

## Pengaruh Variasi Jumlah Pencelupan Kertas Selulosa Hidrofobik pada Larutan Komposit SiO<sub>2</sub>-Kitosan-Grafena Terhadap Mikrostruktur

Sonya Afrilla<sup>1</sup>, Ratnawulan<sup>2</sup>, Riri Jonuarti<sup>3</sup>, Fadila Ulfa Jhora<sup>4</sup>

<sup>1234</sup>Program Studi Fisika, Universitas Negeri Padang  
e-mail: [sonya.aff9@gmail.com](mailto:sonya.aff9@gmail.com)

### Abstrak

Air dan minyak merupakan salah satu sumber bagi kehidupan. Namun, ada beberapa faktor penyebab terjadinya limbah berminyak, satu satunya limbah rumah tangga. Permasalahan ini perlu ditangani salah satunya dengan menggunakan membran yang dilapisi larutan komposit, larutan komposit yang dapat digunakan yaitu SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena. Penelitian ini dilakukan dengan metode Dip-Coating (pencelupan). Proses pencelupan dilakukan dengan beberapa variasi jumlah pencelupan diantaranya 1 kali, 3 kali, 5 kali, dan 7 kali. Pengujian kertas selulosa komposit dilakukan dengan alat karakterisasi XRD, hal ini bertujuan untuk melihat ukuran kristal dan lebar puncak. Hasil 1 kali pencelupan SiO<sub>2</sub>= 41,49 nm, kitosan= 41,56 nm, grafena= 32,85 nm, variasi 3 kali perendaman SiO<sub>2</sub>=41,43 nm, kitosan= 45,72 nm, grafena= 32,87 nm, variasi 5 kali pencelupan SiO<sub>2</sub>= 31,06 nm, kitosan= 34,38 nm, grafena= 32,85 nm, variasi 7 kali pencelupan SiO<sub>2</sub>= 31,06 nm, kitosan= 34,34, grafena= 37,55 nm.

**Kata kunci:** SiO<sub>2</sub>, Kitosan, Grafena, Hidrofobik

### Abstract

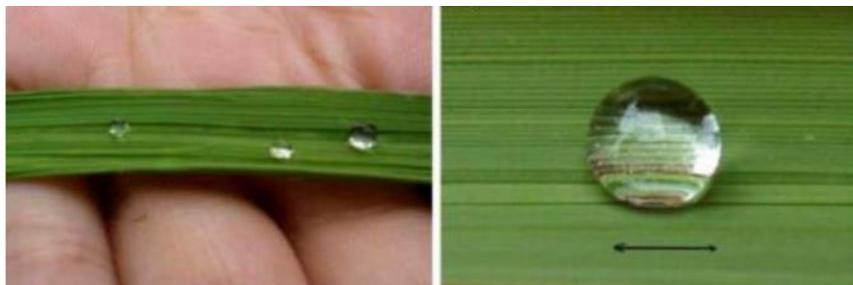
Water and oil are one of the main source of life. However, there are several factors that cause waste, one of which is household waste. So this problem needs to be handled, what can be done is by using the composite membrane method. In this research, the material made as a composite solution. This research carried out four variations of the number of immersions, namely 1, 3, 5, 7 times. The test was carried out using XRD characterization, this aims to see the crystal size and peak width. The result obtained are for 1 immersion of SiO<sub>2</sub>= 41,49 nm, chitosan= 41,56 nm, graphene= 32,85 nm, variation of 3 immersions of SiO<sub>2</sub>= 41,43 nm, chitosan= 45,72 nm, graphene= 32,87 nm, variation of 5 immersions of SiO<sub>2</sub>= 31,06 nm, chitosan= 34,38 nm, graphene= 32,85 nm, variation of 7 immersions SiO<sub>2</sub>= 31,06 nm, chitosan= 34,34, graphene= 37,55 nm.

