visible*). Nilai transmittansi sampel PDMS pada daerah *visible* hampir 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa PDMS untuk kedua sampel tidak menyerap cahaya. Sesuai dengan karakteristik ideal yang harus dimiliki oleh senyawa pengganti

vitreous humour yaitu transparan, jernih, dan tidak menyerap cahaya.

**c. Indeks Bias**

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan menggunakan refractometer, diperoleh hasil sesuai dengan tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai indeks bias PDMS dengan perbedaan konsentrasi KOH

Sampel	Konsentrasi KOH (M)	Indeks Bias
1	0.58	1.4016
2	0.75	1.4032

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran indeks bias sampel PDMS yang mengalami perubahan. Indeks bias tersebut memiliki

nilai yang lebih besar dari pada indeks bias cairan vitreous humour asli yaitu sekitar 1.3345-1.3348 (Peyman dkk., 1992).

Perbedaan nilai indeks bias PDMS dengan vitreous humor asli dapat berdampak pada perubahan lintasan cahaya yang menuju retina (Nusa dkk., 2015). Hal tersebut dapat mengakibatkan mata yang awalnya normal menjadi rabun karena adanya penambahan nilai dioptri (Swindle, Hamilton, Ravi, & Louis, 2008).

Dioptri tambahan tersebut, dijelaskan persamaan (1).

$$((N_s - N_v)/(AL - ACD)) \times 1000 = \text{additional IOL power (diopters)} \quad (1)$$

dimana  $N_s$  = indeks bias PDMS,  $N_v$  = indeks bias vitreous (1.3348),  $AL$  = panjang aksial dalam mm (23.35 mm) dan  $ACD$  = kedalaman ruang anterior dalam mm (3.06 mm).

Dengan mengetahui penambahan dioptri, diperoleh informasi mengenai kualitas PDMS terhadap perubahan kemampuan akomodasi mata yang terjadi.

#### d. Tegangan Permukaan

Tabel 3 menunjukkan pengaruh tegangan permukaan dengan perbedaan konsentrasi KOH, dengan viskositas 454 mPa.s dan 1210 mPa.s. Terdapat suatu kecenderungan bahwa viskositas PDMS memberikan nilai tertentu terhadap tegangan permukaan.

**Tabel 3.** Nilai tegangan permukaan PDMS dengan perbedaan konsentrasi KOH

Sampel	Konsentrasi KOH (M)	Tegangan Permukaan (mN/m)
1	0.58	20.5
2	0.75	22.0

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa PDMS dengan viskositas lebih rendah akan mengalami emulsifikasi lebih cepat dibandingkan dengan viskositas lebih tinggi (Nusa dkk., 2015). Viskositas PDMS memberikan perbedaan gaya interaksi tarik menarik antara molekul PDMS dengan gas atau cairan lain pada antar muka, sehingga semakin tinggi viskositas cenderung akan menyebabkan gas atau cairan lain tidak mudah masuk ke dalam PDMS (Caramoy dkk., 2015). Ketika perbedaan tegangan permukaan besar menyebabkan makin besarnya gaya yang diperlukan untuk memecahkan permukaan cairan tersebut.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sintesis PDMS dengan menggunakan Teknik polimerisasi pembukaan cincin (ROP) telah dilakukan. Dimana D4 berperan sebagai monomer, MM sebagai terminator rantai, dan KOH sebagai inisiator. KOH dipilih 1.4032. Semua sifat fisis PDMS hasil sintesis mirip dengan sifat PDMS komersial.

sebagai inisiator karena mudah diperoleh, harganya relatif murah, serta dapat mempercepat proses polimerisasi. Dalam proses purifikasi, digunakan kloroform sebagai pelarut. Sintesis dilakukan untuk konsentrasi KOH yang berbeda. KOH 0.58 M untuk sampel pertama dan 0.75 M untuk sampel yang kedua.

