

PENENTUAN KURVA KALIBRASI UNTUK ESTIMASI VISKOSITAS POLYDIMETHYLSILOXANE (PDMS)

ANNA NISKA FAUZA¹, ATIKAH ARDI¹, RESSA MUHRIPAH NOVIANTI¹, A. S. KARTASASMITA², WASLALUDIN³, NORMAN SYAKIR¹, RISDIANA¹, FITRILAWATI^{1*}

¹Departemen Fisika, Universitas Padjadjaran

²Departemen Ilmu Kesehatan Mata, Universitas Padjadjaran

³Departemen Kimia, Universitas Padjadjaran

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363

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

Abstrak. Polydimethylsiloxane (PDMS) $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}-(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O})_n-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ yang dikenal juga sebagai *silicone oil* merupakan salah satu cairan pengganti vitreous humour pada bedah vitreoretinal yang banyak dipakai. Dalam aplikasinya dibutuhkan PDMS dengan berbagai tingkat viskositas agar tidak terjadi emulsifikasi pada vitreous humour. Viskositas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai tegangan permukaan yang berperan untuk menjaga bentuk PDMS ketika diinjeksikan pada mata. Semakin besar nilai viskositas maka akan semakin besar pula tegangan permukaan yang dihasilkan. Pada PDMS dengan viskositas tinggi lebih sulit terjadi emulsifikasi dibandingkan dengan PDMS dengan viskositas rendah. Ketika terdapat substansi lain yang tercampur kedalam PDMS setelah diinjeksikan kemata, maka dapat terjadi penurunan tegangan permukaan PDMS dan terjadi emulsifikasi. Oleh karena itu diperlukan teknik pengukuran viskositas dalam rentang yang cukup lebar agar PDMS dapat disintesis dengan berbagai tingkat kekentalan. Salah satu cara penentuan viskositas adalah melalui kurva kalibrasi yang didapat melalui metode ekstrapolasi. Dalam penelitian ini akan dilaporkan hasil eksperimen pembuatan kurva kalibrasi untuk penentuan nilai viskositas Polydimethylsiloxane (PDMS) dengan teknik pengenceran. Gel PDMS masing-masing dilarutkan dengan pelarut kloroform dan pelarut toluene dengan berbagai konsentrasi. Pengenceran tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan beberapa titik ekstrapolasi guna menghasilkan kurva kalibrasi. Hasil kurva kalibrasi yang didapat dipakai untuk menentukan nilai viskositas dari beberapa PDMS hasil sintesis.

Kata kunci : Polydimethylsiloxane, vitreous humour, bedah vitreoretinal, emulsifikasi

Abstract. Polydimethylsiloxane (PDMS) $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}-(\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O})_n-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ that widely known as silicone oil is one of the vitreous substitutes that commonly used in vitreoretinal surgery. In its application PDMS is needed with different level of viscosity to prevent emulsification in vitreous humour. Viscosity is one of the factors that may influence the value of surface tension, that tend to keep the shape of PDMS once it is injected into the eye. The higher the viscosity, the higher the surface tension. PDMS with higher viscosity is emulsify less frequently than PDMS with low viscosity. When other substances are mixed into the PDMS after injection, then may decrease the surface tension and caused emulsification easily. Thus, it is necessary the measurement of viscosity in a wide range so that PDMS can be synthesized with various levels of viscosity. One way of determining viscosity is through the calibration curve obtained by the extrapolation method. In this research, will be reported the experimental result of calibration curve to determine the viscosity of Polydimethylsiloxane (PDMS) with dilution technique. Each gel of PDMS is dissolved with chloroform and toluene solvent in various concentrations. The dilution is intended to obtain some extrapolation points to produce a calibration curve. The result of calibration curve is used to determine the viscosity of synthesized PDMS.

