PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ASAM STEARAT PADA LAPISAN SiO_2-MnO_2/PE TERHADAP SIFAT HIDROFOBIK DAN KETAHANAN LAPISAN

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains

Oleh:
ADAM AGUSTIO RAHMAD
NIM: 18034098

PRODI FISIKA KONSENTRASI MATERIAL
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERISTAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ASAM STEARAT PADA LAPISAN SiO_2MnO_3/PE TERHADAP SIFAT HIDROFOBIK DAN KETAHANAN LAPISAN

Nama	: Adam Agustio Rahmad
NIM	: 18034098
Program Studi	: Fisika
Departemen	: Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 24 Agustus 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Fisika

Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:
Pembimbing

Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 196901201993032002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama	: Adam Agustio Rahmad
NIM	: 18034098
Program Studi	: Fisika
Departemen	: Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ASAM STEARAT PADA LAPISAN SiO_2MnO_2/PE TERHADAP SIFAT HIDROFOBIK DAN KETAHANAN LAPISAN

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, 24 Agustus 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Prof. Dr. Ratnawulan, M.Si.	1.
2. Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.	2.
3. Anggota	: Dr. Ramli, S.Pd., M.Si.	3.

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	: Adam Agustio Rahmad
NIM/TM	: 18034098/2018
Program Studi	: Fisika
Jurusan	: Fisika
Fakultas	: FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul : "Pengaruh Waktu Perendaman Asam Stearat Pada Lapisan SiO_2MnO_2/PE Terhadap Sifat Hidrofobik dan Ketahanan Lapisan" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan,

Adam Agustio Rahmad

NIM. 18034098

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN ASAM STEARAT PADA LAPISAN SiO_2-MnO_2/PE TERHADAP SIFAT HIDROFOBIK DAN KETAHANAN LAPISAN

Adam Agustio Rahmad

ABSTRAK

Permasalahan yang sering terjadi dibidang industri yaitu korosi. Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi dengan pemakaian inhibitor. Penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi. Ada juga metoda proteksi yaitu Penggunaan pelapisan berbasi polimer yang dapat memberikan sifat penghalang yang baik bagi substrat dan menghasilkan permukaan yang bersifat hidrofobik. Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu *spin coating*, untuk bahan yang digunakan yaitu mangan yang memiliki sifat penghambat korosi dan silika memiliki sifat hidrofobik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE yang diperkuat Asam Stearat terhadap ketahanan lapisan yang bersifat hidrofobik.

Penelitian ini jenisnya yaitu eksperimen, dan alat yang digunakan yaitu HEM-3D (*High Energy Milling Elips-3D Mention*), XRD (*X-Ray Difraction*), SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan FTIR (*Fourier Taransformed Infrared*). Kemudian membuat lapisan dengan mencampurkan 0,2gr *Polyethylene* (PE) 0,1gr *Tetraetil Ortosilikat* (TEOS), 20 ml *xylene* yang dicampur dengan komposisi silika sebanyak 0,1gr dan mangan 0,1gr dengan temperatur 125^0C waktu pengadukan selama 35 menit dan kecepatan pengadukan dikontrol hingga 600 rpm. Untuk pengujian sudut kontak, diambil menggunakan kamera DSLR dan pengujian ketahanan lapisan menggunakan larutan NaCl 1%.

Hasil dari penelitian ini adalah lapisan hidrofobik menunjukan pengaruh dari variasi waktu perendaman terhadap sudut kontak dan ketahanan lapisan SiO_2MnO_2/PE yang diperkuat Asam Stearat. Untuk hasil sudut kontak tertinggi diperoleh pada waktu perendaman 1 menit yaitu sebesar 141.15^0 dan untuk ketahanan lapisan menggunakan laju peluruhan sudut kontak, untuk hasil yang optimum yaitu pada perendaman 5 menit dan laju peluruhan yang terbentuk sebesar 0,018/harinya.

Kata kunci: *Hidrofobik , Ketahanan Lapisan, Asam Stearat, Silika Oksida (SiO_2), dan Mangan Oksida (MnO_2).*

THE EFFECT OF STEARIC ACID SOAKING TIME ON THE LAYER OF SiO_2-MnO_2/PE ON THE PROPERTIES HYDROPHOBIC AND COATING RESISTANCE

Adam Agustio Rahmad

ABSTRACT

The problem that often occurs in the industrial sector is corrosion. Corrosion cannot be prevented but its rate can be reduced by the use of inhibitors. The use of inhibitors is one of the most effective ways to prevent corrosion. There is also a protection method, namely the use of polymer-based coatings that can provide good barrier properties to the substrate and produce a hydrophobic surface. In this study, the method used is the spin coating, for the materials used are manganese which has corrosion inhibitory properties, and silica which has hydrophobic properties. This study aims to determine the effect of variations in immersion time of SiO2MnO2/PE composites reinforced with Stearic Acid on hydrophobic iron surfaces.

This type of research is experimental, and the tools used are HEM-3D (High Energy Milling Ellipse-3D Mention), XRD (X-Ray Diffraction), SEM (Scanning Electron Microscope), and FTIR (Fourier Transformed Infrared). Then make a layer by mixing 0.2gr Polyethylene (PE) 0.1gr Tetraethyl Orthosilicate (TEOS), 20 ml xylene mixed with 0.1gr silica composition, and 0.1gr manganese with a temperature of 1250C, stirring time for 35 minutes and stirring speed controlled up to 600 rpm. For testing the contact angle, taken using a DSLR camera and corrosion resistance testing using 1% NaCl solution.

The result of this research is that the hydrophobic layer shows the effect of variations in immersion time on the contact angle and resistance of the SiO2MnO2/PE layer reinforced with Stearic Acid. For the highest contact angle results obtained at 1 minute of immersion, which is 141.15^0, and for coating resistance using the contact angle decay rate, for optimum results, namely 5 minutes of immersion and the decay rate formed is 0.018/day.

Keywords: *Hydrophobic, coating resistance, Stearic Acid, Silica Oxide (SiO_2), and Manganese Oxide (MnO_2).*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Pengaruh Waktu Perendaman Asam Stearat Pada Lapisan SiO_2-MnO_2/PE Terhadap Sifat Hidrofobik dan Ketahanan Lapisan** ".

Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun dan membantu.

Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak baik bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., selaku pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran, dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si dan Bapak Dr. Ramli, S.Pd, M.Si selaku dosen penguji saya yanng telah memberikan banyak masukan, saran, dan nasehat dalam proses penyempurnaan skripsi ini.
3. Bapak Drs. Gusnedi, M.Si selaku pembimbing akademik, terimakasih sudah membimbing dengan sangat bijak.

4. Ibu Syafriani, M.Si., Ph.D., selaku Ketua Prodi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Seluruh staf administrasi dan laboran Departemen Fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu dengan pengetahuan selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua dan semua anggota keluarga atas pengertian yang besar, motivasi serta doa yang tulus diberikan kepada penulis selama proses penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan yang telah banyak membantu penulis dalam penulisan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Untuk itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca semua.

Padang, 15 Juli 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL x
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Rumusan Masalah 5
C. Batasan Masalah 5
D. Tujuan Penelitian 6
E. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
A. Silika (SiO_2) 7
B. Mangan (MnO_2) 8
C. Asam Stearat 10
D. *Polyethylene* (PE) 12
E. Sifat Hydrophobic 13
F. Sudut Kontak 15
G. Ketahanan Korosi 15
H. Instrumen Preparasi dan Karakterisasi 19
I. Penelitian Relevan 26
BAB III METODE PENELITIAN 33
A. Jenis Penelitian 33
B. Tempat dan Waktu Penelitian 33
C. Variable Penelitian 34
D. Instrumentasi Penelitian 34
E. Prosedur Penelitian 41
F. Teknik Pengumpulan Data 48

G. Analisis data 49
H. Diagram alir 51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 53
A. Deskripsi Data 53
B. Analisis Data 82
C. Pembahasan 93
BAB V PENUTUP 97
A. Kesimpulan 97
B. Saran 97
DAFTAR PUSTAKA 99
LAMPIRAN 102