**Keywords :** SiO<sub>2</sub>, Chitosan, Graphene, Hydrofobic

## PENDAHULUAN

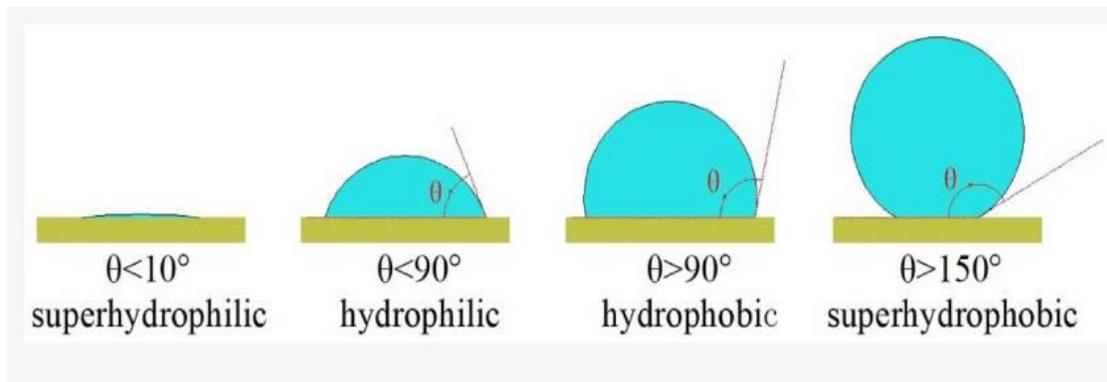
Air dan minyak merupakan salah satu sumber utama dalam kehidupan yang tidak bisa lepas dari kebutuhan manusia, hewan dan tumbuhan. Pada umumnya air dan minyak merupakan senyawa yang terpisah, namun telah ditemukan kasus pencampuran air dan minyak atau yang disebut air limbah berminyak. Adapun salah satu faktor penyebab terjadinya air limbah berminyak yaitu limbah minyak rumah tangga. Limbah rumah tangga seperti minyak bekas dari memasak seringkali dibuang ke saluran pembuangan hingga mengalir ke sungai atau laut, jika dibuang dengan tidak benar, maka dapat mengakibatkan pencemaran yang serius, seperti membentuk lapisan tipis dipermukaan air, menghambat proses alami fotosintesis, serta merusak habitat satwa air dan tumbuhan [1]. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi polusi air agar bersih dan layak dikonsumsi.

Upaya pemisahan air limbah berminyak ini telah dilakukan penelitian dengan berbagai metode salah satunya yaitu dengan metode membran menggunakan kertas selulosa. Kertas selulosa dapat dimanfaatkan sebagai kertas saring. Namun, kertas selulosa murni tidak dapat memisahkan minyak dari larutan berair karena selektivitasnya buruk. Akan tetapi, kertas selulosa setelah dimodifikasi bisa diterapkan dalam pemisahan air dan minyak. Modifikasi kertas selulosa ini memerlukan material tambahan untuk pemisahan air dan minyak dengan permukaan yang bersifat hidrofobik. Untuk mencapai permukaan yang hidrofobik pada kertas selulosa, maka dibuatlah kertas selulosa komposit dengan menambahkan material hidrofobik ke permukaan substrat ( kertas saring). Ketika material hidrofobik terkena air, maka tetesan air akan segera berguling (mengguling)[2]. mekanisme hidrofobik didasarkan pada efek lotus yang merupakan kombinasi dari topografi dan hidrofobik yang ada dipermukaan daun[3]. seperti yang terjadi pada daun padi, dimana permukaan daun padi memiliki karakteristik hidrofobik seperti halnya daun lotus. Berikut merupakan penampakan tetesan air pada permukaan daun padi, yang dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini[4] :



**Gambar 1. Penampakan tetesan air pada permukaan daun padi.**  
(Putri, A. R & Munasir., 2023)

Hidrofobik ditandai ketika sudut kontak air pada permukaan substrat yang memiliki sudut kontak  $90^{\circ}$ - $150^{\circ}$  [5]. Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destilasi yang diteteskan ke permukaan bahan uji [6]. tetesan air pada permukaan Ketika pengukuran sudut kontak terbagi menjadi 4 kondisi, yang dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini[7]:



**Gambar 2. Kondisi dan sifat tetesan air pada permukaan.**  
(Zhang Yu et al, 2020)

Wang Chizhou et al, (2003) telah melakukan penelitian terhadap pemisahan air dan minyak menggunakan kertas saring selulosa yang dikonsumsi dengan pelarut  $ZnCl_2$ . Air dan minyak dapat dipisahkan dengan sangat baik, akan tetapi kurang dalam pemisahan air dalam emulsi minyak[8]. Soares, S. F et al, (2017) telah melakukan penelitian terhadap pemisahan air dan minyak dengan nanopartikel hibrida silika-kitosan, dan mampu memisahkan air dan berminyak[9]. silika memiliki permukaan energi rendah yang tidak mudah basah oleh air atau cenderung menolak air, dalam istilah lain disebut juga dengan hidrofobik[10]. sementara itu kitosan memiliki sifat antimikroba yang dapat membantu mengurangi pertumbuhan bakteri dalam sistem air dan berguna dalam mengolah berbagai jenis limbah cair [11]. Zhang, T et al, (2021), juga telah melakukan penelitian dalam pemisahan air dan minyak menggunakan nanofibro komposit *polyvinylidene fluoride* (PVDF)/grafena, pada penelitian ini dilakukan variasi jumlah pencelupan sebanyak 3 kali, dan mendapatkan hasil sudut kontak sebesar  $140,1^{\circ}$  [12]. grafena juga memiliki sifat hidrofobik, memiliki keunggulan kekuatan dan kelenturan yang luar biasa. Sifat hidrofobik pada grafena disebabkan oleh struktur atom karbonnya yang tidak bersifat polar yang lebih tertarik pada molekul non-polar seperti minyak dan menolak air yang akan menciptakan pemisahan efektif pada lapisan membran[13]. lapisan membran akan mempengaruhi hasil lapis tipis, dan refraktannya, untuk itu diperlukan pencelupan dengan variasi jumlah pencelupan dengan jumlah yang berbeda-beda, dengan adanya jumlah pelapisan ini akan berpengaruh pada hasil yang didapatkan karena mempengaruhi pemerataan

pelapisan, homogenitas, dan transparansi material[14]. Ketebalan lapisan pada membran juga akan berpengaruh pada hidrofibilitas membran dan kekasaran pada permukaan membran [15].

## METODE

Penelitian ini dimulai dari bulan Februari 2024, di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika FMIPA Universitas Negeri Padang, Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang, serta di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Bandung. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu oven, kamera DSLR, timbangan digital, furnace, pipet tetes, gelas ukur erlenmayer, corong kaca, gelas kimia, wadah, magnetic stirrer. Bahan yang digunakan yaitu grafena, silika, kitosan, kertas selulosa, aquades, heksana, asam stearat, larutan etanol. Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu: tahap pertama melakukan sintesis pembuatan larutan komposit SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena, tahap kedua melakukan pelapisan kertas selulosa kedalam larutan komposit SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena dengan metode Dip-Coating (pencelupan), tahap ketiga mengukur mikrostruktur kertas selulosa yang sudah dilapisi larutan komposit SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena menggunakan alat karakterisasi XRD.

Pembuatan larutan komposit SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena dilakukan dengan cara mencampurkan asam stearat 30 g dan etanol 100 ml dilarutkan menggunakan magnetic stirrer di suhu 80 derajat dengan putaran 10,5 lalu memasukkankitosan 1 g diaduk selama 10 menit, setelah itu memasukkan grafena 0,01 g diaduk selama 5 menit. Asam stearat 10 g dicampurkan dengan heksana 50 ml diaduk selama 5 menit hingga bening di suhu 80 derajat lalu dimasukkan silika 1 g hingga larut. Setelah itu larutan silika dimasukkan kedalam campuran larutan kitosan-grafena tadi, diaduk hingga semua tercampur rata. Tahap selanjutnya yaitu pelapisan kertas selulosa kedalam larutan SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena, proses yang dilakukan yaitu dengan mencelupkan kertas selulosa kedalam larutan komposit SiO<sub>2</sub>-kitosan-grafena setelah itu tarik dan tunggu hingga sebagian larutan turun, setelah itu kertas yang sudah dilapisi di oven pada suhu 100 °C selama 15 menit.