Keywords: Polydimethylsiloxane, vitreous humour, vitreoretinal surgery, emulsification

1. Pendahuluan

Polydimethylsiloxane (PDMS) atau yang dikenal dengan silicone oil merupakan salah satu agen temponade sebagai cairan pengganti vitreous humour pada mata dalam bedah vitreoretinal. Penggantian ini berfungsi untuk mengembalikan retina kembali keposisi normalnya, mengisi kembali volume dari rongga vitreous, dan membantu ahli bedah dalam pembedahan membran [1]. Cairan pengganti vitreous yang ideal adalah cairan yang memiliki tegangan permukaan tinggi, jelas secara optik, dan tidak mudah bereaksi (inert) secara biologis [2]. Salah satu komplikasi yang terjadi pada treatment bedah vitreoretinal adalah emulsifikasi. Emulsifikasi adalah terjadinya pencampuran polydimethylsiloxane (PDMS) dengan substansi (protein, darah, dst) lain pada mata. Dibawah kondisi yang tidak stabil, dan dengan kehadiran surfaktan alami termasuk fibrin, serum, lymphocytes, dan plasma pada mata, gelembung kecil dari cairan pengganti vitreous humour dapat terbentuk dan mengakses daerah subretinal mata [3].

Cairan pengganti vitreous humour haruslah memiliki karakteristik yang sama dengan cairan vitreous humour didalam mata. Salah satu karakteristik yang sangat dipertimbangkan dalam pengaplikasiannya yaitu tingkat nilai kekentalan atau viskositas dari polydimethylsiloxane (PDMS) agar tidak terjadi emulsifikasi pada vitreous humour. Viskositas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai tegangan permukaan yang berperan dalam menjaga bentuk polydimethylsiloxane (PDMS) ketika diinjeksikan pada mata. Semakin besar nilai viskositas, maka semakin besar nilai tegangan permukaan yang dihasilkan. Hal ini menunjukan bahwa polydimethylsiloxane (PDMS) dengan kekentalan yang tinggi lebih sulit untuk terjadi emulsifikasi dibandingkan dengan polydimethylsiloxane (PDMS) dengan viskositas yang lebih rendah [4]. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengukuran nilai viskositas melalui metode pengenceran dengan menggunakan pelarut basic salt solution (BSS). Dalam pengukuran tersebut diperoleh nilai estimasi viskositas yang masih jauh dibandingkan dengan nilai viskositas sebenarnya. Hal ini dikarenakan silicone oil yang dilarutkan pada cairan BSS tidak larut secara sempurna [5]. Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan teknik pengukuran melalui metode pengenceran dengan menggunakan variasi pelarut berupa pelarut organik yaitu kloroform dan toluene. Sehingga dapat diketahui nilai estimasi viskositas gel Polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis.

2. Metode Penelitian

2.1. Sintesis *Polydimethylsiloxane (PDMS)*

Polydimethylsiloxane (PDMS) disintesis dengan menggunakan teknik ring-opening polymerization yaitu suatu metode polimerisasi dengan teknik pembukaan cincin ikatan sehingga rantai siklik akan berubah menjadi ikatan linear dengan pemberian perlakuan pemanasan pada suhu tinggi.

Untuk sintesis polydimethylsiloxane (PDMS) menggunakan monomer Octamethylcyclotetrasiloxane (D₄) dengan kemurnian 98% yang dicampurkan dengan pemutus ikatan (chain terminator) berupa Hexamethyldisiloxane (MM) dengan kemurnian 99,5% yang diaduk dengan menggunakan magnetic stirer dan dipanaskan pada suhu 170°C. Selama pengadukan berlangsung secara perlahan

ditambahkan inisiator KOH 20% dan larutan diaduk selama 45 menit hingga terbentuk gel polydimethylsiloxane (PDMS). Gel yang dihasilkan memiliki sifat fisis dengan kekentalan yang sangat tinggi dan sedikit keruh.

Sampel hasil polimerisasi dipurifikasi dengan melarutkan gel menggunakan pelarut kloroform dengan perbandingan volume gel dan pelarut yaitu 1:1. Kemudian larutan diaduk pada magnetic stirrer selama lebih kurang 10 menit. Kemudian ditambahkan mili q water pada larutan dengan perbandingan volume 2:1. Larutan diaduk selama lebih kurang 10 menit dan didiamkan hingga gel dan air terpisah menjadi dua fasa. Air dibuang dan dicek pHnya dan dilakukan permunian hingga diperoleh pH akhir bernilai 7 atau netral. Untuk menghilangkan pelarut kloroform larutan diaduk kembali menggunakan magnetic stirrer dan dipanaskan pada suhu 50°C.