DAFTAR GAMBAR

1. Senyawa Kimia Silikon Dioksida. 7
2. Struktur Kristal Silika 8
3. Kenampakan Bijih Mangan 9
4. Asam Stearat (SA) 10
5. *Polyethylene* 12
6. Air di permukaan daun lotus/teratai (Gusrita & Gusnedi, 2014) 13
7. Profil tetes air dan sudut kontak pada permukaan membran dengan hidrofobisitas berbeda 15
8. *High Energy Milling* (HEM) 18
9. Ilustrasi difraksi sinar-X (Hakim & Nawir, 2019) 22
10. *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) 22
11. *Scaning Electron Microscope* (SEM) 25
12. Hasil Uji XRD Silika Setelah Sintesis 26
13. Morfologi Permukaan Kaca yang Telah Dilapisi 27
14. Sudut Kontak Tetesan Air dengan Lapisan Permukaan (1) 1 gram, (2) 2gram, (3) 3 gram, dan (4) 4 gram. 28
15. Hasil pengembangan lapisan hidrophobik menggunakan mineral mangan local 29
16. Bentuk Morfologi MnO2 Menggunakan SEM 30
17. (a) hasil pengujian sudut kontak LDEA, (b) hasil pengujian sudut kontak LDEA-SA 32
18. *High Energy Milling* (HEM-E3D) 35
19. *X-Ray Diffraction* (XRD) 35
20. *Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) 35
21. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 36
22. *Magnetic Stirrer* 36
23. Timbangan Digital 36
24. *Ultrasonic Cleaner* 37
25. Plat Besi 37
26. *Spin Coating* 38
27. Kamera DSLR 38
28. Pasir Silika 38
29. Mangan 39
30. Asam stearat 39
31. *Polyethylene* 40
32. *Tetraethyl Orthosilicate* (TEOS) 40
33. Larutan Ethanol 40
34. Larutan NaCl 41
35. Tampilan software *imageJ* 44
36. Mengukur sudut pada droplet menggunakan *ImageJ* 45

37. Tampilan untuk mengukur nilai sudut pada *ImageJ* 45
38. Tampilan hasil pengukuran menggunakan *ImageJ* 46
39. Tampilan Set Skala 47
40. Tampilan Pengaturan Threshold 47
41. Data Hasil *Analyze Particles* 48
42. Diagram Alir Penelitian 52
43. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Tanpa Perendaman 54
44. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Perendaman 30 Detik 54
45. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Perendaman 1 Menit..... 55
46. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE perendaman 5 menit 56
47. Data Hasil Pengujian XRD SiO2MnO2/PE Waktu Perendaman 30 Detik..... 57
48. Data Hasil Pengujian XRD SiO2MnO2/PE Waktu Perendaman 1 menit 59
49. Data Hasil Pengujian XRD SiO2MnO2/PE Waktu Perendaman 5 menit 60
50. Morfologi Komposit SiO2MnO2/PE waktu perendaman 30 detik..... 62
51. Morfologi Komposit SiO2MnO2/PE waktu perendaman 1 menit 62
52. Morfologi Komposit SiO2MnO2/PE waktu perendaman 5 menit 63
53. Data Hasil Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 30 detik..... 64
54. Data Hasil Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 1 menit..... 65
55. Data Hasil Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 5 menit..... 66
56. Sudut Kontak Hari Ke-1 67
57. Sudut Kontak Hari Ke-2 68
58. Sudut Kontak Hari Ke-3 69
59. Sudut Kontak Hari Ke-4 69
60. Sudut Kontak Hari Ke-5 70
61. Sudut Kontak Hari Ke-6 71
62. Sudut Kontak Hari Ke-7 71
63. Sudut Kontak Hari Ke-1 72
64. Sudut Kontak Hari Ke-2 73
65. Sudut Kontak Hari Ke-3 73
66. Sudut Kontak Hari Ke-4 74
67. Sudut Kontak Hari Ke-5 75
68. Sudut Kontak Hari Ke-6 75
69. Sudut Kontak Hari Ke-7 76
70. Sudut Kontak Hari Ke-1 77
71. Sudut Kontak Hari Ke-2 77
72. Sudut Kontak Hari Ke-3 78
73. Sudut Kontak Hari Ke-4 79
74. Sudut Kontak Hari Ke-5 80
75. Sudut Kontak Hari Ke-6 80

76. Sudut Kontak Hari Ke-7 81
77. Hubungan waktu perendaman dengan Pengukuran sudut Kontak 83
78. Analisis Data XRD a) 30 detik, b) 1 menit, c) 5 menit..... 84
79. Perbedaan Bentuk Morfologi Komposit SiO2MnO2/PE Yang Diperkuat Dengan Asam Stearat (1) 30 Detik (2) 1 Menit (3) 5 Menit 86
80. Data Hasil Pengukuran FTIR..... 87
81. Laju Peluruhan Pada Variasi Waktu Perendaman 30 Detik 91
82. Laju Peluruhan Pada Variasi Waktu Perendaman 1 Menit..... 91
83. Laju Peluruhan Pada Variasi Waktu Perendaman 5 Menit..... 92
84. Ilustrasi *Corrosive Media* 95

DAFTAR TABEL

1. Sifat Fisik SiO2 7
2. Sifat Fisik MnO2 9
3. Reaksi kimia pada pembentukan korosi 16
4. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Tanpa Perendaman 54
5. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Perendaman 30 Detik 55
6. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE Perendaman 1 Menit 56
7. Pengukuran Sudut Kontak SiO2MnO2/PE perendaman 5 menit 57
8. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi SiO2MnO2/PE Perendaman 30 Detik 58
9. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi SiO2MnO2/PE Perendaman 1 menit 60
10. Data Tiap Puncak Intensitas Signifikan Pola Difraksi SiO2MnO2/PE Perendaman 5 menit 61
11. Data Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 30 detik 64
12. Data Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 1 menit 65
13. Data Pengukuran FTIR pada waktu perendaman 5 menit 67
14. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Pertama. 68
15. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Kedua. 68
16. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Ketiga. 69
17. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Keempat. 70
18. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Kelima. 70
19. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Keenam. 71
20. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 30 Detik Pada Hari Ketujuh. 72
21. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Pertama. 72
22. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Kedua. 73
23. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Ketiga. 74
24. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Keempat. 74

25. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Kelima. 75
26. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Keenam. 76
27. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 1 Menit Pada Hari Ketujuh. 76
28. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Pertama. 77
29. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Kedua. 78
30. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Ketiga. 79
31. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Keempat. 79
32. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Kelima. 80
33. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Keenam. 81
34. Hasil Perhitungan Sudut Kontak Dengan Waktu Perendaman 5 Menit Pada Hari Ketujuh. 82
35. Data Pengukuran Sudut Kontak 82
36. Hasil Pengolahan Data XRD 85
37. Ukuran Butir Terhadap Variasi Waktu Perendaman 87
38. Data Perbandingan Ketahanan Korosi Terhadap Daya Tahan Pengukuran Sudut Kontak. 89
39. Laju Peluruhan Berapa Lama Besaran Sudut Kontak Meluruh Terhadap Waktu. 90
40. Konstanta Peluruhan 93

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada saat sekarang ini, permasalahan yang sering terjadi dibidang industri yaitu korosi. Korosi adalah proses kimia atau elektrokimia yang terjadi antara logam dengan lingkungannya yang mengakibatkan degradasi sifat logam tersebut akibat reaksi antara bahan logam dengan lingkungannya yang korosif. Menurut penelitian Sari et al., 2013 Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dikurangi. Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi laju korosi, salah satunya dengan pemakaian inhibitor. Sejauh ini penggunaan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi, karena biayanya yang relatif murah dan prosesnya yang sederhana.

Inhibitor korosi dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan terhadap logam. Dan ada juga metoda yang digunakan untuk mengurangi laju korosi dengan metoda proteksi yaitu penggunaan pelapisan berbasis polimer yang sudah banyak digunakan dalam mencegah dan mengurangi reaksi korosi. Penggunaan pelapisan berbasi polimer ini dapat memberikan sifat penghalang yang baik bagi substrat dan menghasilkan permukaan yang bersifat hidrofobik. (Wang & Lin, 2021).

Suatu permukaan dikatakan bersifat *hydrophobic* (anti air) jika permukaan tersebut tidak dimasuki air dan permukaan selalu terlihat bersih. Butiran air yang menggelinding ke permukaan mampu mengangkat partikel kotor yang menempel,

oleh karena itu ia mampu membersihkan dirinya sendiri. Permukaan *hydrophobic* mampu diamati melalui sudut kontak antara air dan permukaan uji yang terbentuk. Semakin besar sudut kontaknya mengindikasikan permukaan tersebut sulit terbasahi. Permukaan yang bersifat *hydrophobic* memiliki sudut kontak antara $90° - 150°$. Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak $> 150°$ disebut dengan istilah *superhydrophobic.* Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak antara $10° - 90°$ disebut dengan *hydrophilic*, sedangkan untuk yang memiliki sudut kontak < 100 disebut dengan istilah *superhydrophilic* (Irawati & Zainuri, 2016).

