



MINI REVIEW: METODE SINTESIS, MODIFIKASI DAN KARAKTERISTIK POLIDIMETILSILOKSAN (PDMS)

Faradilla Prima Hesti

S2 Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret
Surakarta, Jl.Ir.Sutami 36 A Ketingan Surakarta Indonesia

*untuk korespondensi: Telp: 085783602213, Email: Faradilaprimahesti@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian pengembangan ilmu kimia material dan polimer sangat diminati untuk memperkaya kajian ilmu pengetahuan, upaya melindungi kelangsungan bumi dan aplikasi peralatan modern. Membran polidimetilsiloksan (PDMS) merupakan material polimer yang memiliki sifat non-toksitas, hidrofobik tinggi, resistensi kimia, permeabilitas gas, transparansi optik, ramah lingkungan bukan merupakan bio-akumulasi, biaya rendah, kemampuan pencetakan yang baik, dan fleksibilitas yang tinggi. Kinerja Membran polidimetilsiloksan (PDMS) yang unggul terletak dalam morfologinya, pemilihan bahan dan teknik sintesis yang memiliki pengaruh signifikan pada morfologi membran. Hal ini menyebabkan optimalisasi kinerja membran harus berjalan melalui kontrol yang tepat dari interaksi antara morfologi, bahan, dan fabrikasi teknologi. Fokus penelitian terkait membrane polidimetilsiloksan (PDMS) tidak hanya pada material dan sintesis, melainkan sudah dilengkapi dengan karakteristik PDMS, modifikasi membran PDMS serta aplikasinya untuk berbagai bidang teknologi terapan. Kinerja membran polidimetilsiloksan (PDMS) dengan morfologi yang baik dilakukan dengan memodifikasi membrane untuk memperoleh karakteristik dan fungsi membran yang sesuai agar dapat tepat diaplikasikan dalam teknologi.

Kata kunci: modifikasi, sintesis, karakteristik, polidimetilsiloksan (PDMS)

ABSTRACT

Research on the development of material chemistry and polymer in demand to enrich scientific studies, efforts to protect the sustainability of the earth and the application of modern equipment. Polydimethylsiloxane (PDMS) membrane is polymer material has non-toxicity, high hydrophobic, chemical resistance, gas permeability, optical transparency, environmentally friendly non-bio-accumulation, low cost, good printing ability, and high flexibility. The superior performance of polydimethylsiloxane (PDMS) membranes lies in its morphology, material selection and synthesis techniques which have a significant influence on membrane morphology. This results in optimization of membrane performance having to proceed through precise control of the interactions between morphology, materials, and technology fabrication. The focus of research related to polydimethylsiloxane (PDMS) membranes is not only on materials and synthesis, but has been equipped with PDMS characteristics, PDMS membrane modifications and its applications for various fields of applied technology. The good morphology of polydimethylsiloxane (PDMS) membranes performance by modifying the membrane to obtain the appropriate characteristics and function of the membrane so that it can be properly applied in technology.

Key word: modification, synthesis, characteristics, polydimethylsiloxane (PDMS)

PENDAHULUAN

Penelitian tentang pengembangan dan penemuan ilmu kimia sangat diminati

diberbagai bidang pada saat ini. Cabang ilmu kimia yang populer di seluruh negara salah satunya terkait material dan polimer

[12]. Pengembangan polimer tidak hanya didasarkan pada kebutuhan penelitian sebagai bagian dari upaya memperkaya kajian ilmu pengetahuan, tetapi juga upaya melindungi kelangsungan bumi dan kontribusi pada perkembangan aplikasi peralatan modern [17].