2.2. Pengukuran Nilai Viskositas

Teknik pengukuran viskositas yang digunakan pada penelitian ini adalah melalui metode pengenceran dalam pelarut kloroform dan toluene. Gel polydimethylsiloxane (PDMS) dilarutkan dengan berbagai tingkatan konsentrasi dimana persentase gel PDMS merupakan perbandingan massa gel PDMS terhadap massa pelarut.

Gel polydimethylsiloxane (PDMS) diencerkan dengan pelarut menggunakan magnetic stirrer selama 10 menit hingga gel polydimethylsiloxane (PDMS) dan pelarut tercampur secara homogen. Ada beberapa sampel yang diencerkan dengan konsentrasi yang berbeda seperti yang diperlihatkan Tabel 1.

Tabel 1. Variasi konsentrasi gel PDMS dan pelarut

Massa PDMS (gr)	Penambahan pelarut (ml)	Label
5	20	P5
	6,25	P4
	8,33	P3
	12,5	P2
	25	P1
	25	P0

Larutan tersebut diukur menggunakan viskometer dengan variasi waktu pengukuran 30 s, 60 s, 90 s, 120 s, dan 150 s. Pengukuran dilakukan pada suhu ruang 25°C. Dari hasil pengukuran diplotkan dalam suatu kurva kalibrasi untuk diperoleh nilai estimasi viskositas dari gel polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran viskositas dari gel polydimethylsiloxane (PDMS) yang dilarutkan pada pelarut kloroform di berbagai konsentrasi. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai viskositas yang berubah-ubah disetiap waktu pengukuran. Ketidakstabilan hasil pengukuran ini dapat disebabkan karena pelarut kloroform bukan merupakan pelarut sempurna untuk gel polydimethylsiloxane (PDMS). Hal ini dapat disebabkan oleh kloroform sendiri memiliki sifat bawaan asam yang menyebabkan ketidaksensitifan alat ukur viskometer. Namun, gel polydimethylsiloxane (PDMS) dapat larut menjadi satu

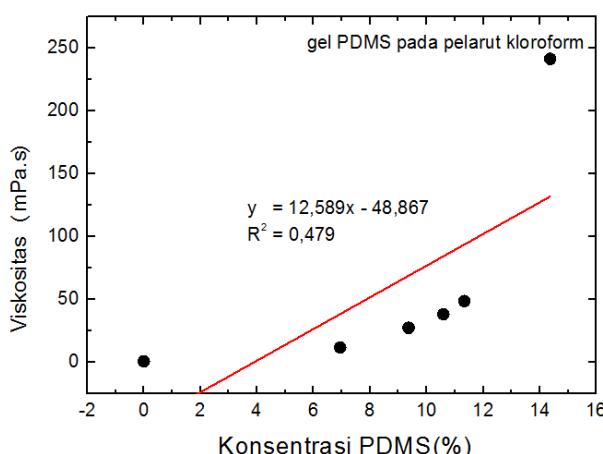
fasa pada pelarut kloroform. Larutan tidak terbentuk gelembung ataupun perbedaan fasa yang menunjukkan ketidak-homogenan larutan. Pelarut kloroform mengakibatkan terjadinya pengenceran gel polydimethylsiloxane (PDMS) tetapi tidak terjadi pengkeruhan. Alat visometer sendiri tidak dapat digunakan pada larutan yang bersifat asam ataupun basa. Nilai viskositas rata-rata menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi polydimethylsiloxane (PDMS) yang dilarutkan maka akan semakin besar pula nilai viskositas dari larutan tersebut.

