

**Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola pada Permukaan Kaca  
Preparat Menggunakan Trimetilklorosilan**

**SKRIPSI**

Oleh :

**TEGUH ANDI ADITYA MARYADI  
145090201111038**



**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

**Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola pada Permukaan Kaca  
Preparat Menggunakan Trimetilklorosilan**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana sains dalam bidang Kimia

Oleh :

**TEGUH ANDI ADITYA MARYADI**  
**145090201111038**



**JURUSAN KIMIA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2018**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola pada Permukaan Kaca Preparat Menggunakan Trimetilklorosilan

Oleh:

**Teguh Andi Aditya Maryadi**  
**145090201111038**

Setelah dipertahankan di depan majelis penguji  
pada tanggal... **17 JUL 2018**  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Sains dalam bidang kimia

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. rer. nat. Rachmat Triandi T., S.Si., M.Si  
NIP. 197207172000031002

Drs. Danar Purwonugroho, M.Si  
NIP. 196006101992031002



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia  
Universitas Brawijaya

Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 197310202002121001

# LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Teguh Andi Aditya Maryadi  
NIM : 145090201111038  
Jurusan : Kimia  
Penulis Skripsi Berjudul :

## **Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola pada Permukaan Kaca Preparat Menggunakan Trimetilklorosilan**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang tercantum di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala risiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 10 Juli 2018  
Yang menyatakan



Teguh Andi Aditya Maryadi  
145090201111038

# **Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola pada Permukaan Kaca Preparat Menggunakan Trimetilklorosilan**

## **ABSTRAK**

Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca preparat dilakukan menggunakan trimetilklorosilan. Pada penelitian ini, kaca hidrofobik berpola dibuat untuk mempelajari faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap sifat lapisan hidrofobik termasuk diantaranya preparasi kaca preparat, kadar trimetilklorosilan yang digunakan, dan metode pembuatan pola lapisan hidrofobik pada permukaan kaca. Kaca preparat yang dipreparasi menggunakan metanol,  $H_2SO_4$ , dan HF menjadi lebih hidrofilik. Kaca bening dan bersih dihasilkan dari preparasi kaca menggunakan metanol dan  $H_2SO_4$ , sedangkan kaca yang dipreparasi menggunakan HF menjadi buram dan kasar. Kaca yang telah dipreparasi kemudian direndam dalam trimetilklorosilan dengan konsentrasi 11%, 22%, dan 33% selama 24 jam pada temperatur  $50^\circ C$ . Kaca hidrofobik dengan sudut kontak terbaik dihasilkan dari trimetilklorosilan 33% dengan sudut kontak sebesar  $84,459^\circ$  pada kaca yang dipreparasi dengan larutan HF. Lapisan hidrofobik yang terbentuk dapat dibuat berpola melalui metode perendaman dalam asam sulfat selama 30 menit. Karakterisasi FT-IR dan SEM dilakukan untuk melengkapi informasi lapisan hidrofobik. Lapisan hidrofobik yang terbentuk tahan terhadap sonikasi. Namun, pengujian pemanasan pada  $300^\circ C$  mengakibatkan lapisan hidrofobik rusak.

Kata kunci: lapisan hidrofobik, trimetilklorosilan, kaca, sudut kontak

## **Preparation of Hydrophobic Patterned Surface Coating on Slide Glass by using Trimethylchlorosilane**

### **ABSTRACT**

Preparation of hydrophobic coating on slide glass surface was done using trimethylchlorosilane. In this research, patterned hydrophobic glass was synthesized to investigate the factors that can affect the properties of the hydrophobic layer including slide glass preparations, the concentration of trimethylchlorosilane that used, the method to make pattern of hydrophobic coating on the glass surface. The prepared slide glass using methanol,  $H_2SO_4$ , and HF becomes more hydrophilic. The transparent and clean glass is obtained from the preparations method using methanol and  $H_2SO_4$ . However the prepared glass using HF becomes blur and rough. The prepared glasses were immersed in trimethylchlorosilane with concentrations of 11%, 22%, and 33% for 24 hours at  $50^\circ C$ . The hydrophobic glass with the best contact angle was synthesized from 33% trimethylchlorosilane with the contact angle of  $84.459^\circ$  on the glass which was prepared with HF solution. The hydrophobic coating made can be patterned through an immersion method in sulfuric acid for 30 minutes. Characterizations using FT-IR and SEM were performed to provide the hydrophobic coating information. The hydrophobic layer was found resistant to sonication. However, when heated at the temperature of  $300^\circ C$  the hydrophobic layer was damaged..

**Key words:** Hydrophobic coating, trimethylchlorosilane, glass, contact angle

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul **Pembuatan lapisan hidrofobik berpola pada permukaan kaca preparat menggunakan trimetilklorosilan** dapat tersusun dan terselesaikan dengan baik. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Ucapan terimakasih ditujukan kepada:

1. Dr.rer.nat. Rachmat Triandi T., S.Si., M.Si selaku pembimbing I dan Drs. Danar Purwonugroho, M.Si selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, dukungan, saran, perhatian dan doa yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
2. Drs. Danar Purwonugroho, M.Si selaku penasihat akademik yang telah memberikan semangat, dukungan dan nasihat.
3. Masruri, S.Si, M.Si, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia dan segenap staf pengajar Jurusan Kimia atas semua bimbingan, bantuan dan ilmu yang telah diberikan.
4. Kedua orang tua penulis serta segenap keluarga besar atas segala dukungan dan do'a yang diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman satu kelompok penelitian Laboratorium Anorganik, Tomi, Nadia, Indri, Domas, Vany, Dyah, Revani, Vivi, Mas Bari, Cinta, Nabilah, Ayu, teman-teman Kimia 2014, dan anggota resolusi kedepan atas semua bantuan, dukungan serta motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Seluruh pihak dan instansi yang membantu terselesaikannya penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran guna perbaikan dan penyempurnaan sehingga dapat bermanfaat bagi pihak yang membaca.

Malang, 10 Juli 2018

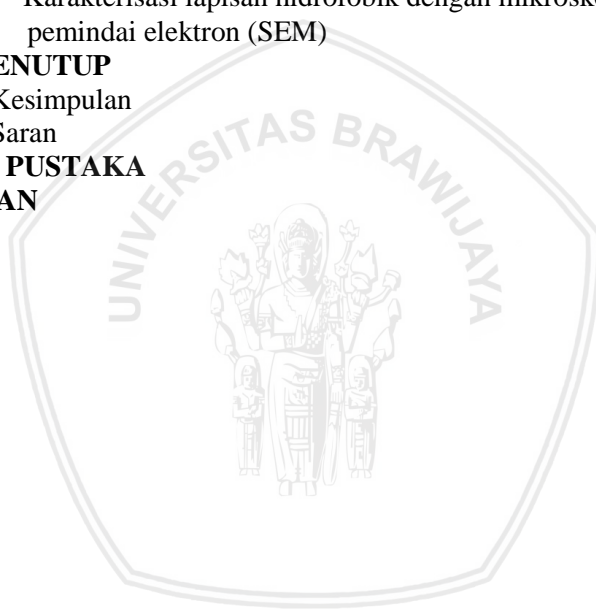
Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b>	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vi
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xii
<b>DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG</b>	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	5
2.1 Kaca	5
2.2 Metode Pembuatan Lapisan Hidrofobik pada Permukaan Kaca	7
2.3 Agen Pemodelifikasi Permukaan	8
2.4 Proses Preparasi menggunakan Metanol, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> dan HF	9
2.5 Karakterisasi Lapisan Hidrofobik	10
2.5.1 Spektrofotometer fourier transform-infrared (FT-IR)	10
2.5.2 Hidrofobisitas lapisan	11
2.5.3 Sonikator	12
<b>BAB II METODE PENELITIAN</b>	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.4 Prosedur Kerja	14
3.4.1 Preparasi kaca preparat	14
3.4.2 Pembuatan pola pada permukaan Kaca	15
3.4.3 Preparasi larutan campuran TMCS	16
3.4.4 Pembuatan lapisan hidrofobik	16
3.4.5 Karakterisasi menggunakan FT-IR	17



3.4.6	Karakterisasi sudut kontak	17
3.4.7	Uji Ketahanan Lapisan	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		19
4.1	Preparasi Kaca Preparat	19
4.2	Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola	20
4.3	Variasi Kosentrasi Trimetilklorosilan pada Pembuatan Lapisan Hidrofobik	22
4.4	Karakterisasi Kaca Hidrofobik Berpola	24
4.4.1	Karakterisasi dengan FT-IR	24
4.4.2	Karakterisasi sudut kontak kaca hidrofobik berpola	28
4.4.3	Uji ketahanan lapisan hidrofobik	31
4.4.4	Karakterisasi lapisan hidrofobik dengan mikroskop pemindai elektron (SEM)	32
<b>BAB V PENUTUP</b>		35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		36
<b>LAMPIRAN</b>		40



**DAFTAR GAMBAR**

<b>Gambar 2.1</b>	: (a) Struktur tetrahedral $\text{SiO}_4$ , (b) Struktur ikatan Si-O dan Si-O-Si, (c) Struktur cincin pada kaca silika	7
<b>Gambar 2.2</b>	: Struktur TMCS	9
<b>Gambar 2.3</b>	: Reaksi sililasi dengan TMCS	9
<b>Gambar 2.4</b>	: Hasil analisis FTIR aerogel silika yang telah dimodifikasi dengan TMCS	11
<b>Gambar 2.5</b>	: Ilustrasi pengukuran sudut kontak	12
<b>Gambar 3.1</b>	: Diagram alur penelitian	14
<b>Gambar 3.2</b>	: Sketsa pola pada kaca dengan selotip ganda	15
<b>Gambar 4.1</b>	: Kaca hidrofobik berpola hasil metode selotip ganda	20
<b>Gambar 4.2</b>	: Kaca hidrofobik berpola hasil metode perendaman asam sulfat	21
<b>Gambar 4.3</b>	: Perbandingan spektrum inframerah kaca hidrofobik	25
<b>Gambar 4.4</b>	: Perbandingan spektrum inframerah serbuk kaca	27
<b>Gambar 4.5</b>	: Foto pengukuran sudut kontak pada permukaan kaca	30
<b>Gambar 4.6</b>	: Kurva perubahan sudut kontak pada kaca setelah perlakuan tanur	31
<b>Gambar 4.7</b>	: Hasil uji SEM pada kaca hidrofobik berpola	33
<b>Gambar A.1</b>	: Gambar diagram alur penelitian	40
<b>Gambar C.1</b>	: Skema pola lapisan hidrofobik menggunakan selotip ganda	42
<b>Gambar C.2</b>	: Skema pola lapisan hidrofobik menggunakan asam sulfat	42
<b>Gambar D.1</b>	: pengukuran sudut kontak kaca preparasi metanol	43
<b>Gambar D.2</b>	: pengukuran sudut kontak kaca preparasi asam sulfat	43
<b>Gambar D.3</b>	: pengukuran sudut kontak kaca preparasi HF	44
<b>Gambar D.4</b>	: Spektra FT-IR kaca metanol	44
<b>Gambar D.5</b>	: Spektra FT-IR kaca $\text{H}_2\text{SO}_4$	45
<b>Gambar D.6</b>	: Spektra FT-IR kaca HF	45

