

SINTESIS LAPISAN *HYDROPHOBIC* NANOKOMPOSIT MANGAN OKSIDA/POLYSTYRENE (MnO₂/PS) UNTUK APLIKASI SELF CLEANING

Tia Adriany Putri^{*)}, Ratnawulan, dan Ramli

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Jalan Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang 25131

^{*)}tiadriany40@gmail.com

ABSTRACT

The ability of a self-cleaning surface is widely used as a surface coating such as glass, buildings, textiles, ceramics, and so on. This mechanism is called self-cleaning. The self-cleaning mechanism of the hydrophobic substrate surface is based on the effect of the lotus leaf. The surface of the substrate with a lotus leaf effect makes the impurities accumulated on the surface of the substrate fall due to water repulsion. The purpose of this research is to investigate the synthesis of hydrophobic coating of MnO₂ / PS nanocomposites which is expected to be utilized as a surface self-cleaning application. The result of this research is the synthesis of hydrophobic coating of MnO₂ / PS nanocomposites shows a large change of contact angle. Where the contact angle increased during the temperature of 25-300 °C, then decreased to 400 °C.

Keywords : Hydrophobic, contact angle, nanocomposite, polystyrene(PS), mangan oxide(MnO₂).

PENDAHULUAN

Di alam terdapat tumbuhan yang memiliki sifat anti air. Tumbuhan tersebut adalah teratai (lotus), tumbuhan ini memiliki sifat sangat anti air (*superhydrofobic*) yang mempunyai sudut kontak lebih besar dari 150°, dimana air yang jatuh berbentuk bola dan menggelinding. Ahli botani yang mempelajari fenomena ini menemukan bahwa daun teratai memiliki mekanisme pembersihan diri secara alami. Struktur mikroskopik dan kimia permukaannya menyebabkan dedaunan teratai tidak pernah dapat basah, malah butir-butiran air akan menggumpal pada permukaan daun, mengambil lumpur, serangga dan bahan-bahan pengotor lainnya bersamanya. Fenomena ini dikenal sebagai *efek lotus*^[1].

Baru-baru ini, permukaan superhydrofobik dengan Contact Angle (CA) lebih besar dari 150° yang terinspirasi oleh daun teratai telah menarik banyak perhatian peneliti. Metode fabrikasi permukaan superhydrofobik yang diperoleh melalui, modifikasi struktur hirarki mikro dan/atau nano pada suatu substrat atau dengan modifikasi struktur permukaan dengan material yang memiliki energi permukaan rendah. Energi permukaan yang rendah akan menurunkan *wettability* (kebasahan) permukaan padatan sehingga akan dihasilkan permukaan dengan sifat hidrofobik. Selain itu, semakin kasar morfologi permukaan juga dapat menyebabkan kenaikan hidrofobisitas permukaan material tersebut^[2].

Dalam pengaplikasiannya, nanopartikel mangan oksida memiliki kelebihan dibandingkan oksida mangan biasa. Karena material berukuran nanometer memiliki sifat yang kaya karena menghasilkan sifat yang tidak dimiliki oleh material berukuran besar. Sejumlah sifat tersebut dapat

diubah-ubah melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan dan pengontrolan interaksi antar partikel. Berbagai cara dilakukan untuk memodifikasi material-material tersebut untuk mempermudah pekerjaan manusia, salah satunya dengan teknologi rekayasa permukaan yang tidak perlu dibersihkan dalam penggunaannya atau lebih dikenal dengan material yang mempunyai sifat *self cleaning*^[3].

Self cleaning adalah kemampuan suatu permukaan yang dapat membersihkan dirinya sendiri. Mekanisme self cleaning dari permukaan substrat yang bersifat hidrofobik didasarkan pada efek lotus. Sifat hidrofobik memanfaatkan perpaduan antara sifat permukaan dengan kekasaran (*roughness*), semakin kasar morfologi permukaan dapat menyebabkan kenaikan hidrofobisitas permukaan material tersebut^[4].

Fenomena self cleaning dapat diamati pada kemampuan daun lotus dalam membersihkan diri dari kotoran dan debu. Teknologi self cleaning banyak dimanfaatkan sebagai pelapis permukaan seperti kaca, bangunan, tekstil, keramik, dan sebagainya. Teknologi self cleaning mempermudah perawatan sehingga biayanya jadi lebih murah. Salah satu contoh aplikasi self cleaning dapat dilihat pada gambar dibawah ini.^[5]

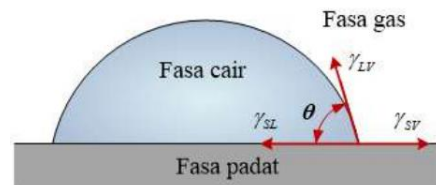


Gambar 1. Kaca spion, atas: tidak dilapisi lapisan nano self-cleaning, bawah: dilapisi lapisan nano self-cleaning, dan uji coba kaca jendela bangunan^[5].