Tabel 2. Hasil pengukuran viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) dengan pelarut kloroform

Label	Konsentrasi PDMS (%)	η (mPa.s)						η rata-rata (mPa.s)
		10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s	
P0	0	1,08	1,02	0,98	0,96	0,94	0,93	0,99
P1	6,94	12,9	12,9	12,5	11,9	11	10	11,87
P2	9,36	23,9	27,6	28,2	28,6	28,6	28,6	27,58
P3	10,59	34	39	40,5	39,8	38,9	37,9	38,35
P4	11,33	53,9	52,2	50	47,6	45,5	43,3	48,75
P5	14,37	243	261	257	244	229	214	241,33

Gambar 1 menunjukkan kurva kalibrasi dari viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) dengan konsentrasi kekentalan PDMS. Kurva kalibrasi larutan polydimethylsiloxane (PDMS) dengan pelarut kloroform menunjukkan bahwa titik plot data tidak linear tetapi memiliki kecenderungan polinomial. Dari kurva tersebut ditarik suatu garis lurus dan diperoleh suatu persamaan linear:

$$y = 12,589x - 48,867$$



Gambar 1. Kurva hubungan viskositas dengan konsentrasi PDMS dengan pelarut kloroform

Persamaan diatas menunjukkan y merupakan nilai viskositas dan x merupakan konsentrasi dari gel polydimethylsiloxane (PDMS). Persamaan yang diperoleh memiliki nilai koefisien determinasi 0,479 yang menunjukkan hubungan linear tersebut belum sempurna. Koefisien determinasi yang bernilai 1 merupakan hubungan yang dianggap sebagai korelasi sempurna atau hubungan linear sempurna

dengan kemiringan (slope) positif. Sehingga estimasi nilai viskositas polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis masih belum sesuai dengan yang seharusnya.

Dari persamaan linear yang diperoleh dapat dihitung nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis dengan konsentrasi 100% yaitu 1210,033 mPa.s. Jika dibanding secara visual kekentalan gel polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis dengan silicone oil komersial 1300 cSt, gel polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis memiliki kekentalan yang lebih besar dibandingkan silicone oil komersial. Hal ini mengindikasikan pelarut yang digunakan kurang sesuai digunakan sebagai pelarut gel polydimethylsiloxane (PDMS) untuk proses pengukuran viskositas mengingat sensitifitas alat viskometer yang digunakan.

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) yang dilarutkan pada pelarut toluene. Ketika gel polydimethylsiloxane (PDMS) dilarutkan pada pelarut toluene terjadi pengkeruhan larutan yang bening menjadi sedikit putih. Hal ini menunjukkan bahwa pelarut toluene menyebabkan timbulnya reaksi pada gel polydimethylsiloxane (PDMS) sehingga dapat dikatakan toluene bukan merupakan pelarut yang baik untuk gel polydimethylsiloxane (PDMS).

Tabel 3. Hasil pengukuran viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) dengan pelarut toluene

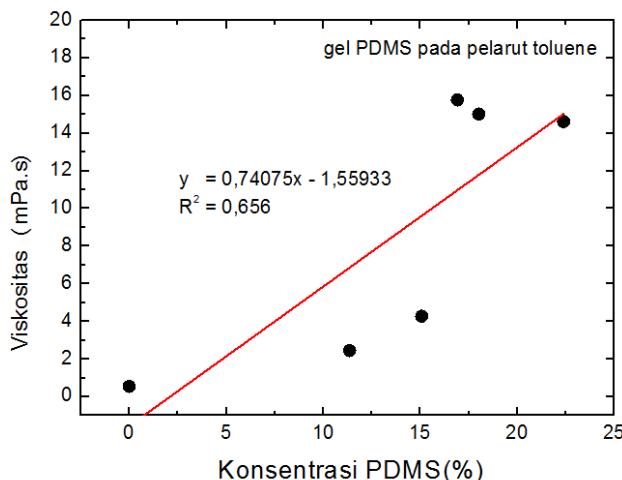
Label	Konsentrasi PDMS (%)	η (mPa.s)						η rata-rata (mPa.s)
		10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s	
P0	0	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,54	0,55
P1	11,36	2,63	2,49	2,44	2,39	2,38	2,35	2,45
P2	15,07	4,73	4,43	4,26	4,14	4,06	4,01	4,27
P3	16,91	17,1	16,8	16,5	15,7	14,8	13,7	15,77
P4	18,01	14,7	15,3	15,4	15,3	14,9	14,5	15,02
P5	22,38	14,8	14,7	14,6	14,6	14,5	14,5	14,62

Pelarut yang baik merupakan pelarut yang tidak menyebabkan perubahan sifat fisis bahkan sifat kimia dari suatu larutan. Dari hasil pengukuran diperoleh nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) memiliki nilai yang fluktuatif seiring dengan kenaikan konsentrasi PDMS.