<b>Gambar D.7</b> : Spektra FT-IR Serbuk kaca tanpa perlakuan	46
<b>Gambar D.8</b> : Spektra FT-IR Serbuk kaca hidrofobik	46
<b>Gambar D.9</b> : Spektra FT-IR Serbuk kaca dengan perlakuan TMCS	47



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1</b>	: Komposisi Kaca Komersial (%berat)	5
<b>Tabel 3.1</b>	: Variasi Komposisi Larutan TMCS	16
<b>Tabel 4.1</b>	: Perbandingan kaca hasil preparasi dengan tanpa preparasi	20
<b>Tabel 4.2</b>	: Hasil pengukuran sudut kontak dengan variasi konsentrasi	23
<b>Tabel 4.3</b>	: Perbandingan frekuensi vibrasi kaca hidrofobik preparasi metanol, asam sulfat, dan HF	26
<b>Tabel 4.4</b>	: Perbandingan frekuensi vibrasi serbuk kaca hidrofobik	28
<b>Tabel 4.5</b>	: Hasil pengukuran sudut kontak kaca hidrofobik berpola metode pembuatan pola dengan selotip ganda	29
<b>Tabel 4.6</b>	: Hasil pengukuran sudut kontak kaca hidrofobik berpola metode pembuatan pola dengan asam sulfat	29
<b>Tabel E.1</b>	: Data sudut kontak kaca preparasi dan tanpa preparasi	48
<b>Tabel E.2</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi metanol	48
<b>Tabel E.3</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	49
<b>Tabel E.4</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi HF	50
<b>Tabel E.5</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik berpola dengan preparasi metanol menggunakan selotip ganda	51
<b>Tabel E.6</b>	: Sudut kontak kaca hidrofobik berpola dengan preparasi HF menggunakan selotip ganda	52
<b>Tabel E.7</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik berpola	53
<b>Tabel E.8</b>	: Data sudut kontak kaca hidrofobik hasil pengujian	54

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A. Diagram Alur Penelitian</b>	40
<b>Gambar A.1:</b> Diagram alur penelitian	40
<b>Lampiran B. Perhitungan Preparasi Larutan</b>	41
<b>B.1</b> Pembuatan campuran pelarut TMCS 33%	41
<b>B.2</b> Pembuatan campuran pelarut TMCS 22%	41
<b>B.3</b> Pembuatan campuran pelarut TMCS 11%	41
<b>B.4</b> Pembuatan Larutan HF 5%	41
<b>Lampiran C. Skema Pola Lapisan Hidrofobik</b>	42
<b>Tabel C.1</b> Skema pola lapisan hidrofobik menggunakan selotip ganda	42
<b>Tabel C.2</b> Skema pola lapisan hidrofobik menggunakan asam sulfat	42
<b>Lampiran D. Data Hasil Karakterisasi</b>	43
<b>Gambar D.1</b> pengukuran sudut kontak kaca preparasi metanol	43
<b>Gambar D.2</b> pengukuran sudut kontak kaca preparasi asam sulfat	43
<b>Gambar D.3</b> pengukuran sudut kontak kaca preparasi HF	44
<b>Gambar D.4</b> Spektra FT-IR kaca metanol	44
<b>Gambar D.5</b> Spektra FT-IR kaca H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	45
<b>Gambar D.6</b> Spektra FT-IR kaca HF	45
<b>Gambar D.7</b> Spektra FT-IR serbuk kaca tanpa perlakuan	46
<b>Gambar D.8</b> Spektra FT-IR serbuk kaca hidrofobik	46
<b>Gambar D.9</b> Spektra FT-IR serbuk kaca dengan perlakuan TMCS	47
<b>Lampiran E. Data hasil pengukuran sudut kontak</b>	48
<b>Tabel E.1</b> Data sudut kontak kaca preparasi dan tanpa preparasi	48
<b>Tabel E.2</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi metanol	48
<b>Tabel E.3</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	49
<b>Tabel E.4</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik dengan preparasi HF	50
<b>Tabel E.5</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik berpola dengan preparasi metanol menggunakan selotip ganda	51

<b>Tabel E.6</b> Sudut kontak kaca hidrofobik berpola dengan preparasi HF menggunakan selotip ganda	52
<b>Tabel E.7</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik berpola	53
<b>Tabel E.8</b> Data sudut kontak kaca hidrofobik hasil pengujian	54



## DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/Singkatan	Keterangan
%	Persentase
FT-IR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
mL	Mililiter
SEM	<i>Scanning electron microscopy</i>
°C	Derajat celcius
°	Derajat ukuran sudut
cm	Centimeter



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kaca merupakan padatan amorf dengan komposisi yang sangat beragam. Pada umumnya material kaca terbentuk dari silika dalam kombinasi dengan oksida logam melalui proses pada temperatur tinggi [1]. Terdapat tiga klasifikasi kaca silikat berdasarkan komposisi kimianya antara lain kaca silikat vitreous, kaca alkali silikat, dan kaca multikomponen. Komposisi terbesar pada ketiga jenis tersebut yaitu  $\text{SiO}_2$  [2]. Kaca sehari-hari digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari botol, bejana, cermin, kaca mobil serta kaca rumah [3]. Riset yang berhubungan dengan kaca sangat aktif dan produktif pada sepuluh tahun terakhir karena meningkatnya kesadaran dari industri pada sudut pandang pembuatan kaca lebih efisien dari kristal dan kaca ini memiliki peran penting dalam elektronika [4]. Salah satu sifat yang juga sangat penting pada aplikasi kaca yaitu sifat hidrofobik. Lapisan hidrofobik pada kaca menyebabkan kaca memiliki keuntungan sebagai anti adhesi, *anti biofouling*, mencegah korosi, pembersihan sendiri, dan lapisan hidrofobik berpola dapat digunakan pada deposisi selektif logam dalam pembuatan elektroda ozon [5, 6]. lapisan hidrofobik pada kaca dapat dibuat melalui metode pelapisan menggunakan agen pemodifikasi permukaan [7].

Lapisan hidrofobik pada kaca dapat dibuat melalui metode pelapisan pada permukaan kaca menggunakan bahan kimia yang bersifat hidrofobik dan surfaktan. Berbagai bahan kimia telah diteliti untuk membuat lapisan hidrofilik pada kaca silikat, air silikat, dan gel silikat menjadi lapisan hidrofobik atau untuk meningkatkan sifat hidrofobiknya [8]. Bahan kimia yang dapat menjadi agen pemodifikasi permukaan yaitu metiltrimetoksisilan (MTMS), Trimetilklorosilan (TMCS), heksametildisilan (HMDS), tetrametoksi silan (TMOS), tetraetoksisilan (TEOS), dan politetrafluoroetilen (TEFLON) [9, 10]. Penambahan agen pemodifikasi permukaan tersebut menyebabkan permukaan mengalami proses sililasi, yaitu proses penggantian gugus (-OH) dengan TMCS menjadi gugus O-Si-(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> sehingga bersifat hidrofobik [10].

Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca dapat melalui metode penyemprotan dengan politetrafluoroetilen menyebabkan lapisan putih yang dapat mengganggu sifat dasar dari



repository.ub.ac.id

kaca dan tidak signifikan meningkatkan hidrofobisitas [8]. Pembuatan lapisan hidrofobik juga dapat dilakukan menggunakan TMCS menghasilkan permukaan dengan sudut kontak  $110,1^{\circ}$ - $112,5^{\circ}$  [11]. Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca dapat dilakukan melalui metode perendaman menghasilkan sudut kontak  $100^{\circ}$ - $118^{\circ}$  pada permukaan kaca [7]. Metode perendaman ini dapat menghasilkan permukaan yang lebih bersifat hidrofobik dan relatif lebih mudah dilakukan.

Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana cara membuat lapisan hidrofobik pada permukaan kaca menggunakan TMCS sebagai agen pemodifikasi permukaan menggunakan metode yang mudah dan dapat memberikan hasil yang maksimal. Penelitian ini difokuskan untuk mempelajari pengaruh kadar TMCS dan pengaruh preparasi kaca terhadap sifat fisika dan kimia lapisan hidrofobik pada permukaan kaca serta pembuatan pola lapisan hidrofobik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan kadar TMCS yang ditambahkan terhadap sifat fisika dan kimia lapisan hidrofobik pada permukaan kaca yang dihasilkan?
2. Belum diketahui pembuatan pola hidrofobik pada permukaan kaca menggunakan larutan  $H_2SO_4$  dan selotip ganda
3. Belum diketahui pengaruh preparasi kaca menggunakan metanol,  $H_2SO_4$ , dan HF terhadap lapisan hidrofobik yang dihasilkan.

## 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian perumusan masalah diatas, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Kaca yang digunakan merupakan kaca preparat.
2. Proses pembersihan kaca dari pengotor dipanaskan dalam tanur pada temperatur  $300^{\circ}C$  selama 60 menit.
3. Preparasi kaca preparat menggunakan larutan metanol,  $H_2SO_4$ , dan HF.
4. Perendaman kaca dalam TMCS selama 24 jam pada temperatur  $50^{\circ}C$ .