Gambar 1 merupakan contoh dari aplikasi self cleaning, terlihat bahwa kaca yang tidak dilapisi dengan lapisan nano self-cleaning terdapat bercak air hujan yang menempel pada kaca (kaca mengembun), sedangkan kaca yang dilapisi dengan TiO_2 bersih tanpa adanya bercak air hujan, hal ini dikarenakan sifat *hydrophobic* yang dimilikinya.

Hydrophobic dapat diartikan sebagai sifat takut air atau anti air. Suatu permukaan dikatakan bersifat *hydrophobic* jika memiliki sudut kontak besar 90° . Suatu permukaan dapat dikatakan bersifat *hydrophobic* jika memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik permukaan yang bersifat *hydrophobic* diantaranya memiliki sifat anti basah, senantiasa terlihat bersih, memiliki sudut kontak besar dari 90° ^[6]. Bhusan (2009) juga menyimpulkan bahwa sifat *hydrophobic* dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dan sudut kontak.

Terdapat tiga model yang mampu menjelaskan analisa kebasahan suatu material, yaitu Model Young, Model Wenzel, dan Model Cassie-Baxter. Tingkat kebasahan pada suatu material sangatlah kompleks karena dipengaruhi oleh faktor kekasaran dan sifat kimianya, sehingga sudut kontak tidak bisa diasumsikan dengan model Young yang mengasumsikan air menetes pada permukaan yang halus dan datar secara sempurna, seperti Gambar 2^[7].



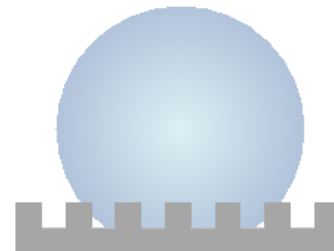
Gambar 2. Ilustrasi model Young^[8]

Model Young dapat dilihat pada persamaan (1) sebagai berikut:

$$\cos \theta = \frac{(\gamma_{SV} - \gamma_{SL})}{\gamma_{LV}} \quad (1)$$

Wenzel memperkenalkan persamaan untuk menjelaskan hubungan sudut kontak pada permukaan kasar homogen. Besarnya area kontak akan semakin berkurang seiring dengan bertambah kasarnya permukaan, Gambar 3 memperlihatkan keadaan ini^[9].

Besar area kontak akan semakin berkurang seiring dengan bertambah kasarnya permukaan dan sudut kontak akan bertambah. Namun, hal ini bergantung pada sifat asli permukaan itu sendiri. Pada permukaan *hydrophobic*, kekasaran permukaan akan mengakibatkan bertambah besarnya sudut kontak, sehingga permukaan akan semakin menolak air. Sedangkan pada permukaan *hydrophilic*, penambahan kekasaran hanya akan menyebabkan sudut kontak semakin menurun dan permukaan semakin mudah menyerap air^[10].



Gambar 3. Ilustrasi model Wenzel^[8]

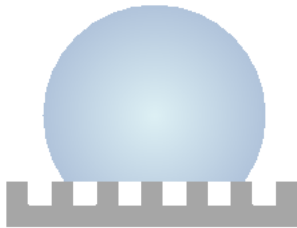
Persamaan model Wenzel dapat dilihat pada persamaan (2) berikut:

$$\cos \theta = R_f \cos \theta_0 \quad (2)$$

dengan $R_f = \frac{A_{SL}}{A_F}$ dimana A_{SL} adalah area kontak antara padatan (solid) dan cairan (liquid). R_f

merupakan faktor kekasaran bidang dan A_F adalah proyeksi area pada bidang datar. Salah satu ciri khas dari model Wenzel adalah asumsi *hydrophobic* yang disebabkan adanya kekasaran, sehingga persamaan untuk sudut kontak pada permukaan kasar model Wenzel, didapati faktor r "rasio kekasaran".