Disisi lain, di alam ini terdapat banyak kandungan mangan didalamnya namun keberadaannya hanya di eksploitasi dalam keadaan mentah (raw material). Mangan ini ditemukan dalam bentuk biji mangan. Salah satu fasa yang terdapat pada biji mangan adalah mangan oksida (MnO_2) yang mengandung oksida contohnya pirolusit, psilomelan, dan bixbit. Keunggulan utama dari mineral ini jika dibuat dalam ukuran nano adalah menjadi pigmen penghambat korosi. Ketersediaan biji mangan ini cukup banyak, namun pengolahannya belum secara optimal sehingga memiliki nilai jual yang rendah. Logam mangan memiliki arti strategis yang besar bagi pembangunan perekonomian nasional. Telah diterapkan di berbagai industri, seperti peleburan baja, konstruksi, mesin, transportasi, pertanian, baterai, obat obatan dan industri lainnya dalam kehidupan sehari-hari. Saat ini, elektrolisis adalah cara utama untuk mendapatkan logam mangan dengan kemurnian tinggi (Manuscript et al., n.d.).

Penelitian tentang MnO_2 yang telah diteliti oleh (Cao et al., 2018) dimana dari penelitian tersebut lapisan nanokomposit dari MnO_2 yang diperkuat dengan

bahan stearic diethanolamide (SDEA) dan asam stearat (SA) tidak larut sebagian besar dalam larutan untuk membentuk lapisan hidrofobik pada permukaan mangan, tetapi untuk ketahanan korosi mangan telah ditingkatkan dan hasil dari uji sudut kontaknya adalah 137°.

Sedangkan silika silikon dioksida (SiO_2) merupakan salah satu mineral dengan jumlah terbanyak di bumi. Sebagian besar silika terdapat dalam bentuk kristalin, dan bentuk amorfus dalam jumlah lebih sedikit (Котлер, 2008). Kristalin silika banyak terdapat pada batu, pasir dan tanah. Kristalin silika juga dihasilkan dalam beberapa proses industri seperti pertambangan emas, besi, timah, granit, pasir, batu tulis, pengecoran logam, pabrik semen, keramik, dan gelas.

Mineral alam sudah diteliti sebelumnya oleh Wardani & Zainuri, 2019 yang mana isinya berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran sudut kontak antara air dan permukaan lapisan, terlihat bahwa penambahan konsentrasi massa pengisi silika tidak terlalu berpengaruh besar terhadap sudut kontak yang terbentuk antara keempat variasi massa tersebut. Tetapi keempat variasi tersebut telah berhasil dibuat dan memiliki sifat hidrofobik. Sudut kontak tertinggi terbentuk pada variasi massa 4 gram yaitu sebesar 98°. Sedangkan sudut kontak terendah tersapat pada variasi massa 3 gram yaitu sebesar 93°. Sedangkan untuk variasi massa 1 gram dan 2 gram terlihat tidak mengalami peningkatan sudut kontak yang besar. Hal ini dikarenakan, distribusi partikel yang tidak merata pada saat proses coating.

Asam stearat merupakan campuran asam organik padat yang diperoleh dari lemak, sebagian besar terdiri asam oktadekanoat dan asam heksadekanoat. Pemerian zat padat keras mengkilat, serbuk hablur, warna putih. Kelarutan dari

asam sterarat praktis tidak larut dalam air, larut dalam 20 bagian etanol (95%) P, dalam 2 bagian kloroform, dalam 3 bagian eter (Djojoningrat, 2009).

Penelitian asam stearat ini telah diteliti oleh Mulyawan et al., 2019 dimana dia melakukan pengujian asam stearat (SA) terhadap uji sudut kontak pada permukaan kain kapas. Salah satu proses penyempurnaan yang dapat dilakukan pada kain kapas adalah sifat tahan air menggunakan bahan kimia dan teknik tertentu sehingga permukaan kain menjadi kasar atau memiliki energi permukaan yang rendah. Seng oksida (ZnO) dan asam stearat merupakan zat kimia yang dapat digunakan pada penyempurnaan tahan air. Struktur kristal ZnO hasil sintesis diamati menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD), kain kapas setelah penyempurnaan tahan air diamati permukaannya menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), kapasitas daya serap air dievaluasi dengan menggunakan cara uji daya serap bahan tekstil, sedangkan sudut kontak air diukur dengan menggunakan metode sessile. Untuk sudut kontak yang didapatkan dalam penelitian ini adalah sebesar 119,06°.

Permukaan hidrofobik dengan sifat pembersihan diri yang sangat baik dapat secara efektif mencegah media korosif meresap ke dalam antarmuka antara lapisan pasivasi dan substrat logam, sehingga menghambat proses korosi (Cao et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman lapisan SiO_2MnO_2/PE dengan asam stearat pada permukaan lapisan dan sifat hidrofobik. Pekerjaan berikut adalah menyiapkan pelapis pasivasi hidrofobik dengan asam stearat (SA) dan Polyethylene (PE). Menyelidiki serangkaian faktor yang mempengaruhi perilaku antikorosi pelapis pasivasi pada permukaan silika

mangan seperti konsentrasi (asam stearat dan polietilene) dan waktu perendaman. Mengevaluasi komposisi dan sifat pelapis pasivasi dengan SEM, FTIR, sudut kontak, XRD dan HEM. Memahami lebih lanjut mekanisme analisis anti korosi dan pembentukan lapisan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan suatu permasalah yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap sudut kontak yang dilapisi pada plat besi?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap morfologi yang dilapisi pada plat besi?
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap peluruhan sudut kontak yang dilapisi pada plat besi?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan batasan masalah pada penelitian ini, yaitu

1. Silika dan mangan sebagai bahan dalam membuat lapisan hidrofobik yang anti korosi.
2. Asam stearat (SA) sebagai bahan penguat dalam pembuatan lapisan hidrofobik yang anti korosi.
3. Silika dan mangan disintesis kedalam Polyethylene (PE).
4. Variasi waktu perendaman konsetrasi asam stearat (SA) mulai dari 30 detik, 1 menit, dan 5 menit

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap sudut kontak yang dilapisi pada plat besi.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap morfologi lapisan yang dilapisi pada plat besi.
3. Mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman komposit SiO_2MnO_2/PE terhadap peluruhan sudut kontak yang dilapisi pada plat besi.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Bagi penulis sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian fisika.
2. Mengetahui Pengaruh Waktu Perendaman Asam Stearat pada Lapisan SiO_2MnO_2/PE Terhadap Permukaan Lapisan dan Sifat Hidrofobik.
3. Menambah pengetahuan pembaca tentang aplikasi Pengaruh Waktu Perendaman Asam Asam Stearat pada Lapisan SiO_2MnO_2/PE Terhadap Permukaan Lapisan dan Sifat Hidrofobik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

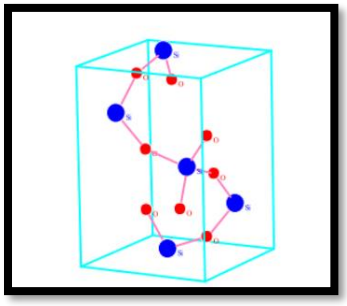
A. Silika (SiO_2)

Senyawa kimia silikon dioksida yang dikenal dengan nama silika merupakan oksida silikon dengan rumus kimia SiO_2 (Hildayati et al., 2009). Silika Oksida (SiO_2) merupakan senyawa yang berlimpah di alam namun tidak berupa senyawa tunggal. Kandungan silika yang tinggi dapat ditemukan pada pasir kuarsa yang berwarna putih.

Gambar 1. Senyawa Kimia Silikon Dioksida.

Tabel 1. Sifat Fisik SiO_2

Spesifikasi	Sifat
Warna	Putih
Kekerasan	7 (Skala mohs)
Berat jenis	2,65
Titik lebur	1715^0C
Bentuk kristal	Hexagonal
Panas spesifik	0,185
Panas konduktifitas	12-100^0C



Gambar 2. Struktur Kristal Silika

Keberadaan silika bisa dalam bentuk amorf , dan kristal. Ada tiga bentuk kristal silika, yaitu quartz, tridymite, cristobalite, dan terdapat dua kristal yang merupakan perpaduan dari bentuk kristal tadi. Perbedaan bentuk kristal pada silika juga memperlihatkan perbedaan pada sifat-sifat silika itu sendiri (Trianasari. et al., 2017).