Pengembangan membran polimer berpori merupakan area aplikasi teknologi pemisahan yang penting [13]. Konsep inti dari kinerja membran yang unggul terletak dalam morfologinya, pemilihan bahan dan teknik fabrikasi memiliki berpengaruh signifikan pada morfologi membran. Hal ini menyebabkan optimalisasi kinerja membran harus berjalan melalui kontrol yang tepat dari interaksi antara morfologi, bahan, dan fabrikasi teknologi. Sehubungan dengan bahan, membran berpori polimer telah banyak digunakan dalam proses industri karena kombinasi sifat-sifat yang dimiliki, seperti: permeabilitas, selektivitas, fouling resistance, stabilitas kimia dan termal, biaya rendah, dan pembuatan yang mudah [1]. Membran populer untuk proses pemisahan yaitu polietilen (PE), polisulfon (PSU), poli (vinilidena fluorida) (PVDF), polydimethylsiloxane (PDMS), polypropylene (PP), polyimide (PI), dan membran politetrafluoroethylene (PTFE) [22].

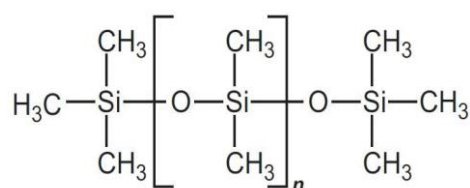
Pada 3 tahun terakhir, penelitian terkait membran polydimethylsiloxane (PDMS) sangat banyak ditemukan. Polydimethylsiloxane (PDMS) adalah bahan sintetis biokompatibel yang banyak digunakan dalam kimia dan aplikasi biologis [5]. Fokus penelitian terkait membran

polydimethylsiloxane (PDMS) tidak hanya pada material dan sintesis, melainkan sudah dilengkapi dengan karakteristik secara lengkap, modifikasi membran PDMS serta aplikasinya untuk berbagai bidang teknologi terapan [19].

Tujuan dari artikel ini adalah untuk merangkum beberapa sintesis yang digunakan dalam menghasilkan membran polydimethylsiloxane (PDMS) dengan karakteristik polydimethylsiloxane (PDMS), modifikasi yang dilakukan dan berbagai aplikasi penggunaan polydimethylsiloxane (PDMS).

Kontribusi utama dari artikel ini adalah menekankan metode dan pemrosesan untuk mencapai kondisi morfologi, kinerja, dan stabilitas yang sesuai. Makalah ini disusun dengan beberapa bagian, meliputi: pendahuluan, struktur membran polydimethylsiloxane (PDMS), metode sintesis membran polydimethylsiloxane (PDMS), karakteristik membran polydimethylsiloxane (PDMS), serta modifikasi dan aplikasi polydimethylsiloxane (PDMS).

STRUKTUR POLIDIMETILSILOKSAN



Gambar 1. Struktur polidimetilsiloksan (PDMS)

Berikut merupakan struktur senyawa dari polidimetilsilokan (PDMS). Berdasarkan struktur senyawa tersebut, kita bisa mengamati bahwa polidimetilsiloksan disintesis dari polidimetilsiloksan tersusun dari basis siloxane + agen cross-linker [4]. PDMS ini tersusun dari modifikasi polimer silicon [24]. Jika kita mengamati jumlah dari unsur Si, maka akan menunjukkan jelas bentuk ikatan yang dibangun dari polimer silikon dengan polimer PDMS yaitu pada silikon ikatan yang terbentuk bukan merupakan ikatan silang. Sedangkan, pada polimer PDMS merupakan ikatan silang (cross-linker). Polydimethylsiloxane (PDMS) merupakan jenis polimer hibrid yang terdiri dari rantai utama (backbone) Si-O-Si. Rumus kimia untuk PDMS adalah $\text{CH}_3[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$, di mana n adalah

jumlah unit monomer berulang $[\text{SiO}(\text{CH}_3)_2]$. Ikatan pada rantai utama Silikon oksida (Si-O) lebih stabil daripada ikatan silikon dengan silikon (Si-Si). Susunan pada rantai utamanya Si-O memberikan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap ozon, oksigen, panas (hingga 315°C), sinar UV, kelembapan, dan efek cuaca secara umum, dan sering dimanfaatkan sebagai lapisan pelindung [22].