Pada permodelan Cassie-Baxter sering disebut dengan model kantung udara dan memiliki tingkat kebasahan yang heterogen. Keadaan ini menjelaskan adanya udara yang terjebak pada saat air diteteskan ke permukaan (terlihat pada Gambar 8). Cassie-Baxter menjelaskan hubungan sudut kontak dengan permukaan kasar heterogen, seperti hal permukaan daun teratai. Pada permukaan kasar heterogen, terdapat dua fraksi permukaan. Pertama dengan fraksi area f_1 dan sudut kontak θ_1 dan yang lainnya f_2 dan θ_2 , dimana fraksi total, $f_1 + f_2 = 1$ ^[11].



Gambar 4. Ilustrasi model Cassie-Baxter^[8]

Untuk permukaan kasar heterogen atau permukaan komposit seperti Gambar 4, yang terdiri dari fraksi *solid-liquid* ($f_1 = f_{SL}$, $\theta_1 = \theta_0$) dan fraksi *liquid-air* ($f_2 = f_{LA}$, $\theta_2 = -1$). Persamaan Cassie-Baxter diungkapkan oleh persamaan berikut^[11]:

$$\cos \theta = R_f f_{SL} \cos \theta_0 - 1 + f_{SL} \quad (3)$$

atau

$$\cos \theta = R_f \cos \theta_0 - f_{LA} (R_f \cos \theta_0 + 1) \quad (4)$$

dimana R_f merupakan faktor kekasaran bidang, f_{LA} merupakan fraksi liquid-air dan f_{SL} merupakan *solid-liquid*.

Suhu pemanasan berpengaruh terhadap sudut kontak hidrofobik. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin besar sudut kontak dan kemampuan permukaan menahan air akan semakin meningkat. Ini disebabkan saat proses pemanasan berlangsung terjadi penggabungan tonjolan-tonjolan partikel melalui peningkatan ikatan antar partikel yang berdekatan pada saat suhu meningkat^[7].

Hal inilah yang membuat permukaan menjadi hidrofobik atau tahan air. Partikel primer diawali dengan adanya interaksi elektrostatis antar molekul dan terbentuk dalam orde nano. Ketika suhu tinggi, partikel-partikel tersebut cenderung beraglomerasi menjadi partikel sekunder. Partikel-partikel tersebut kemudian meng-*cluster* menjadi orde yang lebih besar dalam ukuran mikro.

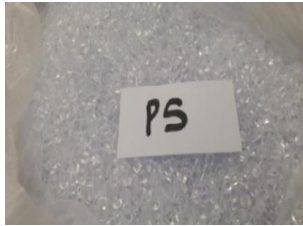
Variasi temperatur digunakan untuk mengetahui pengaruh distribusi ukuran partikel yang dihasilkan yaitu semakin tinggi temperatur, maka semakin besar pula ukuran partikel. Ukuran distribusi partikel yang kecil akan memberikan pengaruh pada kekasaran yang besar. Sehingga akan ada sedikit interaksi antara padatan dengan cairan dan semakin besar interaksi antara cairan dengan udara. Keadaan ini mempengaruhi tingkat hidrofobisitas permukaan dimana kekasaran yang tinggi akan membuat sudut kontak semakin besar. Sebaliknya, tingkat kekasaran yang rendah akan menyebabkan sudut kontak yang terbentuk semakin kecil^[6].

Paper ini menjelaskan tentang pengaruh suhu pemanasan terhadap sudut kontak nanokomposit MnO_2/PS untuk aplikasi self cleaning. Informasi ini penting untuk aplikasi kehidupan sehari-hari karena dalam kehidupan sehari-hari permukaan hidrofobik ini dapat dimanfaatkan pada benda-benda yang berada di luar ruangan, karena mekanismenya akan dibantu oleh adanya air hujan. Air hujan akan menempel pada permukaan benda yang bersifat hidrofobik dan membentuk spheris. Hal ini mengakibatkan pengotor yang menempel pada permukaan benda akan menempel pada air hujan dan akan tergulung bersama dengan air hujan sehingga permukaan benda menjadi bersih. Pemanfaatan sifat hidrofobik ini dapat menghemat biaya perawatan benda dan penggunaan pembersih seperti deterjen yang dapat mencemari lingkungan^[12].