5. Proses pengeringan kaca dipanaskan pada temperatur 80°C pada oven.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh kadar TMCS yang ditambahkan terhadap sifat fisika dan kimia lapisan hidrofobik pada permukaan kaca yang dihasilkan.
2. Mengetahui metode pembuatan pola pada kaca preparat menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan selotip ganda.
3. Mengetahui pengaruh metanol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HF dalam preparasi pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu metode referensi untuk pembuatan lapisan hidrofobik pada kaca. Selain itu, penelitian ini memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan TMCS yang menghasilkan lapisan hidrofobik terbaik dan pembuatan pola lapisan hidrofobik pada permukaan kaca preparat serta pengaruh preparasi kaca preparat menggunakan metanol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan HF terhadap lapisan hidrofobik yang dihasilkan.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kaca

Kaca merupakan padatan amorf dengan komposisi yang sangat beragam. Pada umumnya material kaca terbentuk dari silika dalam kombinasi dengan oksida logam melalui proses pada temperatur tinggi [1]. Pada prinsipnya, zat apapun dapat divitrifikasi dari keadaan cairnya menjadi kaca padat tanpa melalui proses kristalisasi, sehingga kaca merupakan padatan non kristal. Sebagian besar kaca yang tersedia secara komersial dibuat melalui metode alternatif dengan cara mendeposisi dari keadaan gas atau cairnya untuk membentuk kaca tipis yang padat [12, 13]. Padatan kaca yang terbentuk dapat dengan mudah dipecahkan namun padatan kaca dengan ketahanan yang tinggi dapat dibuat melalui bermacam-macam metode seperti pada pembuatan kaca anti peluru. Selain menggunakan deposisi senyawa kimia, pembuatan kaca juga dapat melalui metode sol-gel untuk mendapatkan kaca tanpa melalui proses pada temperatur yang tinggi [14].

Beberapa jenis kaca yang secara umum dibuat berdasarkan kandungannya yaitu kaca silika vitreous, kaca soda kapur, kaca borosilikat, kaca timah silikat, kaca aluminium silikat, kaca halida, kaca amorf semikonduktor, *chalcogenide* dan *chalcocalide glass*, kaca mengkilap, oksihalida, oksinitrit, oksikarbida kaca. Kandungan kimia yang terdapat pada kaca disajikan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Komposisi kaca komersial (%berat) [12]

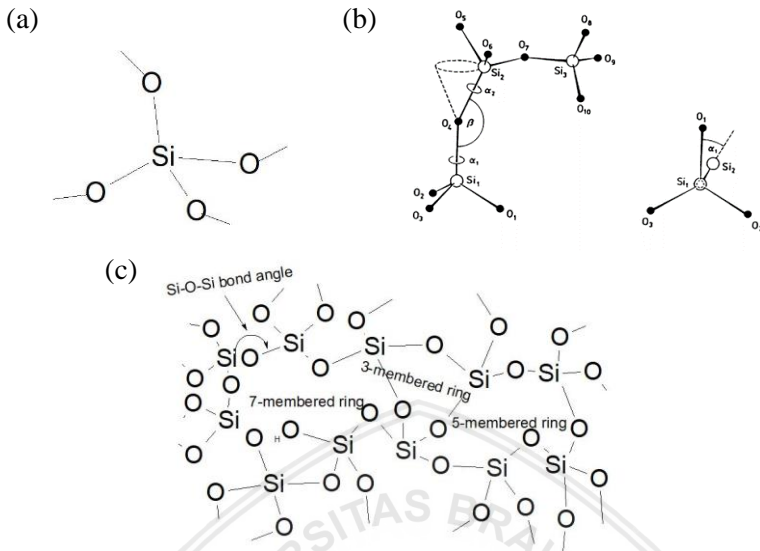
Kaca	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
<i>Flint Container</i>	72.6	1.6	0.05	11.0	0.1	13.7
<i>Green container</i>	72.7	1.1	0.96	8.4	2.1	15.1
Kaca datar	72.0	1.4	0.1	8.2	3.8	12.8
Borosilikat	80.2	2.6	0.07	0.1	-	4.5
Kristal timbal	54.9	0.1	0.02	-	-	0.2
Serat kaca	72.0	2.5	0.5	9.0	0.9	12.5
Aluminium silikat	56.0	20.5	0.01	5.5	12.0	1.0
<i>Light Flint</i>	52.5	0.2	-	0.3	-	-
<i>Dense Flint</i>	48.0	0.2	-	0.3	-	5.2

Secara umum kaca sebagian besar terdiri atas kandungan silika. Kandungan terbesar setelah silika adalah alkali oksida pada kaca silika. Hal ini tergantung pada viskositasnya saat proses peleburan. Kandungan alkali yang sedikit akan menyebabkan kaca sukar melebur. Sehingga pada saat peleburan kaca ditambahkan ion alkali untuk membantu proses peleburan kaca [8].

Struktur dari kaca silika lebih sederhana daripada struktur-struktur lain yang terdapat pada kaca. Struktur pada kaca terdiri atas  $\text{SiO}_4$  dengan bentuk tetrahedral yang terdistorsi berikatan satu sama lain pada tepi atau ujung-ujungnya seperti terlihat pada Gambar 2.1(a). Setiap atom oksigen bertindak sebagai penghubung antara struktur tetrahedral  $\text{SiO}_4$ , keadaan ini disebut jembatan oksigen. Gambar 2.1(c) terlihat ikatan antara silika dengan oksigen sebagai jembatan membentuk struktur cincin yang beragam Hampir semua oksigen sebagai jembatan oksigen kecuali terjadi kerusakan, sehingga oksigen berikatan dengan pengotor yang ditambahkan pada proses pembuatannya. Struktur permukaan kaca terjadi perubahan melalui pemanasan pada suhu tinggi. Proses penggantian ion natrium pada non bonding oksigen pada silikat menghasilkan ikatan Si-OH di permukaan kaca [15].

Pada struktur tetrahedral  $\text{SiO}_4$  membentuk sudut ikatan  $\beta$  pada ikatan Si-O-Si dan membentuk sudut ikatan  $\alpha$  pada ikatan Si-O seperti terlihat pada Gambar 2.1(b). Sudut ini besarnya bervariasi tergantung daripada ikatan yang terbentuk. Ketidakteraturan struktur pada kaca ini dianggap sebagai variasi terhadap sudut ikatan  $\alpha$  dan  $\beta$  untuk panjang ikatan. Panjang ikatan antara atom Si-O dan O-O sekitar  $2.5\text{\AA}$ - $5\text{\AA}$  [14].

Pada penelitian ini digunakan kaca preparat yang komposisinya sebagian besar adalah silika.  $\text{SiO}_4$  pada kaca ini terpolimerisasi berikatan satu dengan lainnya melalui jembatan oksigen. Sehingga pada sisi ujung permukaan terdapat gugus -OH yang memberikan sifat hidrofilik pada permukaan kaca.



**Gambar 2.1** (a) Struktur tetrahedral  $\text{SiO}_4$ , (b) Struktur ikatan Si-O dan Si-O-Si, (c) Struktur cincin pada kaca silika

## 2.2 Metode Pembuatan Lapisan Hidrofobik pada Permukaan Kaca

Struktur pada kaca memberikan peran penting pada sifat permukaan kaca dan proses yang terjadi pada permukaannya. Susunan atom pada permukaan kaca dapat mempengaruhi kekuatan mekanik kaca. Proses penggantian ion yang terjadi pada permukaannya oleh ion alkali sangat mempengaruhi kekuatan kaca, disisi lain juga dapat mempengaruhi karakter optik pada kaca tersebut [13, 16].

Metode pembuatan lapisan hidrofobik dapat dilakukan dengan cara menambahkan MTMS sebagai agen pemodifikasi permukaan yang memberikan sifat hidrofobik pada silika, sehingga terbentuk komposit  $\text{SiO}_2$ -MTMS pada lapisan permukaan kaca [5]. Pembuatan sifat hidrofobik pada silika dapat dilakukan dengan cara merendam silika pada larutan TMCS pada temperatur  $50^\circ\text{C}$  sehingga silika oksida akan mengalami proses sililasi membentuk permukaan yang bersifat hidrofobik [10, 17–19]. Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca dapat dilakukan cara merendam kaca preparat dalam larutan TMCS sehingga terbentuk lapisan hidrofobik pada permukaan kaca. Kaca tersebut kemudian diangkat dengan rate 7.5

cm/menit untuk mendapatkan lapisan hidrofobik yang rata pada permukaan kaca [7].

Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca dapat dilakukan melalui proses pembasahan. Interaksi yang terjadi merupakan interaksi antara larutan dengan permukaan benda padat. Material dengan sifat hidrofobik merupakan material yang memiliki keistimewaan yaitu anti adhesi karena kontak area pada permukaannya terhadap cairan sangat rendah sehingga interaksi kimia yang terjadi sedikit. Penelitian tentang preparasi lapisan hidrofobik pada kaca menjadi metode referensi yang paten karena sedikit diteliti. Pada proses pembuatannya terdapat tiga metode yaitu sistem molekul sederhana, matriks sol-gel yang didoping dengan senyawa organik polimer fluoro, dan organik-anorganik sol-gel nanokomposit. Pembuatan sistem molekul sederhana menggunakan larutan organik tersubstitusi silan dengan adanya gugus reaktif Si-X. Adanya gugus reaktif Si-X akan memutus ikatan Si-OH pada permukaan untuk menghasilkan ikatan Si-O-Si yang stabil dan molekul HX volatil. Permukaan hidrofobik dapat dihasilkan menggunakan substituen polifluoroalkil [20].

Pada penelitian ini digunakan metode perendaman untuk menghasilkan lapisan hidrofobik pada kaca secara sederhana sehingga dihasilkan sistem molekul sederhana yang mempunyai ikatan Si-O-Si-alkil yang dapat memberikan sifat hidrofobik.

### 2.3 Agen Pemodelifikasi Permukaan

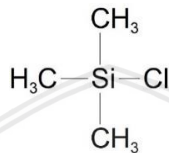
Modifikasi permukaan kaca dilakukan dengan tujuan menghasilkan kaca yang dapat diaplikasi pada bermacam-macam bidang. Proses modifikasi permukaan pada kaca ialah mengubah komposisi kimia dan fisika pada permukaan sehingga akan mempengaruhi sifat kimia dan fisika material kaca. Proses modifikasi dapat dilakukan dengan bantuan agen pemodifikasi permukaan. Penambahan agen pemodifikasi menyebabkan reaksi substitusi atom H pada gugus OH di permukaan kaca dengan gugus fungsi yang dapat memberikan sifat hidrofobik [10].