SINTESIS POLIDIMETILSILOKSAN

Kinerja membran yang terletak dalam morfologi, pemilihan bahan dan teknik fabrikasi dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi dalam struktur membran polydimethylsiloksan (PDMS). Beberapa teknik dalam sintesis polydimethylsiloksan (PDMS):

Tabel 1. Teknik sintesis polidimetilsilokan (PDMS)

Metode (teknik)	Mekanisme Formasi Pori (morfologi)	Sumber
Thermally Induced Phase Separation (TIPS)	Formasi pori akan digantikan oleh pelarut yang menjadi mikropori setelah mereka berpindah dalam reaksi	[11]
Non-Solvent Induced Phase Separation (NIPS)	Dihasilkan dari cairan– demixing pada fase cair	[8]
Vapor-Induced Phase Separation (VIPS)	Dihasilkan dari Transfer antarmuka, aliran masuk non-pelarut (gas) dan pelarut keluar	[21]
Electrospinning Teknik Pencetakan 3D	Dihasilkan dari peng-uapan dari pengencer Hasil dari pencetakan berbasis akrilat cetakan negatif pengorbanan dan menggunakannya sebagai templat	[25] [6],[7]

Pemilihan teknik sintesis memiliki peranan besar guna menghasikan polydimethylsiloksan (PDMS) yang tepat. Penentuan kinerja membran yang unggul dapat kita analisis berdasarkan keuntungan dan kerugian yang ada dalam masing-masing Teknik. Berikut dijabarkan keunggulan dan

kekurangan dari macam-macam teknik yang dapat digunakan:

- 1) Thermally Induced Phase Separation (TIPS) cocok untuk berbagai macam polimer, terutama untuk polimer semi-kristal itu tidak dapat dengan mudah dibubarkan oleh pelarut dan membran

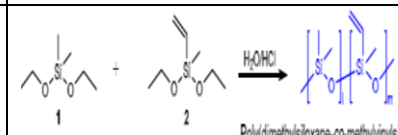
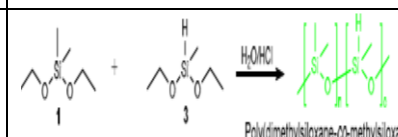
secara inheren direproduksi dan kurang rentan terhadap cacat dari fase lainnya metode inversi. Tetapi, dalam penggunaannya afinitas timbal balik yang rendah antara pelarut dan non-pelarut, menghasilkan pori-pori permukaan hampir tidak ada disetel, selain itu teknik ini membutuhkan biaya mahal dan pelarut organik yang digunakan biasanya tidak ramah lingkungan.

- 2) Non-Solvent Induced Phase Separation (NIPS) dapat secara efektif mengontrol ukuran pori-pori dan permukaan lainnya karakteristik dari membran dengan bantuan aditif, namun teknik ini sulit untuk mengontrol secara tepat proses inversi fase.
- 3) Vapor-Induced Phase Separation (VIPS) memungkinkan memodifikasi dan menyesuaikan lembaran datar dan polimer serat berlubang morfologi membran, tetapi dalam penggunaannya pengembangan dari polimer komersial membran masih terbatas.
- 4) Electrospinning dapat langsung menghasilkan polimer superhidrofobik membran dan sangat berpori struktur halus nanofibers non-anyaman, itu sederhana, murah, dan tinggi produktifitas. Namun dalam penggunaannya kapasitas produksi terbatas dan reproduktifitas rendah.
- 5) Teknik Pencetakan 3D Memungkinkan untuk membuat hampir semua bentuk geometris yang kompleks atau fitur dalam berbagai bahan daam skala yang berbeda. Teknik 3D saat ini masih dalam masa pertumbuhan, dengan

demikian masih terbatas pada resolusi dan pencetakan bahan yang tersedia serta tekniknya membutuhkan biaya tinggi.