METODE PENELITIAN

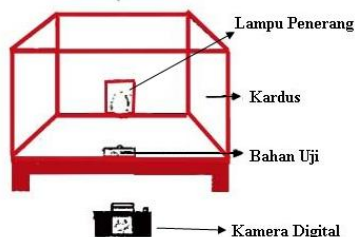
Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari-Mei 2018 di Laboratorium Fisika Material dan Biofisika Jurusan Fisika dan Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang. Pada penelitian ini, alat yang digunakan adalah gelas beker, gelas ukur, magnetic stirrer, furnace, kaca ukuran 1 x 1 cm, kamera DSLR, lampu, suntik, tisu, *Spin Coating*, *High Energy Milling Ellipse 3D* (HEM-E 3D), Scanning Electron Microscop (SEM). Sedangkan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah serbuk mangan yang diperoleh dari Nagari Kiawai Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat pada suhu 26°C, Tetrahydrofuran (THF), dan Polystyrene (PS). Bentuk serbuk mangan, THF, dan PS diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Serbuk Mangan (MnO_2)

Serbuk mangan yang digunakan berwarna hitam. Serbuk ini di-*milling* menggunakan HEM-E 3D selama 16 jam. Tahap selanjutnya adalah pembuatan lapisan hidrofobik nanokomposit Mangan Oksida/Polystyrene (MnO_2/PS) dengan 0,1 g polystyrene (PS) dilarutkan dalam 10 mL tetrahidrofur (THF) diaduk dengan magnetik stirrer hingga homogen. Selanjutnya nanopartikel MnO_2 0,4 g dicampur dengan larutan PS. Campuran kemudian diaduk selama 60 menit dengan magnetik stirrer. Selanjutnya larutan nanokomposit Mangan Oksida/Polystyrene (MnO_2/PS) diteteskan diatas kaca yang akan menjalani proses spin coating selama 60 detik dengan kecepatan putar 50 rpm. Lapisan nanokomposit Mangan Oksida/Polystyrene (MnO_2/PS) yang telah terbentuk, selanjutnya di furnace dengan variasi suhu $25^\circ C$, $60^\circ C$, $100^\circ C$, $140^\circ C$, $180^\circ C$, $200^\circ C$, $300^\circ C$ dan $400^\circ C$ selama 60 menit. Selanjutnya kedelapan sampel yang telah dikeringkan tadi diuji sudut kontak.

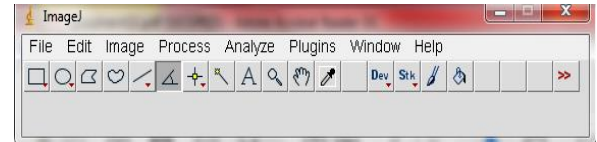
Pengukuran sudut kontak dilakukan dengan meneteskan air pada permukaan sampel dengan gambar diambil dengan kamera DSLR. Pada metode ini sudut kontak ditentukan menggunakan Software ImageJ untuk menghindari kesalahan paralaks saat pengukuran. Pembuatan rangkaian alat memfoto sudut kontak dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Alat Memfoto Sudut Kontak

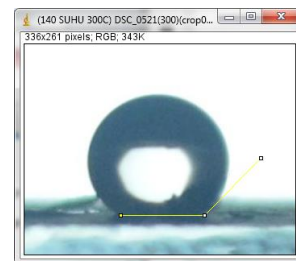
Gambar 7. Memperlihatkan rangkaian alat untuk memfoto sudut kontak, dimana kardus dilobangi antara depan dan belakang, lalu lobang kardus di bagian belakang diberi tisu untuk menghalangi cahaya langsung ke sampel. Kamera DSLR, sampel, dan lampu ditempatkan sejajar untuk mendapatkan hasil foto sudut kontak. Cara memotret foto sudut kontak dengan meneteskan air pada permukaan sampel, setelah itu hasil tetesan air pada

permukaan sampel dipotret untuk melihat apakah permukaan sampel tersebut bersifat hidrofobik atau tidak. Metode yang digunakan untuk pengukuran adalah mengamati profile dari droplet pada permukaan sampel dan mengukur secara 2 dimensi sudut yang terbentuk.



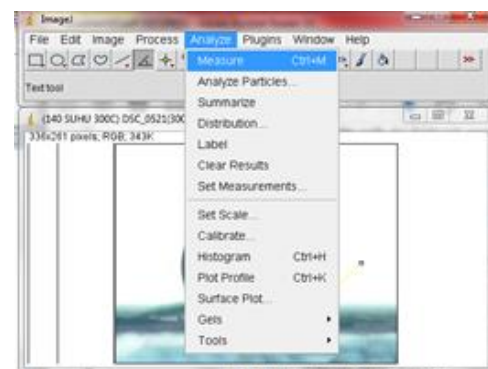
Gambar 7. Tampilan software imageJ

sudut kontak ditarik garis yang membentuk sudut antara fluida dengan permukaan sampel terlebih dahulu dengan memilih "angle tool" pada tampilan Gambar 7 yang berfungsi untuk mengukur sudut pada droplet.