Silika memiliki sifat hidrofilik (dapat menyerap air) atau hidrofobik (tidak dapat menyerap air) sesuai dengan struktur atau morfologinya serta silika juga bersifat inert dan transparan . Selain itu juga bersifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degresi termal yang baik (Hildayati et al., 2009). Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan kekuatan produk keramik. Penguatan badan keramik terjadi karena adanya pengisian ruang kosong yang ditinggalkan akibat penguapan dari proses pembakaran adonan dengan leburan silika sedemikian rupa hingga produk menjadi lebih rapat (Hanafi & Nandang R, 2010).

B. Mangan (MnO_2)

Bijih mangan merupakan salah satu unsur yang melimpah di bumi dan berwarna abu-abu kehitaman seperti besi. Hasil penelitian oleh peneliti-peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa warna bijih mangan bisa saja bervariasi sesuai

dengan jenis masing-masing mineralnya. Bijih mangan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan industri seiring dengan kemajuan teknologi (Putri et al., 2018).

Didalam bijih mangan terdapat suatu senyawa oksida didalamnya terdapat jenis-jenis dari mineral seperti *pyrolusite, manganite, bixbyite, psilomelane, hausmannite, rhodokrosite, rhodonite*. Manfaat mineral bijih mangan *pyrolusite, bixbyite, hausmannite* digunakan untuk industri baterai. (Phobi Juwandari Putri et al., 2015).

Gambar 3. Kenampakan Bijih Mangan

Tabel 2. Sifat Fisik MnO_2

Spesifikasi	Sifat
Jari-jari atom	1.35 Å
Volume atom	7.39 cm3/mol
Massa atom	54.938
Jari-jari kovalensi	1.17 Å
Struktur kristal	Cubic body center
Massa jenis	7.44 g/cm3
Kapasitas kalor	0.48 Jg-1K-1
Titik lebur	1518 K
Titik didih	2235 K

Mangan sangat penting pada produksi besi dan baja. Industri baja tercacat menggunakan sekitar 85% sampai 90% total produksi mangan. Mangan merupakan komponen kunci dari stainless steel dan paduan alumimum tertentu.

Mangan dioksida juga digunakan sebagai katalis. Mangan digunakan pula sebagai dekolorisasi kaca dan membuat kaca berwarna ungu. Kalium permanganat merupakan oksidator kuat dan digunakan sebagai desinfektan.

C. Asam Stearat

Asam stearat merupakan campuran asam organik padat yang diperoleh dari lemak, sebagian besar terdiri asam oktadekanoat dan asam heksadekanoat. Pemerian zat padat keras mengkilat, serbuk hablur, warna putih. Kelarutan dari asam sterarat praktis tidak larut dalam air, larut dalam 20 bagian *etanol* (95%) P, dalam 2 bagian kloroform, dalam 3 bagian eter (Djojoningrat, 2009).

Gambar 4. Asam Stearat (SA)

Asam stearat memiliki titik leleh sebesar 69.6° dan titik didih sebesar 361°. Asam stearat berwujud padat pada suhu ruang, keras, berwarna putih atau kuning pucat, dan mengkilat, seperti lemak lilin. Asam ini tidak larut dalam air, namun dapat larut dalam dalam alkohol, benzena kloroform, aseton, karbon tetraklorida, karbon disulfida, amil asetat dan toluen. Rumus kimia dari asam stearat adalah $CH_3(CH_2)_{16}COOH$.

Asam stearat diproses dengan memperlakukan lemak hewan dengan air pada suhu dan tekanan tinggi. Asam ini dapat pula diperoleh dari hidrogenasi minyak nabati. Dalam bidang industri asam stearat dipakai sebagai bahan

pembuatan lilin, sabun, plastik, kosmetika, dan untuk melunakkan karet. Asam stearat juga banyak digunakan sebagai pelumas. Sudut kontak asam stearat adalah 98°. Ini menunjukkan kemampuan pelumasan yang baik dan sifat keterbasahan yang relatif tinggi. Asam stearat di pasaran biasanya dalam jumlah besar dan sulit dipecah secara langsung.

Asam stearat dapat diklasifikasikan sebagai surfaktan. Surfaktan merupakan bahan aktif permukaan yang bekerja menurunkan tegangan permukaan cairan. Sifat aktif ini diperoleh dari sifat ganda molekulnya. Karena molekul asam stearat memiliki struktur hidrokarbon rantai panjang yang terdiri dari karbon dan hidrogen, yang bersifat nonpolar dan tidak berikatan dengan air, sehingga menyebabkan asam stearat bersifat hidrofobik. Semakin panjang struktur rantai hidrokarbon asam lemak, semakin meningkat sifat hidrofobik nya. Sedangkan asam stearat mempunyai rantai hidrokarbon yang paling panjang (C_{18}) sehingga memiliki sifat hidrofobik. Selain itu, struktur karboksil yang bersifat polar dapat berikatan dengan air dengan kuat, sehingga menyebabkan asam stearat juga bersifat hidrofilik. Sifat ini memungkinkan asam stearat untuk menempel pada permukaan logam dan mengurangi area kontak dengan membentuk lapisan batas pada partikel atau permukaan logam.

Sebagai kelompok alkil hidrofobik rantai panjang, seringkali asam stearat digunakan sebagai bahan untuk menurunkan tegangan permukaan pada permukaan, sehingga dapat meningkatkan sifat hidrofobik menjadi superhidrofobik, selain itu asam lemak jenuh ini juga berperan dalam memberikan konsistensi dan kekerasan pada permukaan. Asam lemak jenuh rantai panjang

endogen, asam stearat tidak beracun dan dapat terurai secara baik, selain itu banyak ditemukan, dan berbiaya rendah.

D. *Polyethylene* (PE)

Polyethylene adalah bahan termoplastik yang transparan, berwarna putih yang mempunyai titik leleh bervariasi antara $110 - 137℃$. Umumnya *Polyethylene* tahan terhadap zat kimia. Monomernya, yaitu etana, diperoleh dari hasil perengkehan (cracking) minyak atau gas bumi (Rahmawati, 2015). Polietilena memiliki sifat yang dapat dibedakan dengan sifat polimerlainnya. Sifat-sifat tersebut antara lain sifat fisika dan kimia. Rumus monomer dari polietilena adalah $(CH_2=CH_2)n$.

Gambar 5. *Polyethylene*

Polietilena bermanfaat sebagai bahan dasar pembuatan plastik. Karena jenis polietilena sangat banyak, maka dapat dihasilkan berbagai macam produk plastik, contohnya LDPE dapat dimanfaatkan menjadi botol kemasan air mineral, MDPE dapat dibuat menjadi Tupperware, dan HDPE dapat dimanfatkan menjadi pipa-pipa 13 pada pabrik. Selain itu polietilena berdensitas tinggi dapat dibuat menjadi tandon-tandon untuk menyimpan bahan kimia. Tandon-tandon polietilena

memiliki beberapa kelebihan misalnya, tahan sinar UV, tahan cuaca ekstrim, dan installasi yang mudah.

Melihat kristalinitas dan massa molekul, titik leleh, dan transisi gelas sulit melihat sifat fisik polietilena. Temperatur titik tersebut sangat bervariasi bergantung pada tipe polietilena. Pada tingkat komersil, polietilena berdensitas menengah dan tinggi, titik lelehnya berkisar 120℃ sampai 135℃. Titik leleh polietilena berdensitas rendah berkisar 105℃ sampai 115℃.

Kebanyakan LDPE, MDPE, dan HDPE benar tingkat resistansi kimia yang sangat baik dan tidak larut pada temperatur ruang karena sifat kristalinitas mereka. Polietilena umumnya dapat dilarutkan pada temperatur yang tinggi dalam hidrokarbon aromatik seperti toluena atau xilena, atau larutan terklorinasi seperti trikloroetana atau triklorobenzena.