Hasil karakterisasi menggunakan viscometer diperoleh viskositas 454 mPa.s dan 1210 mPa.s untuk nilai konsentrasi KOH masing-masing 0.58 M dan 0.75 M, dimana sampel dengan konsentrasi KOH 0,75 M sangat mendekati viskositas PDMS komersial 1300 cSt. Nilai tegangan permukaan sampel dengan viskositas 454 mPa.s memiliki nilai 20.5 mN/m, sedangkan untuk sampel dengan viskositas 1210 mPa.s memiliki nilai tegangan permukaan sebesar 22.0 mN/m. Transmittansi kedua sampel setelah dikarakterisasi menggunakan UV-Vis mendekati 100%, sesuai dengan karakteristik *vitreous humor* asli yaitu tidak menyerap cahaya. Serta nilai indeks bias masing-masing PDMS sebesar 1.4016, dan

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih disampaikan untuk seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Penelitian ini didanai Kemenristek Dikti untuk Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) dengan No.2019 No.6/E/KPT/2019. Penelitian ini juga didukung Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UPI No.171A/ UN40.D/PP/2019.

### Daftar Pustaka

- Ardi, A., Fauza, A. N., Syakir, N., & Kartasasmita, A. S. (2018). *Stabilitas Optik Polydimethylsiloxane ( PDMS ) Terhadap Paparan Sinar Ultraviolet. 08(01).*
- Caramoy, A., Schroder, S., Fauser, S., Kirchhof, B. 2010. *In vitro emulsification assesment of news silicone oils. Br. J. Ophthalmol. 94, 509-512.*
- Caramoy, A., Kearns, V. R., Chan, Y. K., Hagedorn, N., Poole, R. J., Wong, D., Williams, R. L. (2015). *Development of emulsification resistant heavier-than-water tamponades using high molecular weight silicone oil polymers.0(0),1-9.*
- 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), 012016.*
- Giordano, G. (1998). *SILICONE OILS AS VITREOUS SUBSTITUTES. 23(97), 509-532.*
- Halldorsson, S., Lucumi, E., Gómez-sjöberg, R., & Fleming, R. M. T. (2015). *Biosensors and Bioelectronics Advantages and challenges of micro fluidic cell culture in polydimethylsiloxane devices. Biosensors and Bioelectronic,63, 218-231.*
- Julia, B., Gervais, C., Cordoncillo, E., Babonneau, F., & Curie, M. (2003). *Synthesis and Characterization of Transparent PDMS - Metal-Oxo Based Organic - Inorganic Nanocomposites. (20), 3026-3034.*
- Lee, B. Litt, M., Buchsbaum, G. 1992. *Rheology of the vitreous body, Part 1: viscoelasticity of human vitreous Biorheology 29, 521-533*
- Mendichi, R., Schieroni, A. G., Piovani, D., Allegrini, D., Ferrara, M., & Romano, M. R. (2019). *Comparative Study of Chemical Composition, Molecular and Rheological Properties of Silicone Oil Medical Devices. Translational Vision Science & Technology, 8(5), 9.*
- Nusa, H. S., Astuti, W., Kartasasmita, A. S., Virgana, R., Syakir, N., Bahtiar, A., Risdiana. (2015). *Characterization of Optical and Structure Properties of Polydimethylsiloxanes. Materials Science Forum, 827, 99-104.*
- Peyman, G.S., Conway, M.D., Caracorlu M. 1992. *Evaluation of silicone gel asa long-term vitreous substitute in non-human primates, Ophthalmic Surg. 23(12), 811-817.*
- Setiadi, S., Sumiyanto, E., Seprinandar, P., Farida, H., Fitrilawati, Syakir, N., & Risdiana. (2019). *UJISTABILITAS BAHAN POLYDIMETHYLSILOXANE. Jurna I Material Dan Energi Indonesia, 09(01), 8-17.*
- Swindle, K. E., Hamilton, P. D., Ravi, N., & Louis, S. (2008). *In situ formation of hydrogels as vitreous substitutes: Viscoelastic comparison to porcine vitreous.*