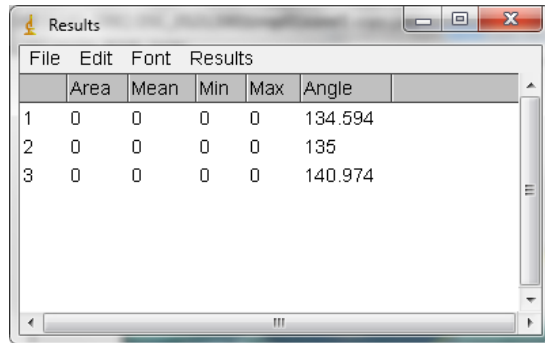
Gambar 8. Mengukur sudut pada droplet menggunakan ImageJ

Lalu tarik garis berwarna kuning seperti pada Gambar 8 sehingga membentuk sudut pada droplet.



Gambar 9. Tampilan untuk mengukur nilai sudut pada ImageJ

Untuk mengetahui nilai sudut maka pilih "Analyze" lalu pilih "Measure" seperti pada Gambar 9.



	Area	Mean	Min	Max	Angle
1	0	0	0	0	134.594
2	0	0	0	0	135
3	0	0	0	0	140.974

Gambar 10. Tampilan hasil pengukuran menggunakan ImageJ

Lalu akan muncul tampilan seperti pada Gambar 10 setelah melakukan beberapa kali pengukuran. Lalu hasil tersebut dicari rata-ratanya. Pengukuran tersebut dapat dilakukan berkali-kali agar mendapatkan nilai yang pasti dan sering muncul untuk mengurangi *error* akibat penglihatan manusia.

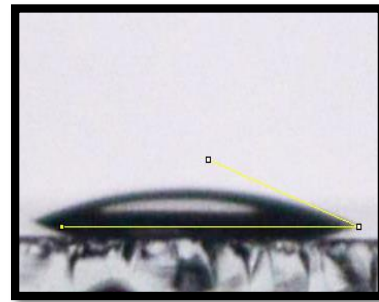
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian sudut kontak dilakukan dengan variasi suhu 25°C, 60°C, 100°C, 140°C, 180°C, 200°C, 300°C dan 400°C. Pengukuran sudut kontak ini penting dilakukan untuk mengetahui lapisan pada suhu berapa yang lebih bersifat *hydrophobic*. Permukaan yang bersifat *hydrophobic* memiliki sudut kontak besar dari 90⁰[11]. Sesuai dengan kesimpulan penelitian Bhusan yang menyimpulkan bahwa sifat *hydrophobic* dipengaruhi oleh faktor kekasaran dan sudut kontak yang dihasilkan.

Besarnya sudut kontak yang dihasilkan pada suhu 25°C, 60°C, 100°C, 140°C, 180°C, 200°C, 300°C dan 400°C dapat dilihat pada Gambar 11-19.

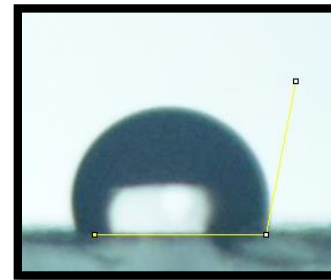
Sifat hidrofobik suatu permukaan dapat dilihat dari parameter pengujian sudut kontak air. Setelah didapatkan nilai sudut kontak dari air yang ditetaskan di atas lapisan komposit PS/MnO₂, maka dilakukan pengamatan sudut kontak pada lapisan yang diberi perlakuan panas. Pemberian variasi suhu 25°C, 60°C, 100°C, 140°C, 180°C, 200°C, 300°C dan 400°C masing-masing selama 30 menit memperlihatkan adanya perubahan besar sudut kontak.

Ukuran sudut kontak pada sampel cenderung naik setiap penambahan suhu pemanasan. Pada suhu 60°C sudut kontak yang terbentuk adalah 102° tidak terlihat perubahan yang signifikan dari sudut kontak lapisan yang tidak diberi perlakuan panas (suhu 25°C), yaitu 100°. Pada suhu 100°C, 140°C dan 180°C perubahan sudut kontak, hanya sebesar 5°, yaitu sebesar 109°, 114° dan 119°. Saat lapisan dipanaskan pada suhu 200°C, perubahan sudut kontak mencapai 130°. Sedangkan sampel yang diberi perlakuan panas pada suhu 300°C mencapai sudut kontak yang tinggi, yaitu 140°.