Pemilihan bahan juga memiliki pengaruh yang sangat besar pada kinerja membrane polimer dalam morfologinya, karena berdeba bahan yang digunakan untuk sintesis maka struktur membrane PDMS pun berbeda, sehingga kinerja membran pun akan berbeda. perbedaan bahan dalam sintesis sangat memengaruhi kinerja membran pada sintesis VPDMS dan HPDMS dalam suhu yang sama dan kondisi yang sama [16].

Tabel 2. Pengaruh pemiihan bahan terhadap morfologi membrane (gambar di adopsi dari [16])

Pemilihan bahan	Morfologi membrane
Diethoxydimethylsilane + diethoxymethylvinylsilane	 <p>Poly(dimethylsiloxane-co-methylvinylsiloxane) (VPDMS)</p>
diethoxydimethylsilane + diethoxymethylsilane	 <p>Poly(dimethylsiloxane-co-methylsiloxane) (HPDMS)</p>

KARAKTERISTIK

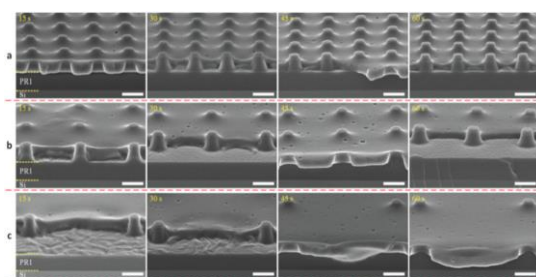
POLIDIMETILSILOKSAN

Membran polydimethylsiloxane (PDMS) memiliki sifat non-toksisitas, hidrofobik tinggi, resistensi kimia, permeabilitas gas, transparansi optik, ramahlingkungan bukan merupakan bio-akumulasi, biaya rendah, kemampuan pencetakan yang baik, dan fleksibilitas yang tinggi [22].

Membran polydimethylsiloxane (PDMS) yang berasal dari blending sylgard 527 dan sylgard 184. Keduanya di blended untuk menciptakan sifat elastisitas dari PDMS itu sendiri. Untuk komposisi polimer PDMS tergantung dari seberapa elastis sifat PDMS yang akan diciptakan, misalnya (10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1) semakin banyak komposisi sylgard akan membuat sifat PDMS semakin elastis [2]. Akan tetapi ada beberapa PDMS yang hanya menggunakan sylgard 184 saja, tujuan di blending adalah untuk meningkatkan keelastisan polimer [4].

Tabel 3. Karakteristik polidimetilsilokan (PDMS), diadaptasi dari [22]

Sifat	PDMS
Kepadatan (kgm – 3)	965
Titik lebur (° C)	N / A
Suhu transisi gelas (° C)	-127
Modulus elastis (kPa)	250
Konstanta dielektrik	2.72–2.75



Gambar 2. HR-SEM lintas-bagian dari array kolom PR berlapis PDMS dengan berbeda pitches dari: (a) 3 μm , (b) 5 μm , dan (c) 10 μm dengan berbagai waktu etsa, diadaptasi dari [10]

Selain memiliki sebagai material membran polydimethylsiloksan (PDMS) murni.

Membran polydimethylsiloksan (PDMS) juga memiliki sifat lain dalam modifikasinya:

- 1) Karakterisasi elektrokimia: Laju korosi SS dari 367 $\mu\text{m} \cdot \text{y}^{-1}$ menjadi 31 $\mu\text{m} \cdot \text{y}^{-1}$ setelah pelapisan CNF-PDMS [19].
- 2) Sifat Apung: Perubahan kemampuan PDMS dan PDMS termodifikasi CAM (1,6% menjadi 23%) [5].
- 3) Analisis Permukaan: Pengendapan CNF-PDMS di SS pelat meningkatkan luas permukaan efektif elektroda dengan memfasilitasi extracellular electron transfer (EET) pada electroactive bacteria (EAB) ke elektroda [19].
- 4) Karakterisasi listrik: Daya hantar maksimum yang dihasilkan oleh MFC setelah 16 hari dengan anoda SS / CNF-PDMS (19 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$) adalah 5 kali lebih tinggi dan lebih stabil daripada itu dengan SS yang tidak dimodifikasi (3,7 $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2}$) [19].
- 5) Sifat dielektrik dan termal: Dari bahan menunjukkan bahwa bahan ini tahan pada lingkungan alkali tinggi (SCPS, $\text{pH} > 12.5$) [20].
- 6) Sifat sensitivitas; Serat PDMS + graphene lebih besar pada koefisien dan sensitivitas yang secara signifikan lebih tinggi daripada serat PDMS dalam aplikasi sensor [23].