Gambar 2 menunjukkan kurva kalibrasi dari gel polydimethylsiloxane (PDMS) yang dilarutkan pada pelarut toluene pada berbagai konsentrasi. Kurva yang dihasilkan tidak memiliki hubungan yang linear karena data yang hasilkan fluktuatif. Dari kurva kalibrasi ini ditarik suatu garis lurus dan diperoleh persamaan linear:

$$y = 0,74075x - 1,5933$$

Persamaan yang diperoleh memiliki nilai koefisien determinasi 0,656 yang menunjukkan hubungan linear tersebut belum sempurna. Dari persamaan diatas dapat dihitung nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) hasil sintesis dengan konsentrasi 100% atau tanpa pelarut yaitu 72,4817 mPa.s.



Gambar 2. Kurva hubungan viskositas dengan konsentrasi polydimethylsiloxane (PDMS) dengan pelarut toluene

Estimasi nilai viskositas yang diperoleh dengan variasi pelarut yang diberikan memiliki perbedaan nilai yang cukup jauh. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pelarut kloroform lebih efektif digunakan sebagai pelarut gel polydimethylsiloxane (PDMS) dibandingkan dengan pelarut toluene. Namun, estimasi nilai viskositas yang dihasilkan pun masih cukup jauh jika dibandingkan dengan kekentalan gel polydimethylsiloxane (PDMS) secara visual. Karena kesensitifan alat pengukuran viskositas, diperlukan suatu pelarut yang tidak memiliki sifat bawaan asam ataupun basa sehingga estimasi nilai viskositas suatu larutan dengan kekentalan yang cukup tinggi dapat diukur dengan baik menggunakan metode pengenceran tersebut.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh estimasi nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) dengan menggunakan metode pengenceran dan ekstrapolasi kurva kalibrasi dengan variasi pelarut kloroform dan toluene. Untuk pelarut kloroform diperoleh estimasi nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) adalah 1210,033 mPa.s. dan pelarut toluene estimasi nilai viskositas gel polydimethylsiloxane (PDMS) adalah 72,4817 mPa.s. Perbedaan nilai viskositas ini dapat dikarenakan penggunaan pelarut yang tidak sesuai dan menimbulkan reaksi berupa perubahan sifat fisis dan sifat kimia dari larutan tersebut.

Ucapan Terima Kasih

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

Daftar Pustaka

1. G. G. Giordano, M. F. Refojo, Silicone Oils as Vitreous Substitutes. *Prog. Polym. Sci.*, (23), (1998), p. 509-532.
2. A.K. Khurana, (2007). *Comprehensive Ophthalmology* fourth edition. New Age International. New Delhi.
3. W. J. Foster, Vitreous Substitutes. *Expert Reviews Ophthalmol.* 3(2), (2008), p. 211-218.

4. F. Barca, T. Caporossi T, S. Rizzo, Review Article Silicone Oil: Different Physical Properties and Clinical Applications. Biomed Research International (2014).
5. H. S. Nusa, W. Astuti, A. S. Kartasasmita, R. Virgana, N. Syakir, A. Bachtiar, L. Safriani and Risdiana, Characterization of Optical and Structure Properties of Polydimethylsiloxanes, Materials Science Forum 827, 99 (2015).
6. T. Saragi, B. Permana, M. Saputri, L. Safriani, I. Rahayu, Risdiana, Karakteristik Optik dan Kristal Nanopartikel Magnetit, Jurnal ilmu dan Inovasi Fisika Vol. 02 No. 01 (2018) p.53-56.