Pada penelitian ini digunakan agen pemodifikasi trimetilklorosilan (TMCS) yang mempunyai struktur senyawa terlihat pada gambar 2.2. Senyawa ini dapat menukarkan atom hidrogen pada gugus -OH dalam permukaan kaca melalui substitusi gugus  $-\text{Si}(\text{CH}_3)_3$

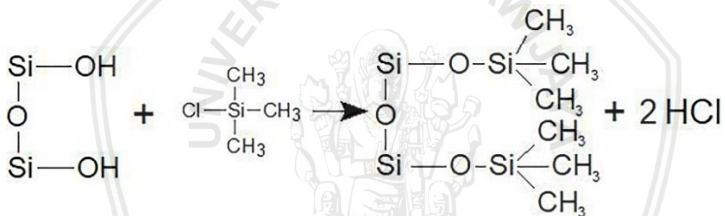
[21]. Proses substitusi ini juga disebut sebagai proses sililasi sesuai Gambar 2.3 dan persamaan 2.1.



Selain dapat mensililasi, TMCS juga dapat bertindak sebagai katalis pada reaksi sililasi yang sulit disililasi menggunakan agen pensililasi lain. Penggunaan TMCS dengan campuran agen sililasi lain akan menambah kereaktifan agen sililasi tersebut untuk bereaksi dengan gugus -OH [22]. Struktur TMCS dan reaksi sililasi secara berurutan pada Gambar 2.2 dan 2.3 [21].



**Gambar 2.2** Struktur TMCS



**Gambar 2.3** Skema reaksi sililasi dengan TMCS [23].

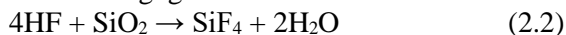
Penggunaan TMCS pada penelitian ini diharapkan dapat mensililasi dengan mengganti gugus silanol yang terdapat pada permukaan kaca menghasilkan gugus trimetilsiloksan untuk meningkatkan hidrofobisitas. Proses ini dilakukan pada temperatur 50°C untuk mempercepat reaksi sililasi.

## 2.4 Proses Preparasi menggunakan Metanol, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HF

Preparasi merupakan proses yang penting dalam prosedur penelitian. Lapisan permukaan pada material akan mempengaruhi sifat fisika material tersebut. Adhesi yang terjadi pada dua material berbeda dapat ditingkatkan dengan memperbesar energi permukaan. Peningkatan energi permukaan dapat meningkatkan keterbasahan permukaan oleh larutan. Penggunaan larutan HF pada permukaan berbasis silika dapat meningkatkan keterbasahan dan kekasaran



permukaan serta secara signifikan mengubah permukaan mikrostruktur [24]. Penggunaan alkohol pada proses pembentukan ikatan serat kaca sebagai agen pembersih dapat memperkuat ikatan yang terbentuk. Penambahan alkohol dapat melarutkan pengotor organik pada kaca. Penggunaan HF sebagai agen pembersih pada permukaan kaca secara efektif dengan memanaskan dalam gelas [25]. Proses destruksi terjadi pada permukaan kaca oleh larutan HF akibat dari reaksi HF dengan silika pada kaca menghasilkan gas  $\text{SiF}_4$  dan air. Pada permukaan kaca dihasilkan gugus hidroksi akibat reaksi ini.



Kaca yang dibersihkan melalui proses preparasi menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  secara efektif menghilangkan kandungan natrium, aluminium, dan kalsium pada kaca. Ion-ion logam pada kaca akan bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan garam sulfat. Proses substitusi terjadi pada ion logam dengan ion hidrogen menghasilkan gugus hidroksi pada struktur kaca. Struktur morfologi pada permukaan kaca yang dihasilkan memiliki tingkat kekasaran yang lebih tergantung pada konsentrasi asam sulfat yang digunakan [26]. Hal tersebut dapat meningkatkan proses terjadinya reaksi sililasi pada permukaan kaca. Penggunaan larutan etanol pada pencucian kaca untuk menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan bereaksi [8].

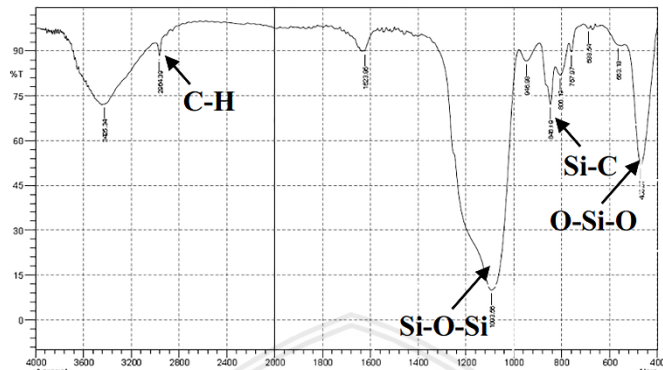
## 2.5 Karakterisasi Lapisan Hidrofobik

### 2.5.1 Spektrofotometer fourier transform-infrared (FT-IR)

FT-IR adalah salah satu instrumen yang menggunakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisis suatu senyawa kimia berdasarkan ikatan kimia. Radiasi inframerah dikenakan pada senyawa kimia sehingga senyawa tersebut akan mengalami gerakan rotasi dan vibrasi. Hasil spektra inframerah dari suatu senyawa dapat menjelaskan gambaran dan struktur molekul dari suatu senyawa tersebut [27]. Daerah bilangan gelombang yang sering digunakan adalah pada rentang 4000 hingga  $200 \text{ cm}^{-1}$ .

Spektra FTIR Gambar 2.4 menunjukkan gugus yang terdapat pada aerogel silika hasil sintesis. Puncak-puncak dengan intensitas tinggi menunjukkan gugus yang terdapat pada senyawa. Pada daerah puncak  $1093 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan vibrasi ulur asimetris Si-O dari Si-O-Si dan daerah serapan pada puncak  $468,67 \text{ cm}^{-1}$  merupakan serapan vibrasi tekuk Si-O-Si, pada daerah serapan  $2964,39 \text{ cm}^{-1}$  merupakan

hasil serapan gugus -C-H dan serapan Si-C pada daerah  $846,69 \text{ cm}^{-1}$  [18, 19].



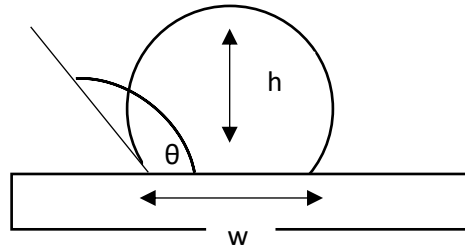
**Gambar 2.4** Hasil analisis FTIR aerogel silika yang telah dimodifikasi dengan TMCS

### 2.5.2 Hidrofobisitas lapisan

Interaksi antara permukaan hidrofobik dengan air adalah hal yang sangat penting pada penentuan hidrofobisitas lapisan. Secara umum fenomena yang terjadi pada interaksi antara air yang dijatuhkan pada permukaan dapat dikelompokkan menjadi interaksi sudut kontak, sudut geser, energi interaksi, dan kerja adhesi.

Hidrofobisitas lapisan dapat diketahui berdasarkan sudut kontak yang dibentuk dari interaksi air dengan permukaan. Sudut kontak merupakan interaksi statis antara permukaan dengan air yang dijatuhkan diatas permukaan pada kesetimbangan termodinamik [8]. Sudut kontak dapat dibedakan menjadi dua yaitu sudut kontak nyata dan sudut kontak maya. Sudut kontak nyata adalah sudut pada material substrat. Secara umum, pengukuran sudut kontak menggunakan goniometer. Pengukuran pada alat ini melalui penjatuhan air pada permukaan lapisan menggunakan kamera. Sudut kontak yang berada pada  $>90^\circ$  merupakan sudut kontak hidrofobisitasnya tinggi.

Gambar 2.5 merupakan ilustrasi pengukuran sudut kontak pada alat pengukur sudut kontak melalui persamaan 2.1 sudut kontak pada permukaan benda dapat diketahui. Pada penelitian ini dilakukan uji sudut kontak untuk mengetahui tingkat hidrofobisitas lapisan hidrofobik kaca yang dihasilkan menggunakan alat pengukur sudut kontak.



**Gambar 2.5** Ilustrasi Pengukuran Sudut Kontak [7]

Pada pengukuran sudut kontak menggunakan persamaan :

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = 2\frac{w}{h} \quad (2.1)$$

Keterangan : W = panjang dari dasar droplet air  
H = tinggi droplet air

### 2.5.3 Sonikator

Sonikasi merupakan pemberian gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi menggunakan alat sonikator. Metode ini sering dipakai dalam pembuatan molekul dengan ukuran kecil karena mampu memisahkan penggumpalan partikel serta dapat memecah ion-ion yang ada pada molekul [28]. Pada penelitian ini digunakan metode sonikasi untuk mengetahui ketahanan lapisan hidrofobik yang terbentuk dengan alat sonikator.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Kimia Instrumen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2018.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain peralatan gelas, oven, tanur *furnace* 6000 *Branstead Thermolyne*, pemanas listrik, Sonikator, alat FT-IR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy* 8400S), Alat pengukur sudut kontak, SEM FEI tipe *inspect S50*.

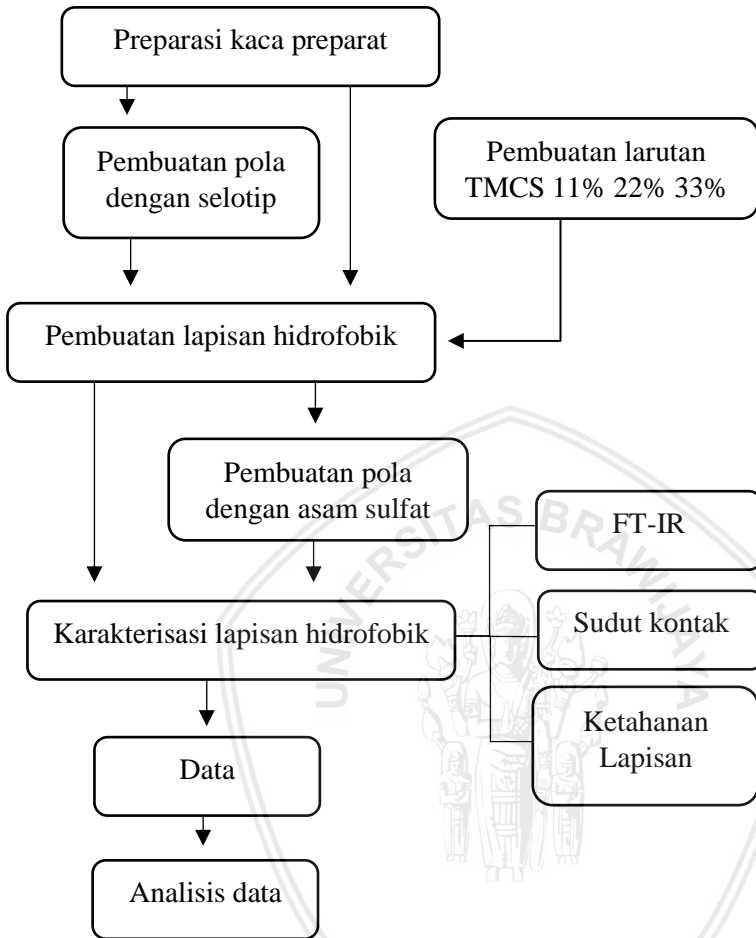
Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah TMCS 99% (Merck), n-heksana (Merck), metanol (Merck), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95-97% (Merck), HF 40% (Merck), aluminium foil, selotip ganda, akuades.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan kegiatan yaitu:

1. Preparasi kaca preparat
  - 1.1. Preparasi kaca dengan larutan metanol
  - 1.2. Preparasi kaca dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
  - 1.3. Preparasi kaca dengan larutan HF
2. Pembuatan pola pada permukaan kaca dengan selotip ganda
3. Preparasi larutan campuran TMCS 33% 22% 11%
4. Pembuatan lapisan hidrofobik
5. Pembuatan pola pada permukaan kaca dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
6. Karakterisasi lapisan hidrofobik
  - 6.1. Karakterisasi menggunakan FT-IR
  - 6.2. Uji sudut kontak
  - 6.3. Uji ketahanan lapisan hidrofobik

Tahapan penelitian tersebut dapat digambarkan sebagai diagram penelitian pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Preparasi kaca preparat

Preparasi kaca menggunakan larutan metanol yaitu pertama-tama larutan metanol sebanyak 20 mL dipipet dan dimasukkan ke dalam botol polietilen. Kaca preparat dimasukkan ke dalam botol polietilen yang berisi larutan metanol dan ditutup rapat, kemudian diletakkan dalam wadah berisi air dengan temperatur 50°C diatas pemanas listrik selama 24 jam. Setelah 24 jam, kaca preparat dikeluarkan dari dalam botol. Kaca dikeringkan menggunakan pompa

angin dan dipanaskan dalam tanur pada temperatur 300°C selama satu jam.

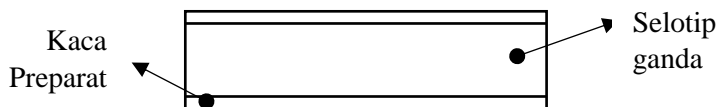
Preparasi kaca menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yaitu pertama-tama larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 30 mL dipipet dan dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kaca preparat dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Kemudian diaduk menggunakan alat kocok selama 30 menit. Kaca preparat dikeluarkan dari dalam gelas kimia dan direndam dalam air mendidih selama lima menit. Kaca dikeringkan menggunakan pompa angin dan dipanaskan dalam tanur pada temperatur 300°C selama satu jam.

Preparasi kaca menggunakan larutan HF yaitu pertama-tama kaca preparat dimasukkan ke dalam wadah polietilen yang berisi larutan HF 5% (HF:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) selama satu menit dengan dikocok. Kaca preparat dikeluarkan dari dalam gelas kimia dan direndam dalam air mendidih selama 5 menit. Kaca dikeringkan menggunakan pompa angin dan dipanaskan dalam tanur pada temperatur 300°C selama 1 jam. Perhitungan mengenai pembuatan larutan HF 5% terdapat pada Lampiran B1.

### 3.4.2 Pembuatan pola pada permukaan Kaca

Pada permukaan kaca preparat dibuat pembatas menggunakan selotip ganda dengan ukuran 1 cm di bagian tengah kaca seperti pada Gambar 3.1. Sehingga sebagian permukaan kaca tertutup dengan selotip ganda. Kemudian kaca preparat dipanaskan dalam oven selama 10 menit dengan suhu 100°C.

Pembuatan pola pada lapisan hidrofobik juga dilakukan melalui metode perendaman dalam asam sulfat pekat. Skema pembuatan pola tersaji pada lampiran C.2. Kaca hidrofobik yang telah direaksikan dengan trimetilklorosilan direndam dalam larutan asam sulfat pekat, sehingga sebagian kaca terendam dan sebagian lainnya tidak. Bagian kaca yang terendam memiliki tinggi 1 cm. Perendaman dilakukan selama 30 menit, kemudian kaca dicuci dalam air mendidih. Kaca dikeringkan menggunakan pompa angin dan di oven pada temperatur 100°C selama 30 menit.



**Gambar 3.2:** Sketsa pola pada kaca dengan selotip ganda

### 3.4.3 Preparasi larutan campuran TMCS

Pembuatan larutan TMCS 33% dengan perbandingan volume n-heksana dan metanol 1:1. Campuran pertama, membuat larutan TMCS 33% dengan cara mengambil metanol dengan volume sesuai Tabel 3.1 menggunakan pipet ukur, kemudian dimasukkan ke dalam botol polietilen. Larutan n-heksana diambil sesuai volume pada Tabel 3.1 menggunakan pipet ukur, kemudian ditambahkan pada larutan metanol dalam botol polietilen. Larutan TMCS 99% diambil sebanyak volume sesuai dengan Tabel 3.1 menggunakan pipet ukur, kemudian ditambahkan pada campuran larutan metanol dan n-heksana. Kemudian dilabeli dengan kertas label sebagai campuran pelarut TMCS 33%.

Pembuatan larutan TMCS 22% dan 11% sesuai dengan prosedur pembuatan larutan TMCS 33% menggunakan komposisi larutan sesuai dengan Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Variasi Komposisi Larutan TMCS

Konsentrasi TMCS	Komposisi (mL)		
	TMCS	metanol	n-heksana
11%	3,3	13,35	13,35
22%	6,6	11,7	11,7
33%	9,9	10,05	10,05

Perhitungan mengenai komposisi larutan yang ditambahkan dalam pembuatan larutan TMCS 11%, 22%, dan 33% terdapat pada Lampiran B2-B4.

### 3.4.4 Pembuatan lapisan hidrofobik

Pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca preparat dilakukan melalui metode perendaman, yaitu kaca preparat berpola yang telah dipreparasi direaksikan dengan larutan TMCS 11%. Kemudian dipanaskan pada wadah berisi air diatas pemanas listrik dengan temperatur 50°C selama 24 jam. Setelah 24 jam, kaca diangkat dan selotip ganda yang masih menempel pada permukaan kaca dibersihkan dengan cara melepaskannya. Proses selanjutnya yaitu kaca dikeringkan dalam oven pada temperatur 100°C selama satu jam. Kemudian kaca dikeluarkan dari oven dan disimpan pada desikator. Proses yang sama dilakukan pada pembuatan lapisan Hidrofobik pada

permukaan kaca preparat melalui metode perendaman menggunakan TMCS 22% dan TMCS 33%.

Prosedur pembuatan kaca hidrofobik berpola dengan metode pembuatan pola menggunakan selotip ganda tidak dilanjutkan setelah pengukuran sudut kontak. Hal tersebut disebabkan oleh saat perendaman dalam trimetilklorosilan, diketahui selotip terlepas. Sehingga terjadi kegagalan dalam pembuatan pola lapisan hidrofobik.

### **3.4.5 Karakterisasi menggunakan FT-IR**

Hasil pembuatan lapisan hidrofobik pada kaca preparat dikarakterisasi dengan spektrofotometri inframerah. Preparasi untuk karakterisasi dilakukan dengan cara kaca preparat diletakkan diantara dua celah yang dilewati berkas sinar inframerah dan dibuat spektrumnya pada rentang bilangan gelombang  $4000-400\text{ cm}^{-1}$ .

Identifikasi gugus fungsi juga dilakukan menggunakan kaca hidrofobik serbuk. Kaca hidrofobik dibuat menjadi serbuk dengan cara menggerus menjadi padatan halus. Serbuk kaca hidrofobik diidentifikasi menggunakan FT-IR dengan metode KBr.

### **3.4.6 Karakterisasi sudut kontak**

Karakterisasi sudut kontak menggunakan alat pengukur sudut kontak dengan cara meneteskan air pada permukaan kaca preparat. Penetesan air dilakukan pada bagian hidrofobik dan hidrofilik. Air sebanyak  $5\ \mu\text{L}$  diteteskan pada permukaan kaca. Tetesan air pada permukaan kaca difoto menggunakan kamera pada alat pengukur sudut kontak. Data foto yang diperoleh diolah menggunakan komputer dengan aplikasi pengukur sudut kontak untuk memperoleh data sudut kontak. Data sudut kontak air dirata-rata dari sudut kontak sisi kanan dan kiri.

### **3.4.7 Uji Ketahanan Lapisan**

Pengujian ketahanan lapisan hidrofobik pada permukaan kaca menggunakan alat sonikator dan pemanasan pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dalam tanur. Kaca hidrofobik diletakkan pada alat sonikator dan dilakukan sonikasi selama satu jam. Kaca hidrofobik dipanaskan pada suhu  $300^\circ\text{C}$  dalam tanur. Hasil kaca yang telah disonikasi dan dipanaskan dikarakterisasi menggunakan alat pengukur sudut kontak untuk melengkapi informasi ketahanan lapisan hidrofobik pada kaca.





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Preparasi Kaca Preparat

Kaca preparat masing-masing dipreparasi menggunakan larutan yang berbeda. Preparasi kaca preparat menggunakan larutan metanol didapatkan kaca yang terlihat seperti tidak ada perubahan. Kaca terlihat bening dan bersih dengan permukaan halus. Kaca tersebut kemudian dikarakterisasi menghasilkan sudut kontak yang bersifat hidrofilik. Sudut kontak mengalami penurunan jika dibandingkan dengan sudut kontak pada kaca preparat sebelum dipreparasi. Hal tersebut dikarenakan pada proses preparasi menggunakan metanol, pengotor organik yang terdapat pada kaca preparat akan terlarut dalam metanol. Terdapatnya pengotor organik yang memiliki karakteristik non polar akan menyebabkan sudut kontak menjadi tinggi. Penurunan sudut kontak tersebut menunjukkan berkurangnya pengotor yang terdapat pada permukaan kaca.