E. Sifat Hydrophobic

Hydrophobic dikenal dari daun lotus/teratai yang permukaan daunnya tidak basah bila terkena air. Disaat air menetes pada daun lotus maka air akan mengelinding pada permukaan daun, seperti yang terlihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Air di permukaan daun lotus/teratai (Gusrita & Gusnedi, 2014)

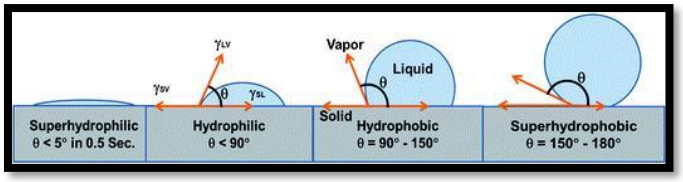
Pada Gambar 6 terlihat bahwa daun lotus tidak basah disaat terkena air, hal ini dikarenakan sifat *hydrophobic* yang dimilikinya, jadi *hydrophobic* dapat diartikan sebagai sifat takut air atau anti air. Suatu permukaan dapat dikatakan bersifat *hydrophobic* jika memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik permukaan yang bersifat *hydrophobic* diantaranya memiliki sifat anti basah, senantiasa terlihat bersih, memiliki sudut kontak besar dari $90°$ (Feng et al., 1999). Bhushan et al., 2009 juga menyimpulkan bahwa sifat *hydrophobic* dipengaruhi oleh faktor kekasaran permukaan dan sudut kontak.

Ada dua aspek yang yang berkaitan erat dengan dengan sifat hidrofobik suatu permukaan yaitu geometri permukaan dan komposisi kimia permukaan. Geometri permukaan berkaitan dengan kekasaran dimana semakin kasar permukaan maka sifat hidrofobiknya semakin baik. Sedangkan komposisi kimia permukaan berkaitan dengan sifat molekul-molekul penyusun permukaan. Jika molekul-molekul penyusun permukaan cenderung bersifat polar, maka hal ini dapat menyebabkan terjadinya tarik menarik antara molekul permukaan dan molekul-molekul H_2O yang juga bersifat polar, sehingga sifat hidrofobiknya buruk.

Permukaan yang bersifat *hydrophobic* memiliki sudut kontak antara $90° - 150°$. Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak $> 150°$ disebut dengan istilah *superhydrophobic*. Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak antara $10° - 90°$ disebut dengan *hydrophilic*, sedangkan untuk yang memiliki sudut kontak < 100 disebut dengan istilah *superhydrophilic* (Irawati & Zainuri, 2016).

F. Sudut Kontak

Sudut kontak (θ) adalah sudut yang dibentuk oleh sebuah garis singgung terhadap cairan pada garis kontak dan sebuah garis yang melalui dasar dari tetes cairan yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Profil tetes air dan sudut kontak pada permukaan membran dengan hidrofobisitas berbeda

Pada Gambar 7 permukaan yang bersifat *hydrophobic* memiliki sudut kontak antara $90° - 120°$. Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak antara $120° - 150°$ disebut dengan istilah *ultrahidrophobik.* Untuk permukaan yang memiliki sudut kontak $> 150°$ disebut dengan istilah *superhydrophobic*. Untuk permukan yang memiliki sudut kontak antara $0° - 90°$ disebut dengan *hydrophilic*, sedangkan untuk yang memiliki sudut kontak $\sim 0°$ disebut dengan istilah *superhydrophilic*.

G. Ketahanan Korosi

1) Korosi

Korosi secara umum didefinisikan sebagai suatu peristiwa kerusakan atau penurunan kualitas suatu bahan yang disebabkan oleh terjadinya reaksi dengan lingkungannya. Korosi pada logam (perkaratan) yaitu peristiwa perusakan pada logam yang disebabkan oleh reaksi oksidasi. Kerusakan terhadap logam-logam tersebut dipengaruhi oleh adanya gas oksigen, amonia, klorida, air, larutan garam, basa, asam, dan juga akibat arus listrik. Pada

umumnya korosi yang paling banyak terjadi adalah korosi oleh udara dan air. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mencegah korosi diantaranya adalah dengan pelapisan pada logam, proteksi katodik, penambahan inhibitor, dan membuat Paduan logam yang tahan terhadap korosi (Rully Utami, Soekarsono Hardjono, 2014).

Faktor logam dan faktor lingkungan merupakan faktor utama penyebab terjadinya korosi. Faktor logam disebut sebagai faktor dalam seperti komponen-komponen penyusunnya atau cacat kristal. Faktor lingkungan disebut faktor luar yang disebabkan oleh konsentrasi oksigen dalam air atau dalam udara bebas, pH, temperatur, komposisi kimia atau konsentrasi larutan (Ispandriatno, 2016).

Tabel 3. Reaksi kimia pada pembentukan korosi

Jenis Reaksi	Reaksi Kimia	Potensial (Volt)
Reduksi/(Katodik)	$O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$	+1,23 V
Oksidasi/(Anodik)	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$	-0,45 V
	$2Fe + O_2 + 4H^+ \rightarrow 2H_2O + 2Fe^{2+}$	+1,68 V

Ion Fe^{2+} hasil reaksi reduksi dan oksidasi tersebut kemudian bereaksi kembali dengan oksigen (dari atmosfir) untuk membentuk Fe^{3+}. Hasil akhir reaksi berupa karat (*Rust*) (Fe2O3 xH2O) (Dody Prayitno, 2021).

$$4Fe^{2+} + O_2 + (2 + 4x)\ H_2O \rightarrow 2Fe_2O_3.xH_2O + 4H^+$$

Laju korosi adalah kecepatan rambatan atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu (Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif Arief, 2015). Dalam penenlitian ini untuk menghitung laju korosi dilakukan dengan menggunakan rumus konstanta peluruhan sudut kontak terhadap lapisan yang telah di rendam dalam larutan NaCl dengan rumus:

$$\frac{d\theta}{dt} = -k\,\theta$$

Sehingga $\theta = \theta_0\, e^{-kt}$

$$Log\ \theta = log\ \theta_0 - (\frac{k}{2.303})t$$

2) Faktor Yang Mempengaruhi Korosi

a. Kemurnian dan Kotoran yang ada dalam bahan

Elemen pengotor dalam logam akan menjadi bagian yang mudah terjadinya korosi dan meningkatkan korosi galvanik dengan bahan-bahan yang terbuat dari berbagai campuran logam.

b. Struktur dari Material

Bahan padatan (fase tunggal) mempunyai stabilitas yang cukup tinggi terhadap korosi. Bermacam-macamnya unsur penyusun bahan seperti fase yang mengendap dan terpisah membuat perbedaan energi kerusakan pada permukaan butiran adalah masalah yang lebih penting dari pada bentuk Kristal.

c. Kerusakan Pada Permukaan Butiran

Ada permukaan seperti tekukan (*kink*), tangga (*step*). Dengan terjadinya perubahan letak (*dislocation*) pada permukaan memberikan potensial kimia yang cukup tinggi dan bagian dimana atom-atom pengotor dipaksa oleh terjadinya perubahan letak, mempunyai reaktivitas kimia yang tinggi.

d. Batas Antar Butiran

Batas antar butiran yang mana tidak sempurna dan berlangsung terus menerus dan bentuk dari bagian-bagian Kristal yang tidak sesuai, meningkatkan aktivitas dari reaktivitas kimianya yang mengakibatkan mudahnya terjadi korosi.

e. Ukuran Dari Butiran

Pada kasus korosi yang terjadi antar butiran, sifat korosi tergantung dari ukuran butiran. Karena perbandingan antar luas batas butiran dan luas gabungan butiran meningkat pada material dengan butiran Kristal yang kecil, turunnya pemisahan akan meningkatkan daya tahan terhadap korosi antar butiran menjadi semakin tinggi.

f. Kekasaran Permukaan

Korosi sukar terjadi pada permukaan yang relative lebih halus atau pada permukaan yang terang tanpa titik-titik spesifik. Kondisi permukaan khususnya yang mempengaruhi pada letak korosi, seperti misalnya korosi pada sambungan, karena pada titik spesifik tersebut yang mula-mula terjadi korosi. Permukaan yang halus sulit terjadi korosi walaupun pada sambungan (Zubair & Samudro).

H. Instrumen Preparasi dan Karakterisasi

1. *High Energy Milling* (HEM)

Gambar 8. *High Energy Milling* (HEM)

HEM merupakan teknik unik dengan menggunakan energi tumbukan antara bola-bola penghancur dan dinding chamber yang diputar dan digerakkan dengan cara tertentu. Nano partikel dengan cara ini mencapai di bawah 10 nm (Ihsan, Y., 2006).