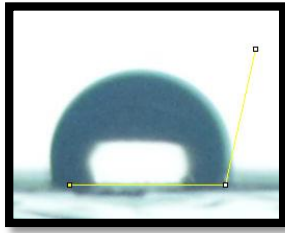
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
20.045	23.757	21.901
19.208	19.784	19.496
18.02	17.592	17.806
19.921	18.728	19.3245
20.98	20.996	20.988
Rata-rata		19.9031

Gambar 11. Foto sudut kontak pada kaca tanpa lapisan nanokomposit MnO₂/PS dan table perhitungan besar sudut kontak



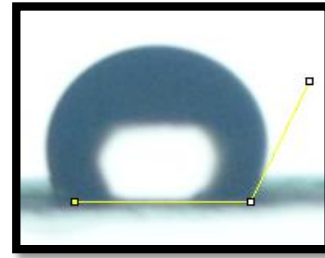
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
101.499	100.151	100.825
99.964	98.319	99.1415
99.955	99.217	99.586
101.237	100.896	101.0665
100.431	99.137	99.784
Rata-rata		100.0806

Gambar 12. Foto sudut kontak pada suhu 25°C dan table perhitungan besar sudut kontak



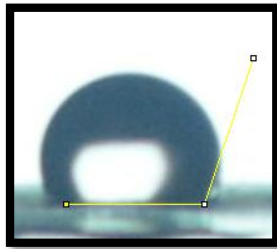
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
103.016	103.023	103.0195
101.234	101.503	101.3685
100.531	101.049	100.79
101.583	101.395	101.489
103.464	102.139	102.8015
Rata-rata		101.8937

Gambar 13. Foto sudut kontak pada suhu 60°C dan table perhitungan besar sudut kontak



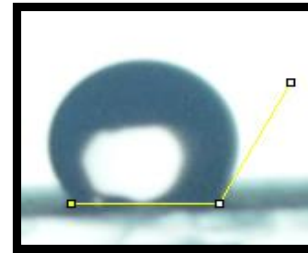
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
116.186	113.488	114.837
114.797	117.474	116.1355
115.066	116.565	115.8155
114.251	115.278	114.7645
115.629	114.029	114.829
Rata-rata		115.2763

Gambar 15. Foto sudut kontak pada suhu 140°C dan table perhitungan besar sudut kontak



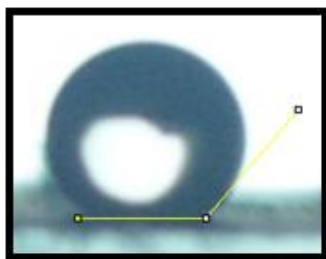
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
107.136	111.701	109.4185
110.098	109.654	109.876
111.493	109.496	110.4945
110.515	111.448	110.9815
110.138	109.344	109.741
Rata-rata		110.1023

Gambar 14. Foto sudut kontak pada suhu 100°C dan table perhitungan besar sudut kontak



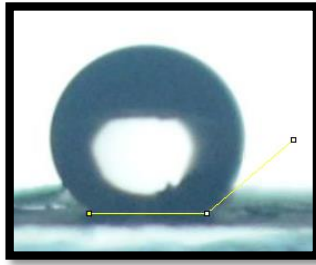
Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
118.207	117.211	117.709
120.319	119.418	119.8685
119.644	120.727	120.1855
121.004	118.56	119.782
120.89	119.025	119.9575
rata-rata=		119.5005

Gambar 16. Foto sudut kontak pada suhu 180°C dan table perhitungan besar sudut kontak



Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
131.987	130.101	131.044
131.091	129.472	130.2815
131.679	130.506	131.0925
131.186	129.629	130.4075
130.941	131.295	131.118
rata-rata=		130.7887

Gambar 17. Foto sudut kontak pada suhu 200°C dan table perhitungan besar sudut kontak



Sudut Kontak		
Hasil Pengukuran		Hasil Perhitungan
θ kiri	θ kanan	θ
140.064	141.603	140.8335
142.331	140.194	141.2625
138.289	140.974	139.6315
140.896	138.715	139.8055
140.001	139.154	139.5775
rata-rata=		140.2221