Pada hasil kaca yang telah dipreparasi menggunakan larutan asam sulfat menghasilkan kaca yang bening dan bersih dengan permukaan halus. Terlihat seperti tidak ada perubahan dibandingkan dengan kaca sebelum dipreparasi. Pada pengukuran sudut kontak terjadi penurunan sudut kontak kaca yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan pada proses preparasi terjadi reaksi antara pengotor pada kaca dengan asam sulfat. Pengotor natrium, kalsium dan aluminium yang berikatan pada kaca akan bereaksi dengan asam sulfat menghasilkan gugus hidroksi. Sehingga dihasilkan kaca yang memiliki gugus hidroksi lebih banyak. Gugus hidroksi yang memiliki karakteristik polar akan meningkatkan interaksi air pada permukaan kaca. Sehingga dihasilkan kaca yang memiliki sifat hidrofilik semakin tinggi.

Hasil kaca preparat yang dipreparasi menggunakan larutan HF 5% terlihat perubahan kaca menjadi buram dan kasar. Hal tersebut dikarenakan pada proses preparasi kaca terjadi destruksi senyawa. Senyawa silika pada kaca akan bereaksi dengan asam fluorida seperti pada reaksi persamaan 2.2.

Silika yang terdapat pada kaca terdestruksi menghasilkan gas  $\text{SiF}_4$  dan air. Hal tersebut yang menyebabkan pada permukaan kaca terlihat buram dan kasar. Kekasaran pada permukaan kaca tersebut akibat terbentuknya mikrostruktur. Hasil pengukuran sudut kontak

pada kaca yang telah dipreparasi terjadi penurunan. Penurunan sudut kontak tersebut diakibatkan adanya mikrostruktur yang terbentuk pada permukaan kaca sehingga meningkatkan interaksi energi permukaan. Selain itu pada preparasi menggunakan larutan HF 5% menghasilkan sudut kontak terkecil dibandingkan dengan kaca yang dipreparasi menggunakan larutan metanol maupun  $H_2SO_4$ . Hasil perbedaan ketiga kaca hasil preparasi menggunakan larutan yang berbeda dibandingkan dengan kaca tanpa preparasi disajikan pada Tabel 4.1.

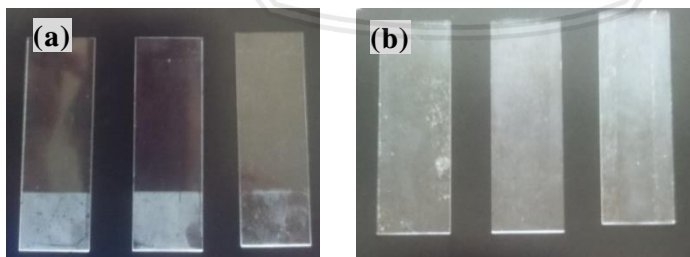
**Tabel 4.1** Perbandingan kaca hasil preparasi dengan tanpa preparasi

Jenis kaca	Sudut kontak ( $^{\circ}$ )	Kejernihan	Permukaan
Kaca tanpa preparasi	56,710	Jernih	Halus
Kaca preparasi metanol	27,607	Jernih	Halus
Kaca preparasi $H_2SO_4$	16,582	Jernih	Halus
Kaca preparasi HF	6,277	Buram	Kasar

Hasil pengukuran sudut kontak secara lengkap tersaji pada lampiran E.1

#### 4.2 Pembuatan Lapisan Hidrofobik Berpola

Pembuatan pola pada permukaan kaca dilakukan melalui dua metode yang berbeda. Pembuatan pola menggunakan selotip ganda dilakukan sebelum kaca direaksikan dengan trimetilklorosilan, agar sebagian permukaan pada kaca yang tertutupi oleh selotip ganda tidak bereaksi dengan trimetilklorosilan dan tetap menjadi lapisan hidrofilik serta sebagian lapisan yang tidak tertutupi akan bereaksi dengan trimetilklorosilan menghasilkan lapisan hidrofobik.

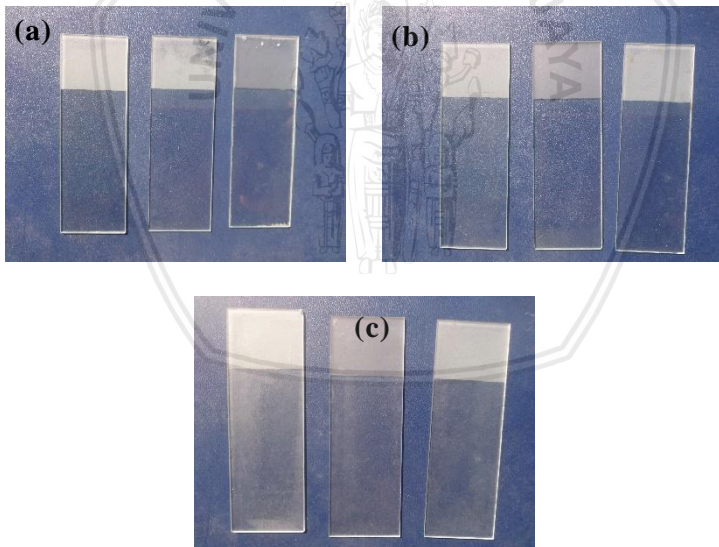


**Gambar 4.1:** Kaca hidrofobik berpola hasil metode selotip ganda. (a) Kaca preparasi metanol (b) kaca preparasi HF

repository.ub.ac.id

Hasil lapisan berpola didapatkan kaca yang kotor, pada permukaan kaca terdapat lem yang masih menempel terlihat pada Gambar 4.1. Lem tersebut berasal dari selotip ganda yang digunakan. Pembersihan lem yang menempel dilakukan menggunakan pelarut n-heksana karena bersifat non polar. Sebagian besar senyawa yang terdapat pada lem merupakan senyawa non polar, namun setelah dicuci dengan n-heksana didapatkan lem tetap menempel pada permukaan kaca dengan kuantitas yang sedikit berkurang.

Pada beberapa kaca yang dipola menggunakan selotip ganda didapatkan selotip terlepas pada proses perendaman dalam larutan trimetilklorosilan. Hal tersebut disebabkan karena ikatan antara lem dengan permukaan kaca tidak cukup kuat. Lem terlarut dalam n-heksana saat perendaman dengan trimetilklorosilan. Gaya ikatan yang terjadi pada interaksi lem dengan n-heksana lebih besar dibandingkan lem dengan permukaan kaca, sehingga selotip ganda terlepas. Hal tersebut menyebabkan batas bagian hidrofobik dan hidrofilik yang dibuat melalui penempelan selotip ganda tidak dapat diketahui.



**Gambar 4.2:** Kaca hidrofobik berpola hasil metode perendaman asam sulfat. (a) kaca preparasi metanol (b) kaca preparasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (c) kaca preparasi HF

repository.ub.ac.id

Pembuatan pola hidrofobik dan hidrofilik pada permukaan kaca juga dilakukan menggunakan larutan asam sulfat. Kaca hidrofobik yang telah direndam dalam larutan trimetilklorosilan dipola dengan cara perendaman dalam larutan asam sulfat pekat. Pola dibuat melalui perendaman kaca dalam asam sulfat, sehingga sebagian kaca tercelup. Pencelupan dilakukan dengan posisi kaca horizontal dengan 1 cm bagian kaca terendam. Hasil kaca berpola dengan metode perendaman dalam asam sulfat didapatkan kaca yang bersih dan bening terlihat pada Gambar 4.2. Batas antara bagian hidrofobik dan hidrofilik pada permukaan kaca dapat diketahui. Batas bagian tersebut dapat diketahui melalui pengujian menggunakan air yang diteteskan pada permukaan kaca. Pada bagian permukaan kaca yang tidak direndam menghasilkan kaca yang tidak tertutupi air, namun pada bagian kaca yang direndam menghasilkan permukaan yang tertutupi oleh air. Hal tersebut menunjukkan gaya adhesi air pada permukaan terendam asam sulfat lebih besar dibandingkan gaya adhesi pada permukaan yang tidak terendam. Gaya adhesi yang terjadi merupakan gaya adhesi air dengan senyawa pada permukaan kaca.

Kaca yang tidak terendam dengan asam sulfat akan tetap memiliki permukaan dengan karakteristik hidrofobik dari senyawa siloksan, sedangkan pada permukaan yang tercelup asam sulfat akan memiliki permukaan dengan karakteristik hidrofilik. Bagian hidrofilik tersebut akibat dari destruksi permukaan pada kaca saat proses perendaman dalam asam sulfat, sehingga gugus metil akan hilang menjadi gugus hidroksi. Gugus hidroksi yang memiliki sifat polar yang sama dengan air menjadikan interaksi permukaan pada bagian hidrofilik menjadi lebih besar.

#### **4.3 Variasi Konsentrasi Trimetilklorosilan pada Pembuatan Lapisan Hidrofobik**

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan kaca preparat yang telah dipreparasi dengan larutan metanol, asam sulfat, dan asam fluorida. Masing-masing kaca yang telah dipreparasi kemudian dikarakterisasi menggunakan alat pengukur sudut kontak dan direndam dalam larutan trimetilklorosilan dengan konsentrasi sesuai Tabel 3.1. Perendaman kaca pada larutan trimetilklorosilan dilakukan pada temperatur 50°C karena pada kondisi ini reaksi trimetilklorosilan terjadi secara maksimal

Hasil kaca yang telah direndam terlihat tidak menunjukkan perbedaan dibandingkan sebelum direndam. Perbedaan dapat diketahui setelah dilakukan karakterisasi pengukuran sudut kontak pada kaca yang telah direndam. Pengukuran sudut kontak menunjukkan adanya kenaikan pada kaca sebelum direndam dan setelah direndam dalam larutan trimetilklorosilan. Hal tersebut disebabkan oleh reaksi sililasi permukaan kaca pada saat perendaman. Atom Hidrogen pada gugus hidroksi dipermukaan kaca digantikan oleh senyawa metil dari trimetilklorosilan, sehingga menghasilkan gugus trimetilsiloksan dipermukaan kaca. Gugus trimetilsiloksan pada permukaan kaca memiliki sifat non polar yang akan memberikan karakteristik hidrofobik pada permukaan kaca. Perbedaan karakteristik permukaan yang ada pada kaca sebelum seperti dijelaskan pada sub bab 4.1 dan setelah direaksikan dengan trimetilklorosilan, menyebabkan perubahan sudut kontak.