MODIFIKASI DAN APLIKASI POLIDIMETILSILOKSAN

Modifikasi dilakukan guna memperoleh karakteristik membrane dan fungsi membran yang sesuai untuk dapat tepat diaplikasikan dalam teknologi. Berbagai modifikasi dilakukan antara lain dengan

mengkombinasikan PDMS dengan material lain dan proses sintesis material sebagai bahan modifikasi membran polydimetil-siloksan (PDMS) itu sendiri.

- Teknik modifikasi spons PDMS direaksikan dengan asam sitrat monohidrat (CAM) pada suhu 80°C bertujuan untuk aplikasi teknologi dibidang pertanian. Modifikasi dari membran polydimethylsiloxane (PDMS) yang dapat menyerupai pori-pori Heterogen (lubang mikro) yang ada di dalam tanah sebagai media untuk budidaya tanaman [5].
- Modifikasi pada polydimethylsiloxane (PDMS) yang didoping dengan komersial carbon nanofibers (CNF) digunakan untuk meningkatkan kinerja biokompatibilitas dan ketahanan korosi anoda SS pada permukaan sel bahan bakar mikroba (MFC) [19].
- Pada modifikasi ini Polidimethyl-siloxane (PDMS) kit elastomer dikenai perlakuan oleh campuran akrilamida (AAm), ammonium peroxydisulfate (APS), N, N-methylenebisacrylamide (MBA), etilena glikol (EG) dan tris (2,2 -bipyridyl) dichlororuthenium (II) hexahydrate (Ru (bpy) 3). Proses ini dilakukan pada suhu 60°C dengan waktu 20 menit [14]. Modifikasi ini dilakukan untuk memperkenalkan bahan template baru yang dapat dimanfaatkan untuk fabrikasi saluran mikro dalam matriks PDMS (template untuk pembuatan saluran mikrofluida)
- Polidimethylsiloxane -diglycidyl ether (PDMS (800)) dan 3-aminopropyl-triethoxysilane (3-APTES) direaksikan

untuk membentuk ikatan kovalen, kemudian dihidrolisis dan dikondensasi dengan precursor alkohol amino. Modifikasi PDMS ini digunakan sebagai aditif beton untuk mengurangi produksi kalsit yang melindungi struktur beton terhadap pengurangan tingkat pH [20].

- Modifikasi ini dilakukan dengan menempatkan serat graphene dalam kloroform kemudian di treatmen ultrasonik selama 24 jam pada suhu 25°C kemudian dilakukan penambahan polydimethylsiloxane (PDMS) dan vortex sebagai agent. Hasil modifikasi ini digunakan sebagai bahan material perangkat yang dapat dipakai pada robot lunak dan kulit elektronik [23].

Proses modifikasi dilakukan tidak hanya dilakukan dalam satu tahapan sintesis. Terdapat modifikasi yang dilakukan dalam beberapa tahapan sekaligus yang tidak berasal dari membran Polidimethylsiloxane (PDMS) murni, melainkan dengan modifikasi dasar membran PDMS untuk mendapatkan modifikasi maksimal untuk dimanfaatkan sebagai material advances.