Pencelupan kertas selulosa dilakukan dengan variasi jumlah pencelupan sebanyak 2 kali dengan variasi masing-masing sampel yaitu 1 kali, 3 kali, 5 kali, dan 7 kali. Setelah proses pelapisan dan pengovenan selesai selanjutnya dilakukan tahapan yaitu melakukan pengujian sampel menggunakan alat karakterisasi XRD untuk melihat ukuran kristal kertas selulosa yang sudah dilapisi, setelah itu dilakukan pengukuran menggunakan software HihgScore Plus untuk melihat nilai yang diperlukan pada saat perhitungan hasil ukuran kristalnya, software origin digunakan untuk memplot grafik data XRD, dan Microsoft Excel digunakan untuk menghitung ukuran kristal yang diperoleh. Perhitungan ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Debye-scherrer.

$$D = \frac{0,94\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (1)$$

Dimana:

D = ukuran kristal D (nm)

$\lambda$  = Panjang gelombang dari radiasi sinar X (nm)

$\beta$  = nilai FWHM dalam satuan radian ( $^{\circ}$ )

$\theta$  = sudut diffraksi bragg

## HASIL DAN PEMBAHASAN

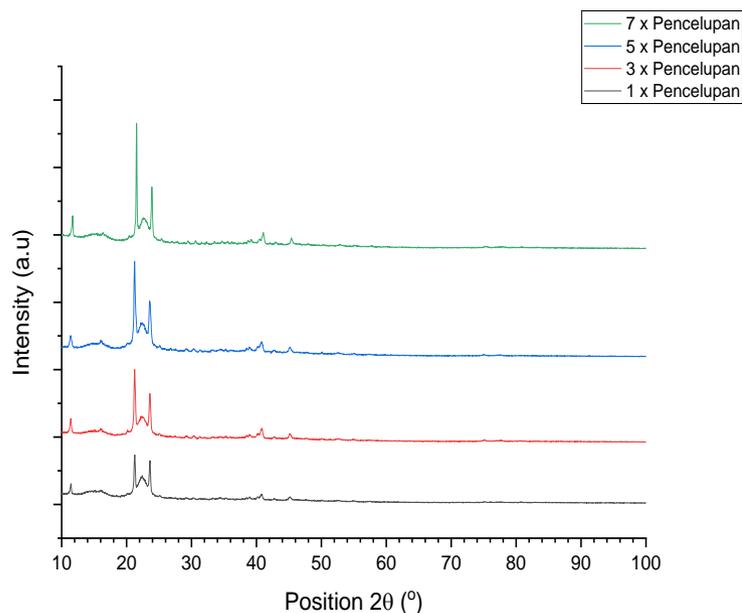
Pengukuran dan perhitungan terhadap hasil karakterisasi dengan alat instrument XRD yaitu dilakukan menggunakan Software HighScore Plus, Software Origin, dan Exel. Software HighScore Plus digunakan untuk melihat zat aktif yang terkandung, nama mineral, posisi  $2\theta$ , FWHM, dan sistem kristal, software Origin digunakan untuk memplot grafik dari keempat sampel, dan Exel digunakan untuk menghitung nilai ukuran kristal D (nm). Ukuran kristal D (nm) dapat dihitung menggunakan persamaan Debye-Scherrer. Data hasil pengujian XRD terhadap sampel dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

**Tabel 1. Hasil pengujian data XRD**

Sampel	Zat aktif	Posisi $2\theta$	FWHM	Ukuran kristal	Sistem kristal
1 kali pencelupan	SiO <sub>2</sub>	21,24331	0,194832	41,49	Heksagonal
	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>4</sub>	22,42262	0,194882	41,56	Orthorhombic
	C	42,82866	0,259776	32,85	Heksagonal
3 kali pencelupan	SiO <sub>2</sub>	20,38421	0,194832	41,43	Heksagonal
	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>4</sub>	22,14653	0,17860	45,72	Orthorhombic
	C	42,99888	0,259776	32,87	Heksagonal
5 kali pencelupan	SiO <sub>2</sub>	20,08298	0,259776	31,06	Heksagonal
	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>4</sub>	20,64880	0,245304	34,38	Orthorhombic
	C	42,79915	0,259776	32,85	Heksagonal
7 kali pencelupan	SiO <sub>2</sub>	20,13947	0,259776	31,06	Heksagonal
	C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>4</sub>	21,65501	0,23933	34,34	Orthorhombic
	C	42,86142	0,227304	37,55	Heksagonal