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran sudut kontak dengan variasi konsentrasi

Jenis kaca	Kadar trimetilklorosilan	Sudut kontak (°)	
		pengulangan ke-1	pengulangan ke-2
Kaca 1	11%	74,349	74,915
	22%	74,434	75,788
	33%	77,285	77,984
Kaca 2	11%	75,251	76,994
	22%	76,720	77,284
	33%	78,962	80,457
Kaca 3	11%	79,020	76,373
	22%	80,935	79,158
	33%	82,077	80,796

Tabel 4.2 menunjukkan merupakan hasil rata-rata pengukuran sudut kontak, masing-masing menggunakan metode variasi yang berbeda dengan konsentrasi trimetilklorosilan sesuai Tabel 3.1. Data pengukuran secara lengkap tersaji pada lampiran E.2-E.4. Jenis kaca 1, 2, dan 3 secara berurutan masing-masing merupakan kaca yang dipreparasi dengan larutan metanol,  $H_2SO_4$ , dan HF. Hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan sudut kontak pada konsentrasi terkecil hingga terbesar. Terlihat kecenderungan kenaikan sudut

repository.ub.ac.id

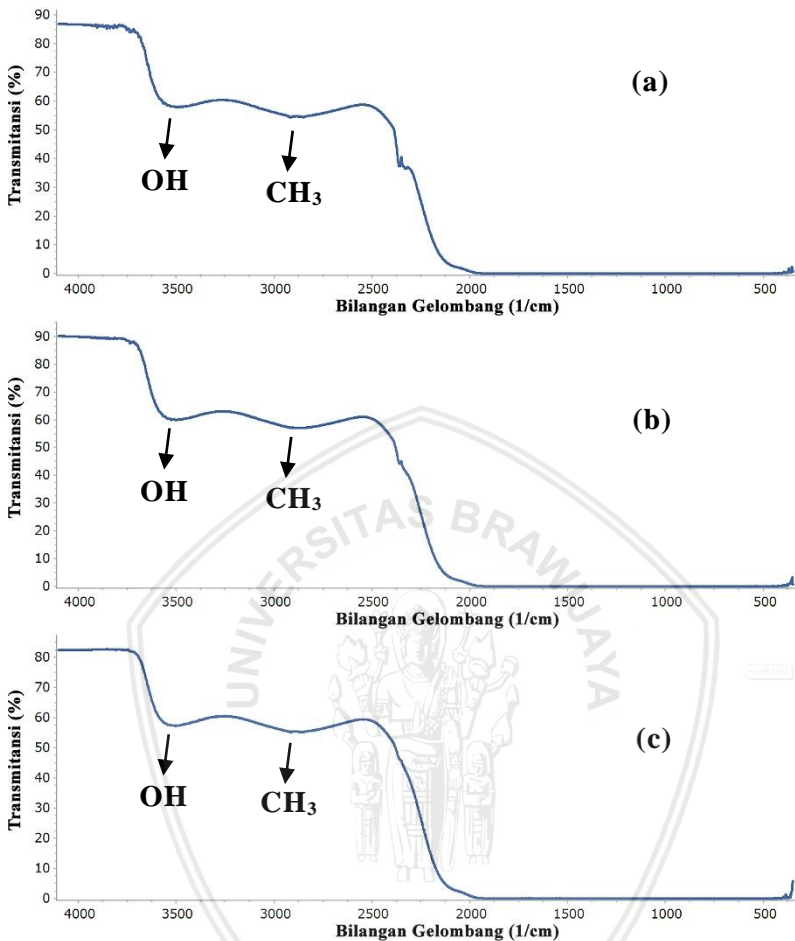
kontak pada masing-masing kaca dengan metode preparasi yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan semakin bertambahnya kadar trimetilklorosilan yang ditambahkan meningkatkan hasil sudut kontak kaca. Reaksi sililasi pada permukaan kaca menjadi lebih banyak sebanding dengan banyaknya trimetilklorosilan. Namun, sudut kontak pada semua konsentrasi masih berada dibawah  $90^\circ$  sehingga masih dapat dikatakan sebagai hidrofilik.

Hasil pengukuran sudut kontak menunjukkan sudut kontak tertinggi pada kaca dengan metode preparasi HF menggunakan konsentrasi trimetilklorosilan 33%. Hal tersebut menunjukkan adanya mikrostruktur yang terbentuk pada permukaan kaca dapat meningkatkan sudut kontak. Terdapatnya mikrostruktur akan memperbesar energi interaksi permukaan, namun pada kaca yang telah direndam dengan trimetilklorosilan akan memiliki permukaan hidrofobik. Sehingga interaksi hidrofobik pada permukaan kaca semakin besar yang menyebabkan hasil sudut kontak semakin tinggi. Selain pada kaca hasil preprasi larutan Hidrogen fluorida, mikrostruktur juga terbentuk pada kaca hasil preparasi larutan asam sulfat. Hal tersebut menyebabkan sudut kontak hasil preparasi asam sulfat lebih tinggi dibandingkan kaca hasil preparasi metanol.

#### **4.4 Karakterisasi Kaca Hidrofobik Berpola**

##### **4.4.1 Karakterisasi dengan FT-IR**

Kaca hidrofobik dengan hasil sudut kontak sesuai Tabel 4.2 diidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada masing-masing kaca dengan metode preparasi yang berbeda. Kaca dengan sudut kontak tertinggi pada masing-masing metode preparasi dikarakterisasi menggunakan instrumen FT-IR. Sampel kaca hidrofobik dipreparasi menggunakan dua metode preparasi yang berbeda untuk karakterisasi. Pertama, Kaca hidrofobik secara langsung dikarakterisasi tanpa metode preparasi KBr.



**Gambar 4.3** Perbandingan spektrum inframerah kaca hidrofobik (a) preparasi metanol, (b) preparasi asam sulfat, dan (c) preparasi HF

Hasil identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada spektrum inframerah Gambar 4.3 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara ketiga sampel. Pada masing-masing sampel terdapat serapan spesifik gugus OH dan CH<sub>3</sub> sesuai bilangan gelombang pada Tabel 4.3. Hasil tersebut menunjukkan adanya gugus CH<sub>3</sub> yang terdapat pada kaca hidrofobik merupakan hasil reaksi sililasi. Namun, terdapatnya serapan gugus hidroksi pada kaca menunjukkan masih terdapat atom hidrogen yang tidak tersubstitusi oleh metil. Hal



tersebut dapat disebabkan oleh karena struktur kaca preparat yang tidak homogen dan terdiri atas silika tetrahedral yang berikatan satu sama lain memiliki jumlah cincin ikatan yang berbeda, sehingga terdapat ikatan OH pada pori-pori kaca [14]. Atom hidrogen tersebut tidak dapat tersubstitusi oleh gugus metil yang disebabkan oleh ukuran gugus metil terlalu besar untuk menyubstitusi atom Hidrogen yang terdapat pada pori-pori kaca.

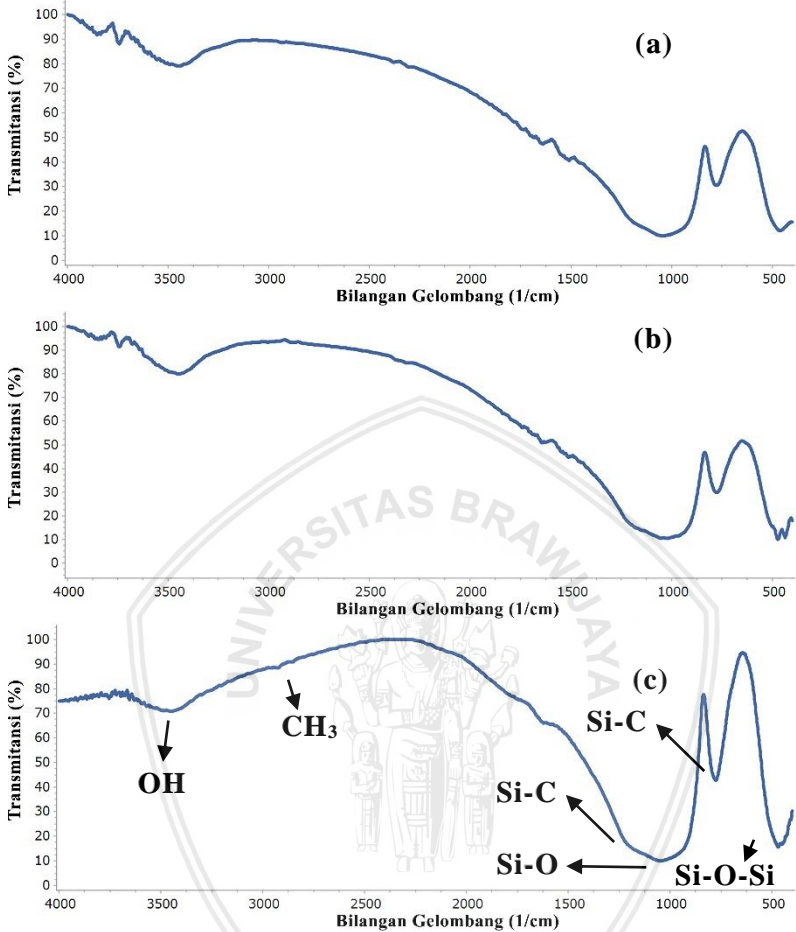
Pada masing-masing sampel terjadi serapan yang sangat besar terjadi pada daerah bilangan gelombang dibawah  $2000\text{ cm}^{-1}$  yang menyebabkan tidak dapat diidentifikasinya sebagian gugus fungsi. Hal tersebut disebabkan oleh kaca hidrofobik yang digunakan sebagai sampel terlalu tebal menyebabkan tidak adanya transmisi pada daerah dibawah  $2000\text{ cm}^{-1}$ . Hal tersebut menyebabkan gugus fungsi yang memiliki serapan dibawah  $2000\text{ cm}^{-1}$  tidak dapat diketahui.

**Tabel 4.3** Perbandingan frekuensi vibrasi kaca hidrofobik preparasi metanol, asam sulfat, dan HF

Vibrasi	Bilangan gelombang ( $1/\text{cm}$ )			Referensi
	Kaca metanol	Kaca $\text{H}_2\text{SO}_4$	Kaca HF	
O-H	3496,7	3502,49	3500,56	3440[17]
C-H <sub>3</sub>	2848,67	2839,02	2894,95	2900[17]

Metode preparasi sampel kaca hidrofobik kedua untuk karakterisasi inframerah dilakukan dengan cara menggerus kaca sehingga didapatkan sampel serbuk kaca hidrofobik. Serbuk kaca hidrofobik dikarakterisasi dan dibandingkan dengan serbuk kaca preparat. Selain itu, dibuat sampel serbuk kaca hidrofobik yang telah direaksikan dengan trimetilklorosilan 33% selama satu jam. Hasil spektrum inframerah ditampilkan sebagai Gambar berikut:

Hasil identifikasi gugus fungsi pada spektrum inframerah Gambar 4.4 menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan terjadi pada masing-masing sampel. Masing-masing sampel memiliki serapan spesifik gugus hidroksi dan Si-O-Si dengan bilangan gelombang sesuai Tabel 4.4.