- Modifikasi PDMS dilakukan dalam berbagai tahapan, untuk mendapatkan material advances yang baik dari membran Polydiethoxydimethylsilane (PDMS). Sintesis pertama dilakukan yaitu Poly (dimethylsiloxane-co-methylvinylsiloxane) (VPDMS) Pada suhu 70°C Diethoxydimethylsilane + diethoxymethylvinylsilane dengan air sebagai katalis (magnesium sulfat sebagai pemisah air), dan sintesis kedua

yaitu Synthesis of Poly(dimethyl-siloxane-co-methylsiloxane) (HPDMS) Pada suhu 70°C diethoxydimethylsilane + diethoxymethylsilane dengan hidroklorik Asam sebagai katalis. Gabungan dari poli (dimethylsiloxane-co-methylvinylsiloxane) (VPDMS) dan poli (dimethylsiloxane-co-methylsiloxane) (HPDMS) ditambah Tri (etilen glikol) divinil eter (TEGDE) sebagai molekul polar, dengan katalis platinum. Modifikasi dari PDMS ini digunakan sebagai elastomer dielektrik untuk aktuator yang digerakkan secara listrik dengan secara kimia memperkenalkan tri (etilen glikol) divinil eter (TEGDE) sebagai molekul polar [16].

- Modifikasi membran Polydiethoxydimethylsilane (PDMS) lainnya sebagai aplikasi penyaringan dilakukan dalam 3

Tabel 4. Modifikasi pada polidimetilsilokan (PDMS)

Material	Suhu	Waktu (jam)	Sumber
Corning + Sylgard 184 PDMS campuran prapolimer → Proses curing	70°C	24	[3]
Basis PDMS + curing agents	70°C	4	[9]
basis siloxane + cross-linker (Sylgard Elastomer 184)	-	-	[4]
Sylgard 527 gel + Sylgard 184 elastomer (Dow Corning)	60oC	12-24	[15]
minyak silikon hydrogen + allylamine + toluene + katalis	90oC	10	[18]

KESIMPULAN

Membran polydimethylsiloxane (PDMS) merupakan material polimer yang memiliki sifat non-toksitas, hidrofobik tinggi, resistensi kimia, permeabilitas gas, transparansi optik, ramah lingkungan bukan merupakan bio-akumulasi, biaya rendah, kemampuan pencetakan yang baik, dan fleksibilitas yang tinggi. Teknik sintesis dapat dilakukan dengan menggunakan Thermally Induced Phase Separation

langkah sintesis. Langkah pertama Pembuatan Komposit PDMS / oND Prapolimer PDMS + Partikel ND teroksidasi (oND) secara hand mixer → ultrasonikasi pada suhu 65°C dalam waktu 30 menit dan langkah kedua yaitu Pembuatan Komposit PDMS / PDMS + larutan encer partikel ND (rND) + etanol diaduk secara ultrasonic pada suhu 65°C dalam 30 menit. Kemudian kedua Pembuatan Spons Komposit PDMS / ND dilakukan dengan menggabungkan komposit PDMS oND dan rND dicampurkan pada suhu 65°C selama 3 jam kemudian dicuci dengan etanol Spons PDMS Ecoflex untuk pemisahan minyak-air dan spons PDMS untuk listrik fleksibel konduktor [26].