Berdasarkan Tabel 1, pencelupan 1 kali zat aktif yang dikandung yaitu SiO<sub>2</sub>, kitosan, dan karbon, untuk SiO<sub>2</sub> posisi  $2\theta$  = 21,24331; FWHM = 0,194832; Ukuran kristal D (nm) = 41,49; sistem kristal yang terbentuk *Heksagonal*, untuk kitosan posisi  $2\theta$  = 22,42262; FWHM = 0,194832; Ukuran kristal D (nm) = 41,56; sistem kristal berbentuk *Orthorhombic*, untuk grafena posisi  $2\theta$  = 42,82866; FWHM = 0,259776; Ukuran kristal D (nm) = 32,85; sistem kristal berbentuk *Heksagonal*. Pencelupan 3 kali zat aktif yang dikandung yaitu SiO<sub>2</sub>, kitosan, dan karbon, untuk SiO<sub>2</sub> posisi  $2\theta$  = 20,38421; FWHM = 0,194832; Ukuran kristal D (nm) = 41,43; sistem kristal berbentuk *Heksagonal*, untuk kitosan posisi  $2\theta$  = 22,14653; FWHM = 0,17860; Ukuran kristal D (nm) = 45,72; dan sistem kristal berbentuk *Orthorhombic*, untuk grafena posisi  $2\theta$  = 42,99888; FWHM = 0,259776; Ukuran kristal D (nm) = 32,87, sistem kristal berbentuk *Heksagonal*. Pencelupan 5 kali zat aktif yang terkandung SiO<sub>2</sub>, kitosan, dan karbon,

untuk SiO<sub>2</sub> posisi  $2\theta = 20,08298$ ; FWHM= 0,259776; Ukuran kristal D (nm)= 31,06; dan sistem kristal berbentuk *Heksagonal*, untuk kitosan posisi  $2\theta = 20,64880$ ; FWHM= 0,245304; dan Ukuran kristal D (nm)= 34,38; dan sistem kristal berbentuk *Orthorhombic*, untuk grafena posisi  $2\theta = 42,79915$ ; FWHM=0,259776; Ukuran kristal D (nm)= 32,85; dan sistem kristal berbentuk *Heksagonal*. Pencelupan 7 kali zat aktif yang dikandung yaitu SiO<sub>2</sub>, kitosan, karbon, untuk SiO<sub>2</sub> posisi  $2\theta = 20,13947$ ; FWHM= 0,259776; Ukuran kristal D (nm)= 31,06; dan sistem kristal yang terbentuk *Heksagonal*, untuk kitosan posisi  $2\theta = 21,65501$ ; FWHM= 0,23933; Ukuran kristal D (nm)= 34,38; dan sistem kristal berbentuk *Orthorhombic*, untuk grafena posisi  $2\theta = 42,86142$ ; FWHM= 0,227304; Ukuran kristal D (nm)= 37,55; dan sistem kristal *Heksagonal*. Dari hasil yang didapatkan kesimpulan dimana untuk SiO<sub>2</sub> posisi puncak  $2\theta$  mengalami sedikit perubahan seiring dengan meningkatnya jumlah pencelupan, tetapi FWHM tetap konstan, ukuran kristal yang diperoleh juga hampir tetap konstan, hal ini menunjukkan bahwasanya variasi jumlah pencelupan yang tidak signifikan dapat mempengaruhi ukuran dan sistem kristal SiO<sub>2</sub>. Untuk kitosan mengalami peningkatan pada pencelupan 1 dan 3, namun pada pencelupan 5 dan 7 ukuran kristal mengalami penurunan. Untuk grafena sama halnya dengan SiO<sub>2</sub> yang mana posisi  $2\theta$ , FWHM, dan ukuran kristal tidak menunjukkan perubahan yang signifikan, ukuran kristal yang diperoleh juga hampir konstan, dimana hal ini menunjukkan bahwa jumlah pencelupan tidak mempengaruhi sifat kristal grafena secara signifikan. Adapun bentuk grafik data XRD masing-masing sampel sapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:



**Gambar 1. Grafik hasil uji XRD**

Gambar 3 menunjukkan bentuk grafik hasil uji XRD, yang mana sumbu x merupakan nilai posisi  $2\theta$ , dan sumbu y menunjukkan nilai intensitasnya. Grafik warna hitam menunjukkan hasil pencelupan 1 kali, grafik warna merah menunjukkan hasil untuk pencelupan 3 kali, grafik warna biru menunjukkan hasil pencelupan 5 kali, dan grafik warna hijau menunjukkan hasil pencelupan 7 kali. Beberapa data yang dihasilkan dari grafik di atas terdapat puncak terhadap lapisan komposit  $\text{SiO}_2$ -kitosan-grafena dengan variasi jumlah pencelupan. Untuk  $\text{SiO}_2$  posisi puncaknya tetap stabil yang hanya mengalami sedikit perubahan, pencelupan 1 kali memiliki puncak 25,13 derajat, pencelupan 3 kali memiliki puncak 25,40 derajat, pencelupan 5 kali memiliki puncak 25,12 derajat, dan 7 kali pencelupan memiliki puncak 25,07 derajat. Untuk kitosan posisi puncaknya terlihat sedikit perbedaan, pencelupan 1 kali memiliki puncak 18,09 derajat, pencelupan 3 kali memiliki puncak 20,55 derajat, pencelupan 5 kali memiliki puncak 20,22 derajat, pencelupan 7 kali memiliki puncak 19,89. Untuk grafena hamper sama dengan  $\text{SiO}_2$  yang memiliki posisi puncak stabil, pencelupan 1 kali memiliki puncak 25,41 derajat, pencelupan 3 kali memiliki puncak 25,41 derajat, pencelupan 5 kali memiliki puncak 25,12 derajat, pencelupan 7 kali memiliki puncak 25,07 derajat. Fasa dominan komposit  $\text{SiO}_2$ -kitosan-grafena. Selain itu variasi jumlah pencelupan yang digunakan sangat mempengaruhi lebar puncak yang dihasilkan, dimana setiap variasi jumlah pencelupan mendapatkan lebar puncak yang berbeda-beda. Dari grafik dapat dilihat bahwa penambahan jumlah pencelupan kertas selulosa dengan larutan komposit  $\text{SiO}_2$ -kitosan-grafena cukup signifikan terhadap struktur kristal dan ketebalan lapisan yang terbentuk, dimana pencelupan sebanyak 7 kali menghasilkan lapisan yang paling optimal. Kesimpulan yang didapat yaitu pola XRD menunjukkan bahwa  $\text{SiO}_2$  dan grafena mempunyai struktur yang relatif stabil walaupun jumlah pencelupannya meningkat, sedangkan kitosan memperlihatkan variasi yang lebih besar dalam nilai posisi puncak dan jumlah pencelupan mempengaruhi strukturnya.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terdapat puncak terhadap lapisan  $\text{SiO}_2$ -kitosan-grafena dengan variasi jumlah pencelupan 1, 3, 5, dan 7 kali. Variasi jumlah pencelupan berpengaruh pada lebar puncak yang dihasilkan, setiap variasi pencelupan mendapatkan lebar puncak yang berbeda. Dari hasil karakterisasi XRD didapatkanlah nilai ukuran kristal dari masing-masing yaitu, variasi 1 kali pencelupan  $\text{SiO}_2= 41,49$  nm, kitosan= 41,56 nm, grafena= 32,85 nm, variasi 3 kali pencelupan  $\text{SiO}_2= 41,43$  nm, kitosan= 45,72 nm, grafena= 32,87 nm, variasi 5 kali pencelupan  $\text{SiO}_2= 31,06$  nm, kitosan= 34,38 nm, grafena= 32,85 nm, variasi 7 kali pencelupan  $\text{SiO}_2= 31,06$  nm, kitosan= 34,34 nm, grafena= 37,55 nm.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Yang, Z. Wang, and L. Shao, "Construction of oil-unidirectional membrane for integrated oil collection with lossless transportation and oil-in-water emulsion purification," *J. Memb. Sci.*, vol. 549, pp. 67–74, Mar. 2018, doi: 10.1016/j.memsci.2017.11.071.