Keunggulan HEM adalah dalam waktu yang relatif singkat dapat membuat nano partikel (memerlukan beberapa jam, tergantung tipe alat), dapat membuat nano partikel dalam kondisi atau suasana yang dinginkan saat proses milling, dan juga dapat menghasilkan nano partikel dalam jumlah yang relatif banyak . Prosedur penggilingan dengan HEM adalah serbuk homogen dimasukkan kedalam sebuah chamber logam dengan beberapa bola baja didalamnya yang bergerak berputar terus-menerus. Bola di dalam chamber tersebut akan saling bertumbukan, akibat proses inilah akan serbuk yang ada di dalam chamber akan ikut bertumbukan terus yang mengakibatkan partikel tersebut akan pecah. Begitu seterusnya hingga mencapai ukuran yang diinginnkan (Ozkaya, T, 2008). Metode ini dapat dilakukan pada suhu rendah, waktu yang relatif cepat, serta dengan peralatan yang sederhana.

HEM-E3D merupakan alat penggiling bola yang digunakan untuk melakukan proses pemaduan mekanik berskala kecil dalam laboratorium. Dalam proses pemaduan mekanik, HEM-E3D bekerja dengan cara menghancurkan campuran serbuk melalui mekanisme pembenturan bola - bola giling yang bergerak mengikuti pola gerakan wadahnya yang berbentuk elips tiga dimensi. Terbentuknya partikel-partikel serbuk berskala nanometer disebabkan pola gerakan elips tiga dimensi dimana frekuensi tumbukan menjadi tinggi. Dalam hal ini, wadah juga ikut berputar hingga 500 rpm. Pembentukan nano partikel menggunakan HEM-E 3D akan lebih membantu karena alat ini memiliki beberapa keunggulan antara lain sebagai berikut:

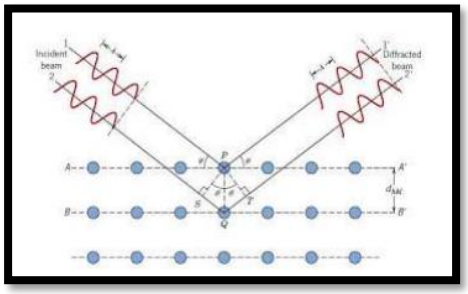
a. Mesin yang dapat digunakan untuk melakukan pencampuran, homogenisasi (keseragaman), mechano kimia (membuat reaksi mekanik-kimia), penggilingan mekanik, mekanik paduan, dan melakukan emulsi. Jadi akan dihasilkan nanopartikel dengan cara penghalusan material hingga skala nanometer.
b. Laju penghancuran yang tinggi, pengkondisian sistem milling yang mudah sehingga mekanisme proses amorfisasi dan pembentukan nanopartikel lebih cepat dan efektif.
c. Menjadi peralatan untuk membuat nano powder dengan harga murah dan meningkatkan efisiensinya.
d. Terdapat sistem elektronik terpadu meliputi sistem pengendali motor, dan pengatur waktu.

2. *X-Ray Diffraction* (XRD)

XRD merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat Kristal. XRD merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat Kristal (Hakim & Nawir, 2019).

Penentuan struktur kristal dapat dilakukan dengan metode difraksi. Difraksi adalah suatu metode experimen hamburan elastis, dimana proses transfer/perubahan energi dapat diabaikan dalam proses hamburan tersebut. Informasi yang diperoleh dari metode difraksi ini yakni data koordinat atom-atom dalam kristal yang mendasari sifat dan karakteristik bahan pada umumnya. XRD digunakan untuk analisis komposisi fasa atau senyawa pada material dan juga karakterisasi kristal. Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Sinar-X merupakan foton dengan energi tinggi yang memiliki panjang gelombang

berkisar antara 0.5 sampai 2,5 amstrong. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, maka sebagian berkas akan diabsorbsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Hamburan terdifraksi inilah yang dideteksi oleh XRD. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar X yang saling menguatkan itulah yang disebut sebagai berkas difraksi. Hukum Bragg merumuskan tentang persyaratan yang harus dipenuhi agar berkas sinar X yang dihamburkan tersebut merupakan berkas difraksi (Hakim & Nawir, 2019).



Gambar 9. Ilustrasi difraksi sinar-X (Hakim & Nawir, 2019)

3. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

FTIR adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengamati interaksi molekul dengan menggunakan radiasi elektromagnetik yang berada pada panjang gelombang $0{,}75 - 1000\ \mu m$ atau pada bilangan gelombang $13.000 - 10\ cm^{-1}$.

Gambar 10. *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR)

Proses analisis sampel menggunakan FTIR (Kenne & Merwe, 2013) adalah sebagai berikut:

a. Sumber: energi infra merah yang dipancarkan dari sumber benda hitam yang bercahaya. Sinar ini melewati lobang yang mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel (dan akhirnya ke detektor).
b. Interferometer: cahaya memasuki interferometer dimana “pengkodean spektral” berlangsung. Menghasilkan sinyal interferogram yang kemudian meninggalkan interferometer.
c. Sampel: sinar memasuki kompartemen sampel di mana ia ditransmisikan atau terpantul dari permukaan sampel, tergantung pada jenis analisis yang dilakukan.
d. Detektor: sinar akhirnya lolos ke detektor untuk pengukuran akhir.
e. Komputer: Sinyal yang diukur adalah digital dan dikirim ke komputer di mana transformasi Fourier berlangsung. Spektrum inframerah terakhir ini kemudian disajikan kepada pengguna untuk interpretasi dan manipulasi lebih lanjut.

Menurut Mudzakir prosedur menggunakan FTIR untuk analisis material adalah sebagai berikut:

1) Sampel cair disuntikkan atau diteteskan ke dalam sel inframerah berjendela kristal NaCl atau KBr.
2) Nyalakan alat FTIR dan komputer.
3) Klik ganda shortcut alat FTIR pada layar komputer.
4) Klik ok pada menu dialog box.
5) Klik FTIR pada menu instrumen.
6) Kemudian klik bar BKGStart pada menu yang muncul di layar komputer.
7) Tunggu sampai gambar spektra menghilang pada layar komputer. Selanjutnya pengukuran sampel dilakukan dengan cara menempatkan sampel siap ukur di bagian tempat sampel dari alat interferometer. Kemudian klik ganda shortcut alat FTIR pada layar komputer.
8) Ketik identitas sampel pada menu dailog box yang terdapat pada layar komputer. Lalu klik bar "samplestart".
9) Tunggu hingga muncul spektra pada layar komputer

4. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

SEM adalah sebuah mikroskop elektron yang di desain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung, yang memiliki perbesaran $10 - 3000000x$, depth of field $4 - 0.4\ mm$ dan resolusi sebesar $1 - 10\ nm$ (Prasetyo, 2011). Menurut Anonim (2011) Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

a. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.

b. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.

c. Sinar elektron yang terfokus memindai (scan) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.

d. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

Teknik SEM memiliki kelemahan (Anonim, 2011), antara lain:

a. Memerlukan kondisi vakum.

b. Hanya mampu menganalisa permukaan saja.

c. Memiliki resolusi yang lebih rendah dari TEM.

d. Sampel yang digunakan harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka sampel perlu dilapisi dengan logam seperti emas.

Gambar 11. *Scaning Electron Microscope* (SEM)

Prosedur menggunakan SEM :

a. Persiapkan sampel dengan cara: sampel disuspensikan ke dalam EtOH. Kemudian teteskan sampel pada pita karbon, menempel dan kering. Selanjutnya dilapisi dengan emas.

b. Nyalakan alat SEM. Letakkan sampel pada alat tersebut.

c. Tunggu sampai alat menunjukkan Ready.

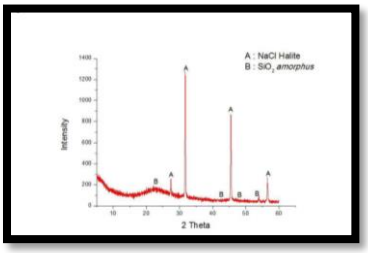
d. Mengatur lensa sehingga samplet terlihat fokus.

e. Mencetak hasil.