Gambar 18. Foto sudut kontak pada suhu 300°C dan table perhitungan besar sudut kontak



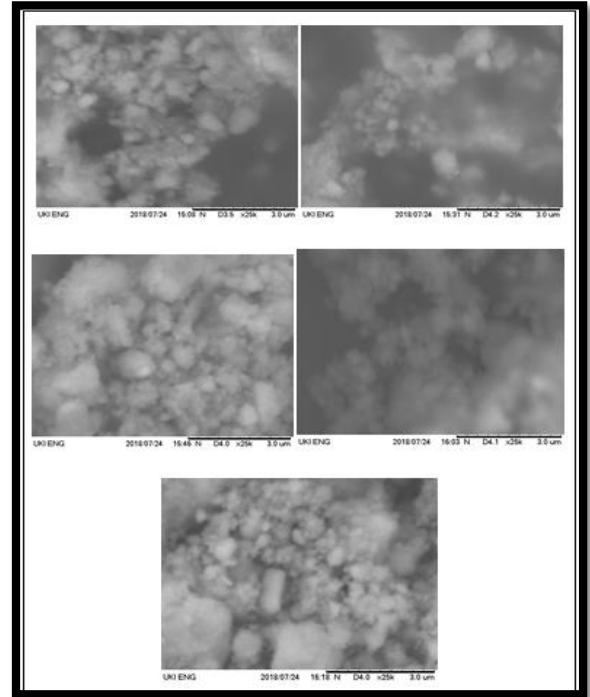
Hasil pengukuran	
θ kiri (°)	θ kanan (°)
0°	0°

Gambar 19. Foto sudut kontak pada suhu 400°C dan table perhitungan besar sudut kontak

Hal ini terjadi karena adanya tingkat kekasaran yang tinggi. Namun pada suhu 400°C, permukaan menjadi hidrophilik karena melelehnya matriks PS yang menyebabkan nanopartikel MnO₂ naik ke permukaan dan volume udara yang terperangkap dalam struktur nano menurun yang menyebabkan penurunan sudut kontak. Sifat fisik permukaan akan mempengaruhi sifat hidrofobik material, bahan yang dilapisi oleh material berukuran nano dapat bersifat hidrofobik bahkan superhidrofobik, hal ini karena material berukuran nano mempunyai luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan material berukuran bulk^[3].

Variasi suhu terhadap morfologi lapisan hidrofobik sangat berpengaruh terhadap distribusi ukuran partikel, dimana semakin kecil ukuran distribusi partikel maka akan memberikan pengaruh pada kekasaran yang besar. Namun dengan ukuran distribusi partikel yang besar maka akan memperkecil luas permukaan spesifik (luas permukaan per satuan massa). Kekasaran yang

sedikit ini yang akan menghasilkan interaksi yang besar terhadap air. Sehingga permukaan akan cenderung terbasahi karena air tidak dalam keadaan setimbang.



Gambar 20. Perbedaan bentuk morfologi nanokomposit MnO₂/PS pada setiap variasi suhu pemanasan dengan perbesaran 25000X. (a) sebelum pemanasan (25°C), (b) 100°C, (c) 200°C, (d) 300°C dan (e) 400°C

Morfologi hasil pengujian SEM pada permukaan dengan filler mangan kalsinasi 25°C, 100°C, 200°C, 100°C, dan 400°C. dimana pada suhu tersebut ukuran distribusi partikel rata-ratanya adalah 467,25 nm, 444,6 nm, 472,5 nm, 418,5 nm, dan 480 nm. Adanya variasi temperatur dalam penelitian ini dapat diketahui pengaruh distribusi ukuran partikel yang dihasilkan yaitu semakin tinggi temperatur, maka semakin besar pula ukuran partikel. Ukuran distribusi partikel yang kecil akan memberikan pengaruh pada kekasaran yang besar. Sehingga akan ada sedikit interaksi antara padatan dengan cairan dan semakin besar interaksi antara cairan dengan udara. Hal ini sesuai dengan model Cassie. Pada penelitian ini diketahui lapisan dengan mangan hasil kalsinasi 300°C memiliki sudut kontak air yang paling tinggi yaitu 140°.