- [2] K. N. Fadhila and D. Kartika Maharani, "Preparasi dan Karakterisasi Komposit Kitosan-ZnO sebagai Agen Hidrofobik pada Kain Katun Preparation and Characterization of Chitosan-ZnO as Hydrophobic Agent in Cotton Fabric," 2022.
- [3] T. Prayitno and S. Wahyuni, "Thin Film TiO<sub>2</sub> nanorod-PDMS on Glass Substrate for Self-Cleaning Surface," *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 118–128, 2021.
- [4] A. R. Putri and ) Munasir, "Review: Lapisan Superhidrofobik Berbasis Silika Sebagai Aplikasi Self-Cleaning 1)," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 12, pp. 66–81, 2023.
- [5] A. R. Saputra and D. Dahlan, "Elektrodeposisi Lapisan Kromium dicampur TiO<sub>2</sub> untuk Aplikasi Lapisan Self Cleaning," *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 4, pp. 345–350, 2016, doi: 10.25077/jfu.5.4.345-350.2016.
- [6] J. Heri and A. Syakur, "Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai)," *Transmisi*, vol. 14, no. 1, pp. 20-37–37, 2012.
- [7] Y. Zhang, Z. Zhang, J. Yang, Y. Yue, and H. Zhang, "A review of recent advances in superhydrophobic surfaces and their applications in drag reduction and heat transfer," *Nanomaterials*, vol. 12, no. 1, 2022, doi: 10.3390/nano12010044.
- [8] C. Wang *et al.*, "Efficient oil-water separation by novel biodegradable all cellulose composite filter paper," *Green Energy Environ.*, vol. 8, no. 6, pp. 1673–1682, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.gee.2022.03.013.
- [9] S. F. Soares, M. I. Rodrigues, T. Trindade, and A. L. Daniel-da-Silva, "Chitosan-silica hybrid nanosorbents for oil removal from water," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 532, pp. 305–313, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.04.076.
- [10] D. Nanda, P. Varshney, M. Satapathy, S. S. Mohapatra, and A. Kumar, "Self-assembled monolayer of functionalized silica microparticles for self-cleaning applications," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 529, pp. 231–238, 2017, doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.06.007.
- [11] R. de S. Victor, A. M. da C. Santos, B. V. de Sousa, G. de A. Neves, L. N. de L. Santana, and R. R. Menezes, "A review on Chitosan's uses as biomaterial: Tissue engineering, drug delivery systems and cancer treatment," *Materials*, vol. 13, no. 21. MDPI AG, pp. 1–71, Nov. 01, 2020. doi: 10.3390/ma13214995.
- [12] A. Pousette *et al.*, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, vol. 39, no. 1. 2014.
- [13] Y. Rafitasari, H. Suhendar, N. Imani, F. Luciana, H. Radean, and I. Santoso, "Sintesis Graphene Oxide Dan Reduced Graphene Oxide," Universitas Negeri

- Jakarta, 2016, pp. SNF2016-MPS-95-SNF2016-MPS-98. doi: 10.21009/0305020218.
- [14] S. Nengsi and H. Sanjaya, "Pengaruh Variasi Monoethanolamine dan Jumlah Pelapisan terhadap Band Gap Lapis Tipis CuSnO<sub>3</sub>," *Asian J. Sci. Technol. Eng. Art*, vol. 1, no. 2, pp. 305–313, Nov. 2023, doi: 10.58578/ajstea.v1i2.2047.
- [15] K. N. Wahyusi, M. Y. Setiajie, and M. Nofianto, "Pelapisan Kain Dryfit Dengan Tetraetilortosilikat Dryfit Fabrica Coating With Tetraetilortosilicate ( Teos ) and Nonacosanediods As Hydrophobic Material," *J. Tek. Kim. Univ. Pembang. Nas. "Veteran" Jawa Timur*, vol. Vol. 17, pp. 34–40, 2022.