I. Penelitian Relevan

Penelitian tentang pasir silika (SiO_2) oleh (Wardani & Zainuri, 2019) untuk menguji Pengaruh Variasi Massa SiO_2 Terhadap Sudut Kontak dan Transparansi pada Lapisan *Hydrophobic.*

Berikut ini, data hasil uji XRD setelah dilakukan proses pemurnian:

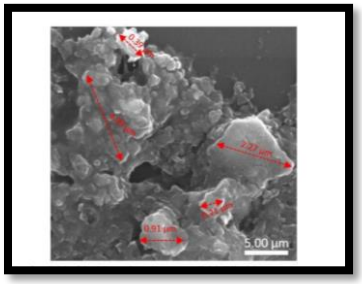


Gambar 12 Hasil Uji XRD Silika Setelah Sintesis

Setelah dilakukan pemurnian, puncak-pucak pada hasil XRD pertama memiliki pergeseran yang cukup tinggi. Hal ini mengindikasikan terjadinya perpindahan fasa yang terjadi. Hal ini dapat dilihat dari puncak-puncak yang terbentuk berbeda dengan hasil uji XRD pertama sebelum pemurnian yang memiliki fasa quartz low. Berdasarkan gambar hasil XRD terlihat puncak yang melebar untuk silika itu sendiri. Hal ini diindikasikan bahwa silika setelah proses pemurnian memiliki fasa amorphus . Hal ini dilihat dari puncak yang landai dan lebar pada sudut puncak pertama silika 2Ɵ sebesar 22,11°. Dan terlihat sudut 2Ɵ untuk silika selanjutnya berada pada sudut 31,71°; 45,22°; 49,90°; dan 54,67°. Fasa amorf pada silika yang tidak terlalu terlihat ini disebabkan oleh adanya fasa

pengotor NaCl halite yang lebih dominan, sehingga terlihat banyak puncak milik pengotor NaCl. Dimana NaCl tersebut memiliki fase kristalin sehingga fasa amorphus milik silika itu senditi bergeser dan tidak terlalu terlihat. Dimana NaCl fase halite ini terlihat pada puncak-puncak yang pertama berada pada 2Ɵ sebesar 27,39; dan puncak tertinggi berada pada 2Ɵ sebesar 31,66. Sudut 2Ɵ lainnya untuk NaCl berada pada, 45,59º dan 56,49º. Hal ini disebabkan pada saat pencucian gel asam silisit dengan aquades, tidak seluruhnya garam NaCl terbuang.

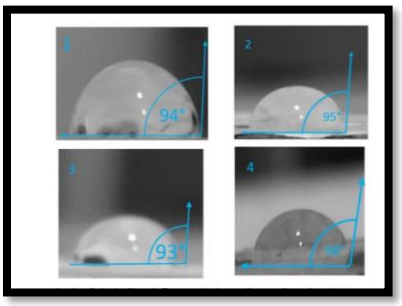
Pengujian SEM ini menggunakan perbesaran $15.000x$. Berikut ini gambar hasil uji SEM variasi massa 1 gram:



Gambar 13. Morfologi Permukaan Kaca yang Telah Dilapisi

Penangkapan gambar ini menggunakan camera HP ASUS dengan kekuatan lensa 12MP dan pengukuran sudut kontak yang terbentuk menggunakan software GIMP. Pada penelitian ini difokuskan pada pengaruh perubahan konsentrasi massa silika pasir terhadap elemen pemadu lain yang konstan. Sudut kontak media kaca biasa yang belum dilapisi dengan pengisi silika memiliki sudut kontak sebesar 79,18. Hal ini mengindikasikan bahwa media kaca yang tidak dilapisi oleh lapisan dengan pengisi material tertentu bersifat sebagai hidrofilik. Secara teori, lapisan dikatakan hidrofobik apabila memiliki sudut kontak yang terbentuk antara lapisan permukaan dengan cairan diharapkan mampu meningkatkan

kekasaran permukaan lapisan yang mengakibatkan peningkatan sifat hidrofobisitas. Proses pengujian dilakukan dengan cara meneteskan air diatas media kaca yang kemudian difoto dengan camera, dan diukur sudut kontaknya. Berikut ini, hasil pengujian dan pengukuran sudut kontak yang terbentuk antara air dengan lapisan permukaan.

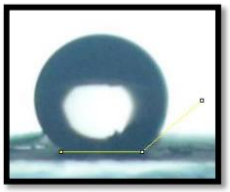


Gambar 14. Sudut Kontak Tetesan Air dengan Lapisan Permukaan (1) 1 gram, (2) 2gram, (3) 3 gram, dan (4) 4 gram.

Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran sudut kontak antara air dan permukaan lapisan, terlihat bahwa penambahan konsentrasi massa pengisi silika tidak terlalu berpengaruh besar terhadap sudut kontak yang terbentuk antara keempat variasi massa tersebut. Tetapi keempat variasi tersebut telah berhasil dibuat dan memiliki sifat hidrofobik. Sudut kontak tertinggi terbentuk pada variasi massa 4 gram yaitu sebesar 98^{o}. Sedangkan sudut kontak terendah tersapat pada variasi massa 3 gram yaitu sebesar 93^{o}. Sedangkan untuk variasi massa 1 gram, 2 gram, dan 3 gram terlihat tidak mengalami peningkatan sudut kontak yang besar. Hal ini dikarenakan, distribusi partikel yang tidak merata pada saat proses coating, selain itu ukuran partikel yang masih terlampau cukup besar yaitu $550{,}5\ nm$ yang mengakibatkan sudut kontak yang terbentuk masih belum maksimal. Selain itu, pada media kaca yang tidak terlapisi oleh pengisi lapisan, perbedaannya cukup

besar. Karena, kaca biasa yang belum terlapisi ini memiliki jenis material yang bersifat polar. Material polar ini yang menyebabkan gaya tarik-menarik antara air dan permukaan lapisan kaca itu sendiri, sehingga mengakibatkan interaksi yang luas antara air dan lapisan permukaan. Selain itu, struktur permukaan pada kaca yang tidak terlapisi cenderung halus. Sedangkan pada kaca yang telah terlapisi oleh pengisi silika, memiliki struktur permukaan yang kasar, sehingga interaksi antara air dan permukaan kaca cenderung lebih kecil.

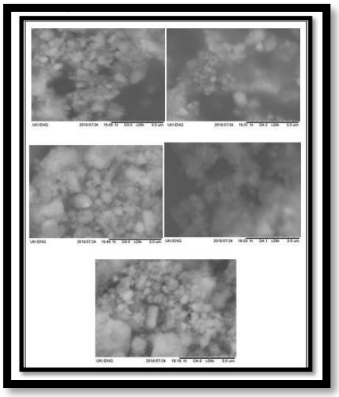
Tim peneliti telah melakukan penelitian pendahuluan menggunakan mineral lokal mangan oksida (MnO2) yang dibuat dalam ukuran nanometer untuk mendapatkan lapisan superhydrophobik Putri et al., 2018. Ukuran sudut kontak pada sampel cenderung naik setiap penambahan suhu pemanasan. Pada suhu $60°C$ sudut 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 yang dihasilkan seperti gambar dibawah.



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 15. Hasil pengembangan lapisan hidrophobik menggunakan mineral mangan local

Pada penelitian Putri et al., 2018 melakukan uji morfologi SEM terhadap mineral local mangan oksida (MnO_2) dimana 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 ditribusi 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°.



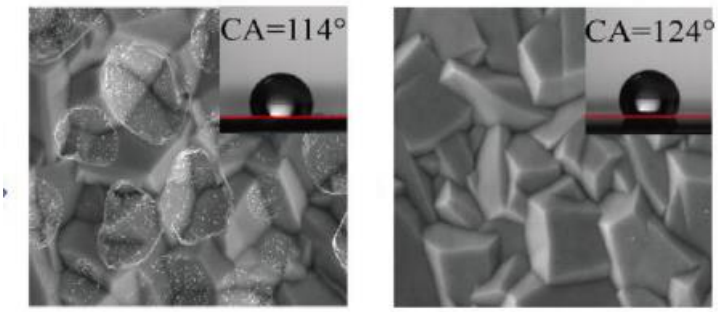
Gambar 16. Bentuk Morfologi MnO_2 Menggunakan SEM

Terdapat banyak tonjolan yang membuat setiap partikel memiliki kekasaran tinggi. Tonjolantonjolan 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 (Putri et al., 2018).

Selanjutnya pada penelitian (Lu et al., 2019) melakukan penelitian tentang Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan mangan elektrolitik untuk meningkatkan ketahanan korosi. Bahan yang digunakan adalah Mangan sulfat, Amonium sulfat diethanolamide (LDEA), Asam stearat (SA) dan air suling. Metode perendaman sederhana digunakan untuk membuat lapisan hidrofobik. Setelah elektrodeposisi, pelat katoda dikeluarkan dan dibilas dengan air deionisasi. Pelat katoda kemudian direndam dalam larutan LDEA atau LDEA-SA selama $1 - 10$ menit. Larutan LDEA mengandung konsentrasi LDEA yang

berbeda $(3 - 15\ g/L)$. Solusi LDEA-SA terdiri dari konsentrasi LDEA yang berbeda $(3 - 15\ g/L)$ dan SA $(1 - 7\ g/\ L)$. Kedua larutan tersebut dibentuk homogen dengan pengadukan pada suhu $70°C$ selama 1 jam. Terakhir, sampel dikeluarkan, dibilas dan dikeringkan pada suhu kamar. Perlu dicatat bahwa suhu larutan dapat mempengaruhi kinerja lapisan hidrofobik. Itu suhu larutan yang digunakan dalam percobaan ini adalah kondisi yang optimal.