(TIPS), Non-Solvent Induced Phase Separation (NIPS), Vapor-Induced Phase Separation (VIPS), Electrospinning, dan Teknik Pencetakan 3D. Modifikasi dilakukan guna memperoleh karakteristik membrane dan fungsi membran yang sesuai untuk dapat tepat diaplikasikan dalam teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdelrasoul, A., Doan, H., Lohi, A., & Cheng, C.-H. (2015). Morphology Control of Polysulfone Membranes in Filtration Processes: a Critical Review. *ChemBioEng Reviews*, 2(1), 22–43. <https://doi.org/10.1002/cben.201400030>
- [2] Berkem, A. S., Capoglu, A., Nugay, T., Sancaktar, E., & Anac, I. (2018). Self-healable supramolecular vanadium pentoxide reinforced polydimethylsiloxane-graft-polyurethane composites. *Polymers*, 11(1), 18–20. <https://doi.org/10.3390/polym11010041>
- [3] Cao, Y., Yang, D., & Soboyejoy, W. (2005). Nanoindentation method for determining the initial contact and adhesion characteristics of soft polydimethylsiloxane. *Journal of Materials Research*, 20(8), 2004–2011. <https://doi.org/10.1557/JMR.2005.0256>
- [4] Carrillo, F., Gupta, S., Balooch, M., Marshall, S. J., Marshall, G. W., Pruitt, L., & Puttlitz, C. M. (2005). Nanoindentation of polydimethylsiloxane elastomers: Effect of crosslinking, work of adhesion, and fluid environment on elastic modulus. *Journal of Materials Research*, 20(10), 2820–2830. <https://doi.org/10.1557/JMR.2005.0354>
- [5] Chen, F., Chai, H., Song, Z., Yu, L., & Fang, C. (2020). Hydrophilic porous polydimethylsiloxane sponge as a novel 3d matrix mimicking heterogeneous pores in soil for plant cultivation. *Polymers*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/polym12010140>
- [6] Femmer, T., Kuehne, A. J. C., Torres-Rendon, J., Walther, A., & Wessling, M. (2015). Print your membrane: Rapid prototyping of complex 3D-PDMS membranes via a sacrificial resist. *Journal of Membrane Science*, 478, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2014.12.040>
- [7] Femmer, T., Kuehne, A. J. C., & Wessling, M. (2014). Print your own membrane: Direct rapid prototyping of polydimethylsiloxane. *Lab on a Chip*, 14(15), 2610–2613. <https://doi.org/10.1039/c4lc00320a>
- [8] Guillen, G. R., Pan, Y., Li, M., & Hoek, E. M. V. (2011). Preparation and characterization of membranes formed by nonsolvent induced phase separation: A review. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 50(7), 3798–3817. <https://doi.org/10.1021/ie101928r>
- [9] Hu, Y., Chen, X., Whitesides, G. M., Vlassak, J. J., & Suo, Z. (2011). Indentation of polydimethylsiloxane submerged in organic solvents. *Journal of Materials Research*, 26(6), 785–795. <https://doi.org/10.1557/jmr.2010.35>
- [10] Le-The, H., Tibbe, M., Loessberg-Zahl, J., Palma Do Carmo, M., Van Der Helm, M., Bomer, J., Van Den Berg, A., Leferink, A., Segerink, L., & Eijkel, J. (2018). Large-scale fabrication of free-standing and sub- μm PDMS through-hole membranes. *Nanoscale*, 10(16), 7711–7718. <https://doi.org/10.1039/c7nr09658e>
- [11] Lloyd, D. R., Kim, S. S., & Kinzer, K. E. (1991). Microporous membrane