Terdapat banyak tonjolan yang membuat setiap partikel memiliki kekasaran tinggi. Tonjolan-tonjolan tersebut merupakan partikel MnO₂ dengan orde nano yang beraglomerasi. Struktur lapisan nanokomposit MnO₂/PS ini berpengaruh pada tingkat hidrofobisitas. Karena pada saat air diteteskan ke permukaan substrat, udara terjebak di tengah-tengah kekasaran tersebut. Sehingga sesuai dengan model Cassie-Baxter, semakin kecil luas permukaan partikel

yang berinteraksi dengan air menyebabkan sudut kontak yang terbentuk semakin besar. Hal inilah yang menyebabkan permukaan menjadi *hydrophobic* atau anti air^[7].

KESIMPULAN

Pemberian waktu *milling* yang diberikan menghasilkan reduksi ukuran partikel sampel dan menghasilkan distribusi ukuran partikel yang semakin kecil serta munculnya fasa baru seiring meningkatnya waktu penggilingan. Lapisan nanokomposit MnO₂/PS yang terdeposisi pada substrat kaca sudah bersifat hidrofobik ditandai dengan ukuran sudut kontak melebihi 90°. Pada material nanokomposit hidrofobik MnO₂/PS setelah mengalami pemanasan antara 25-400°C dapat disimpulkan:

- Sudut kontak mengalami kenaikan pada saat temperatur 25-300°C, kemudian mengalami penurunan pada saat temperatur 400 °C.
- Sudut kontak tertinggi didapatkan pada suhu 300°C sebesar 140° (*hydrophobic*) dan terendah pada saat suhu 400°C sebesar 0° (*hydrophilic*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemristekdikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Proyek Penelitian Hibah Pascasarjana Nomor kontrak 1613/UN35.2/PG/2017, analis laboratorium jurusan fisika dan kimia Universitas Negeri Padang, analis laboratorium SEM Universitas Kristen Indonesia, dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Maulidya, D., 2012, Pengaruh Temperatur Terhadap Morfologi Lapisan Hidrofobik TiO₂ pada Substrat Kaca yang Ditumbuhkan dengan Metode Dip Coating, *Skripsi S-1 Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan*, Medan.
- Xu, Xianghui, Zhaozhu Zhang, Fang Guo, Jin Yang, Xiaotao Zhu, Xiaoyan Zhou, Qunji Xue. 2012. *Fabrication Of Bionic Superhydrophobic Manganese Oxide/Polystyrene Nanocomposite Coating*. *Journal of Bionic Engineering* 9 (2012) 11-17
- Abdullah, Mikrajuddin. 2008. "Sintesis Nano material." *Jurnal Nanosains dan Teknologi* Vol. 1 No. 2. Himpunan Riset Material Indonesia.
- Wang, G., Yang, J. and Shi, Q., 2011, Preparation of Transparent Ultrahydrophobic Silica Film by Sol-Gel Process, *Journal Coating Technology Research*, 8, 53-60.
- Swagata Banerjee, Dionysios D.Dionysiou, Suresh C.Pillai, Self-cleaning applications of TiO₂ by photo-induced hydrophilicity and photocatalysis, *Applied Catalysis B, Environmental* <http://dx.doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.03.058>
- Feng, Lin, dkk. 2002. *Super – Hydrophobic Surfaces From Natural to Artificial*. *Advanced Materials*, Vol 14, No. 24, Desember 2002.
- Irawati, A, F., dan Zainuri, M., 2016. *Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Pada Lapisan Hydrophobic Komposit PDMS/SiO₂ dengan Fasa Silika Kristobalit*. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS* Vol. 5, No.1, (2016) 2337-3520 (2301-928X Print)
- Wenten I G, Nurul F Himma, Sofiatun Anisah, Nicholas Prasetya. 2014. *Membran superhidropobik, pembuatan, karakterisasi dan aplikasi*. Bandung: ITB
- Gusrita, Dahlia., Ratnawulan, dan Gusnedi, 2014, Pengaruh Viskositas Fluida Terhadap Sifat *Hydrophobic* dari berbagai macam daun, *PILLAR OF PHYSICS, VOL. 1. APRIL 2014, 09-16*
- Lathe, Sanjay Subhash. 2012. *Recent Progress in Preparation of Superhydrophobic Surfaces*. *Jsemat, Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 2, Hlm. 76-94, April 2012.
- Bhusan, Bharat, dkk. 2009. *Micro-, nano- and hierarchica structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion*. *Journal of Phil. Trans. Royal Society R. Soc. A* (2009) 367.
- Sas, L, Gorga, R. E., Joines, J.A., 2012, Literature Review on Superhydrophobic Self-Cleaning Surface Produced by Electrospinning, *Journal of Polymer Science*, 1-22