Untuk hasil pengujian korosinya Lapisan hidrofobik secara signifikan meningkatkan ketahanan korosi dan melindungi substrat Mn dari korosi. Lapisan LDEA-SA memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan LDEA, yang dapat dinyatakan dengan rapat arus korosi. Sudut kontak pelapis LDEA sebesar 114° dan LDEA-SA sebesar 124° yang jauh lebih tinggi dari sudut kontak permukaan substrat mangan dapat dilihat pada Gambar 17.



(a) (b)

Gambar 17. (a) hasil pengujian sudut kontak LDEA, (b) hasil pengujian sudut kontak LDEA-SA

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi waktu perendaman ini dapat mengetahui pengaruh sudut kontak dari lapisan komposit SiO_2MnO_2/PE, dimana waktu optimum pada penelitian ini yaitu perendaman 1 menit, sudut kontak yang terbentuk adalah sebesar 141.15°.
2. Variasi waktu perendaman yang diberikan tidak terlalu mempengaruhi dalam pembentukan morfologi lapisan komposit SiO_2MnO_2/PE, waktu perendaman optimum yang diperoleh untuk mendapatkan ukuran sebaran partikel yang kecil adalah pada waktu perendaman 1 menit dengan ukuran partikel terkecil yaitu 162.77 nm.
3. Variasi waktu perendaman ini dapat mengetahui pengaruh ketahanan lapisan dari lapisan komposit SiO_2MnO_2/PE. Untuk mengetahui ketahanan lapisan yang baik ditentukan dari laju peluruhan sudut kontak, dimana waktu optimum pada penelitian ini yaitu perendaman 5 menit, laju peluruhan yang terbentuk sebesar 0,018 per harinya.

B. Saran

Berdasarkan penelitian ini diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan penelitian untuk meningkatkan sudut kontak menjadi superhidrofobik

dan dengan ketahanan lapisan yang lebih baik lagi, sehingga dapat membuat lapisan bertahan lama terhadap laju korosi.

DAFTAR PUSTAKA

Bhushan, B., Jung, Y. C., & Koch, K. (2009). Micro-, nano- And hierarchical structures for superhydrophobicity, self-cleaning and low adhesion. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *367*(1894), 1631–1672. https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0014

Cao, Z. fang, Wang, J., Qiu, P., Yang, F., Wang, S., Liu, G., & Zhong, H. (2018). Hydrophobic coatings for improving corrosion resistance of manganese substrate. *Surface and Coatings Technology*, *347*(January), 235–244. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.04.075

Djojoningrat. (2009). Bab I Pendahuluan. *Journal information*, *10*(1969), 1–16.

Dody Prayitno, Joko Riyono , C. Eni Pujiastuti, E. S. J. (2021). KOROSI: MEKANISME DAN PENCEGAHANNYA Dody. *Kocenin Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *1*(1), 17–24.

Feng, Q., Kanoh, H., & Ooi, K. (1999). Manganese oxide porous crystals. *Journal of Materials Chemistry*, *9*(2), 319–333. https://doi.org/10.1039/a805369c

Hakim, L., & Nawir, D. M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika dan Sains*, *1*(1), 2686–2658. http://e-journal.upr.ac.id/index.php/JMS

Hanafi, A., & Nandang R, A. (2010). Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik. *Jurnal Kimia Indonesia*, *5*(1), 35–38.

Hildayati, Triwikantoro, Faisal, H., & Sudirman. (2009). Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alami Silika. *Seminar Nasional Pascasarjana IX - ITS*.

Irawati & Zainuri. (2016). Pengaruh Temperatur perlakuan Panas Pada Lapisan Hydropobic Komposit PDMS/SiO2 dengan Fasa Siliki Kristobalit. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, *5*(1), 1–5.

Ispandriatno, A. S. (2016). Ketahanan Korosi Baja Ringan di Lingkungan Air Laut. *Jurnal Material dan Teknologi Proses*, *1*(1), 1–7. https://doi.org/10.22146/jmtp.v1i1.12253

Kenne, G., & Merwe, D. van der. (2013). Classification of Toxic Cyanobacterial Blooms by Fourier-Transform Infrared Technology (FTIR). *Advances in*

Microbiology, *03*(06), 1–8. https://doi.org/10.4236/aim.2013.36a001

Lu, F., Cao, Z. fang, Yang, F., Wang, S., & Zhong, H. (2019). Fabrication of hydrophobic coating on electrolytic manganese surface for enhancing corrosion resistance. *Progress in Organic Coatings*, *132*(April), 379–387. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.04.026

Manuscript, A., Society, R., Manuscripts, A., Manuscript, T. A., Manuscripts, A., Society, R., & Manuscript, A. (n.d.). *RSC Advances*.

Mulyawan, A. S., Nugraha, J., Wijayanti, R. B., Sana, A. W., & Sugiyana, D. (2019). STUDI PENINGKATAN SIFAT TAHAN AIR KAIN KAPAS DENGAN MODIFIKASI TEKNIK COATING MENGGUNAKAN SUSPENSI ZnO DAN ASAM STEARAT. *Arena Tekstil*, *34*(1). https://doi.org/10.31266/at.v34i1.5049

Padi, D. S. (2015). *Sintesis Dan Karakterisasi Natrium Silikat (Na 2 SiO 3)*. *7*, 90–97.

Permata Sari, T., Manurung, P., & Agus Riyanto, dan. (2019). Sifat Fisis Komposit Pe/Nanosilika sebagai Fungsi Ketebalan. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, *07*(01), 117–124.

Phobi Juwandari Putri, Ratnawulan, & Gusnedi. (2015). *Analisis Struktur Bijih Mangan Hasil Proses Sinter Yang Terdapat Di Nagari Kiawai Kecamatan Gunung Tuleh Kabupaten Pasaman Barat*. *6*(April), 105–112.

Putri, T. A., Ratnawulan, & Ramli. (2018). Sintesis Lapisan Hydrophobic Nanokomposit Mangan Oksida/Polystyrene (MnO2/PS) Untuk Aplikasi Self Cleaning. *J. Pillar of Physics*, *11*(2), 1–8.

Rahmawati, A. (2015). Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (Pe) Dan High Density Polyethylene (Hdpe) Pada Campuran Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, *18*(2), 147–159.

Ratnawulan. (2013). Konstanta Peluruhan Cahaya Dan Quantum Yield Dari Bioluminisensi Photobacterium Phosphoreum. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Rully Utami, Soekarsono Hardjono, dan P. I. (2014). *Braket Stainless Steel Baru Dan Daur Ulang Dalam Saliva Buatan Dengan Ph 5*. *5*(4), 349–356.

Sari, D., Handani, S., & Yetri, Y. (2013). Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 Dalam Medium Asam Klorida Dan Natrium Klorida Menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia Sinensis). *Jurnal Fisika Unand*, *2*(3), 204–211.

Trianasari., Manurung, P., & Karo-karo, P. (2017). Analisis dan karakterisasi kandungan silika (SiO2) sebagai hasil ekstraksi batu apung (pumice). *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, *05*(1), 9–14.

Wang, X., & Lin, Z. (2021). Robust, hydrophobic anti-corrosion coating prepared by PDMS modified epoxy composite with graphite nanoplatelets/nano-silica hybrid nanofillers. *Surface and Coatings Technology*, *421*(April). https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127440

Wardani, A. H., & Zainuri, M. (2019). Pengaruh Variasi Massa SiO2 Terhadap Sudut Kontak dan Transparansi Pada Lapisan Hydrophobic. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, *7*(2). https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.34769

Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif Arief, dan A. (2015). Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Teknik ITS*, *4*(1), 1–5.

Yusuf, S. (2008). *Laju Korosi Pipa Baja A106 Sebagai Fungsi Temperatur dan Konsentrasi NaCl Pada Fluida Yang Tersaturasi Gas CO2*. 12.

Котлер, Ф. (2008). *No TitleМаркетинг по Котлеру*. 282.