- formation via thermally-induced phase separation. II. Liquid-liquid phase separation. *Journal of Membrane Science*, 64(1–2), 1–11. [https://doi.org/10.1016/0376-7388\(91\)80073-F](https://doi.org/10.1016/0376-7388(91)80073-F)
- [12] Mülhaupt, R. (2013). Green polymer chemistry and bio-based plastics: Dreams and reality. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 214(2), 159–174. <https://doi.org/10.1002/macp.201200439>
- [13] Namazi, H. (2017). Polymers in our daily life. *BioImpacts*, 7(2), 73–74. <https://doi.org/10.15171/bi.2017.09>
- [14] Ng, P. F., Lee, K. I., Yang, M., & Fei, B. (2019). Fabrication of 3D PDMS microchannels of adjustable cross-sections via versatile gel templates. *Polymers*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/polym11010064>
- [15] Palchesko, R. N., Zhang, L., Sun, Y., & Feinberg, A. W. (2012). Development of Polydimethylsiloxane Substrates with Tunable Elastic Modulus to Study Cell Mechanobiology in Muscle and Nerve. *PLoS ONE*, 7(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051499>
- [16] Park, S. K., Park, B. J., Choi, M. J., Kim, D. W., Yoon, J. W., Shin, E. J., Yun, S., & Park, S. (2019). Facile functionalization of poly(dimethylsiloxane) elastomer by varying content of hydridosilyl groups in a crosslinker. *Polymers*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/polym11111842>
- [17] Picardie, U. De, & Verne, J. (2019). Journal of Materials Chemistry A profiles: contributors to the Emerging Investigators 2019 issue. *Journal of Materials Chemistry A*, 7(41), 23267–23279. <https://doi.org/10.1039/c9ta90245g>
- [18] Properties, W., Fabrics, C., Dong, C., Sun, L., Ma, X., Lu, Z., He, P., & Zhu, P. (2019). Phosphoramidate Polydimethylsiloxane and Its Applications in Improving Flame-Retardant and.
- [19] Saadi, M. Pézard, J. Haddour, N. Erouel, M. M. Vogel, T. Khirouni, K. (2020). Stainless Steel coated with carbon nanofiber/PDMS composite as anodes in microbial fuel cells. *Materials Research Express*. 12(10). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab6c99>
- [20] Sousa, R. P. C. L., Ferreira, B., Azenha, M., Costa, S. P. G., Silva, C. J. R., & Figueira, R. B. (2020). PDMS based hybrid sol-gel materials for sensing applications in alkaline environments: Synthesis and characterization. *Polymers*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/polym12020371>
- [21] Su, Y. S., Kuo, C. Y., Wang, D. M., Lai, J. Y., Deratani, A., Pochat, C., & Bouyer, D. (2009). Interplay of mass transfer, phase separation, and membrane morphology in vapor-induced phase separation. *Journal of Membrane Science*, 338(1–2), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.03.050>
- [22] Tan, X. M., & Rodrigue, D. (2019). A review on porous polymeric membrane

- preparation. Part II: Production techniques with polyethylene, polydimethylsiloxane, polypropylene, polyimide, and polytetrafluoroethylene. *Polymers*, 11(8).
<https://doi.org/10.3390/polym11081310>
- [23] Wang, D., Sheng, B., Peng, L., Huang, Y., & Ni, Z. (2019). Flexible and optical fiber sensors composited by graphene and PDMS for motion detection. *Polymers*, 11(9).
<https://doi.org/10.3390/polym11091433>
- [24] Wood, J. (2008). The top ten advances in materials science. *Materials Today*, 11(1–2), 40–45.
[https://doi.org/10.1016/S1369-7021\(07\)70351-6](https://doi.org/10.1016/S1369-7021(07)70351-6)
- [25] Yao, Y., Zhu, P., Ye, H., Niu, A., Gao, X., & Wu, D. (2006). Polysulfone nanofibers prepared by electrospinning and gas/jet- electrospinning. *Frontiers of Chemistry in China*, 1(3), 334–339.
<https://doi.org/10.1007/s11458-006-0041-4>
- [26] Zhao, X., Wang, T., Li, Y., Huang, L., & Handschuh-Wang, S. (2019). Polydimethylsiloxane/nanodiamond composite sponge for enhanced mechanical or wettability performance. *Polymers*, 11(6), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/polym11060948>

TANYA JAWAB

PEMAKALAH : Faradilla

PENANYA : Lina Mahardiani

PERTANYAAN :

Tekhnik pembuatan PMDS mana yang paling efektif dan ramah lingkungan, serta memberikan karakteristik yang terbaik?

JAWABAN :

Maksud kami disini adalah bagaimana PMDS cair bisa digunakan lagi. Menurut saya yang lebih baik digunakan dari hasil yang saya baca adalah menggunakan TIPS karena tidak hanya dapat digunakan dalam PMDS sehingga optimalisasi yang digunakan lebih tinggi.