**Gambar 4.4** Perbandingan spektrum inframerah serbuk kaca. (a) kaca tanpa perlakuan (b) kaca hidrofobik (c) kaca hidrofobik dengan perlakuan TMCS

Pada sampel serbuk kaca hidrofobik dengan perlakuan TMCS menunjukkan serapan pada bilangan gelombang 2928,50 cm<sup>-1</sup> yang diidentifikasi sebagai serapan gugus CH<sub>3</sub> [19]. Pada kaca hidrofobik dan kaca tanpa perlakuan, serapan ini tidak muncul. Sehingga dapat diidentifikasi lebih lanjut serapan yang terjadi pada bilangan gelombang 776,09 cm<sup>-1</sup> merupakan serapan ikatan Si-C yang terdapat pada kaca hidrofobik dengan perlakuan TMCS [18, 29]. Sedangkan

serapan pada bilangan gelombang 778,02  $\text{cm}^{-1}$  yang terdapat pada sampel lainnya merupakan serapan Si-O-Si renggangan [18]. Identifikasi gugus Si-C yang seharusnya terlihat pada bilangan gelombang 1260  $\text{cm}^{-1}$  [29] tidak terlihat pada hasil identifikasi, hal tersebut dapat disebabkan oleh serapan Si-C tertutup oleh serapan dari Si-O-Si yang tinggi dan lebar.

**Tabel 4.4** Perbandingan frekuensi vibrasi serbuk kaca hidrofobik

Vibrasi	Bilangan gelombang ( $1/\text{cm}$ )		
	Kaca tanpa perlakuan	Kaca Hidrofobik	Kaca hidrofobik dengan perlakuan TMCS
O-H	3451,18	3447,32	3433,82
C-H <sub>3</sub>	-	-	2928,50
Si-O	1044,18	1021,04	1042,25
Si-O-Si Dan Si-C	778,02	778,02	776,09
Si-O-Si	459,79	473,29	471,36

Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa reaksi sililasi terjadi pada saat serbuk kaca direaksikan dengan trimetilklorosilan yang menghasilkan ikatan Si-CH<sub>3</sub>. Hasil spektra inframerah ini memiliki serapan yang sesuai dengan literatur [17, 29–31]. Namun, tidak terlihatnya serapan CH<sub>3</sub> pada kaca hidrofobik yang seharusnya mempunyai serapan yang sama seperti kaca dengan perlakuan TMCS akibat dari proses penggerusan yang dilakukan. Pada proses penggerusan lapisan hidrofobik yang terdapat pada permukaan kaca mengalami kerusakan.

#### 4.4.2 Karakterisasi sudut kontak kaca hidrofobik berpola

Kaca hidrofobik berpola yang telah dibuat menggunakan selotip ganda maupun perendaman dalam asam sulfat dikarakterisasi menggunakan alat pengukur sudut kontak. Air yang tetesan diatas permukaan kaca sebanyak 5  $\mu\text{L}$ . Pengukuran dilakukan pada daerah hidrofobik dan hidrofilik. Sudut kontak air pada permukaan difoto dan diolah menggunakan aplikasi pengukur sudut kontak, sehingga didapatkan hasil sudut kontak pada bagian hidrofobik dan hidrofilik

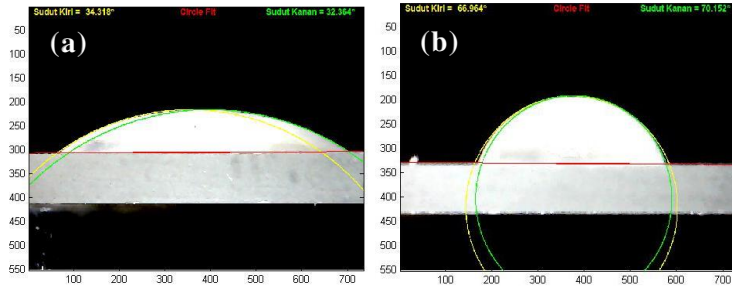
**Tabel 4.5** Hasil pengukuran sudut kontak kaca hidrofobik berpola metode pembuatan pola dengan selotip ganda

Metode preparasi	Konsentrasi TMCS	Sudut kontak (°)	
		Bagian hidrofilik	Bagian hidrofobik
metanol	11%	70,762	72,348
	22%	71,993	73,007
	33%	70,982	75,664
HF	11%	75,875	77,281
	22%	73,627	76,858
	33%	80,474	84,024

Hasil pengukuran sudut kontak menggunakan metode pembuatan pola dengan selotip ganda pada Tabel 4.5 memperlihatkan perbedaan yang tidak signifikan pada bagian hidrofobik dan bagian hidrofilik. Hasil pengukuran sudut kontak secara lengkap tersaji pada lampiran E.5-E.6. Perbedaan yang tidak signifikan disebabkan karena selotip ganda yang digunakan terlepas pada saat perendaman seperti dijelaskan pada sub bab 4.2. Selotip ganda yang digunakan tidak melindungi bagian pola, sehingga reaksi sililasi terjadi pada seluruh permukaan kaca. Reaksi tersebut menjadikan seluruh permukaan kaca memiliki karakteristik hidrofobik seperti ditunjukkan melalui pengukuran sudut kontak pada Tabel 4.5 yang memiliki perbedaan sudut kontak tidak berbeda jauh antara bagian hidrofobik dan hidrofilik.

**Tabel 4.6** Hasil pengukuran sudut kontak kaca hidrofobik berpola metode pembuatan pola dengan asam sulfat

Metode preparasi	Bagian kaca	Sudut kontak (°)
metanol	Hidrofilik	37,572
	Hidrofobik	76,338
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Hidrofilik	33,624
	Hidrofobik	69,045
HF	Hidrofilik	27,595
	Hidrofobik	75,295



**Gambar 4.5** Foto pengukuran sudut kontak pada permukaan kaca (a) bagian hidrofilik (b) bagian hidrofobik

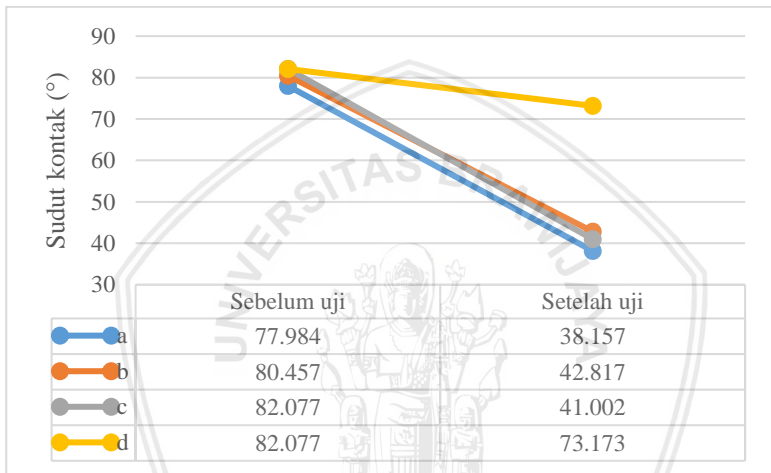
Hasil pengukuran sudut kontak menggunakan metode pembuatan pola dengan perendaman dalam asam sulfat pada Tabel 4.6 dan hasil secara lengkap tersaji pada lampiran E.7. Hasil tersebut memperlihatkan perbedaan sudut kontak pada bagian hidrofobik dan hidrofilik. Gambar air yang ditetaskan pada permukaan kaca terlihat pada Gambar 4.5 memiliki perbedaan bentuk tetesan pada bagian hidrofobik dan bagian hidrofilik. Bagian hidrofilik mengalami penurunan sudut kontak setelah direndam dalam asam sulfat. Hal tersebut diakibatkan oleh lapisan hidrofobik yang terbentuk pada permukaan kaca terdestruksi oleh asam sulfat sehingga sebagian lapisan rusak. Karakteristik hidrofobik pada permukaan kaca menjadi berkurang. Permukaan kaca yang mengalami kerusakan lapisan hidrofobik akan memiliki permukaan dengan struktur gugus hidroksi. Gugus ini yang meningkatkan interaksi permukaan dengan air yang menyebabkan sudut kontak menjadi lebih kecil.

Penyebab lainnya yang terjadi yaitu pada saat perendaman dalam asam sulfat. Sebagian kecil molekul-molekul asam sulfat berdifusi ke dalam pori-pori kaca pada bagian hidrofobik. asam sulfat yang masuk ke dalam pori-pori akan merusak lapisan hidrofobik kaca permukaan kaca sehingga sebagian kecil lapisan hidrofobik rusak akibat proses ini. Hal tersebut menyebabkan sudut kontak mengalami sedikit penurunan. Metode pembuatan pola lapisan hidrofobik melalui perendaman dalam asam sulfat lebih baik daripada menggunakan

selotip ganda karena menghasilkan bagian hidrofobik dan hidrofilik yang memiliki sudut kontak berbeda.

#### 4.4.3 Uji ketahanan lapisan hidrofobik

Kaca dengan sudut kontak tertinggi pada masing-masing metode preparasi dipotong sebagian dengan ukuran 1 cm<sup>2</sup>. Kaca tersebut kemudian diuji ketahanan sonikasi menggunakan sonikator dan panas pada tanur. Hasil kaca yang telah diuji diukur sudut kontak dengan hasil disajikan pada grafik berikut:



**Gambar 4.6** Kurva perubahan sudut kontak pada kaca setelah perlakuan tanur (a) kaca metanol (b) kaca H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (c) kaca HF. (d) kaca sonikasi

Gambar 4.6 menunjukkan hasil pengukuran sudut kontak pada kaca yang telah dilakukan pengujian menunjukkan penurunan sudut kontak pada sampel a, b, dan c yang diuji pada tanur dengan temperatur 300°C. Hal tersebut disebabkan oleh rusaknya lapisan hidrofobik. Lapisan hidrofobik rusak diakibatkan oleh terdekomposisinya senyawa metil pada permukaan kaca melalui proses pemanasan. Senyawa organik seperti metil akan terdekomposisi menjadi karbon pada temperatur 300°C. Pada kaca yang telah dipanaskan tidak terdapat lapisan hidrofobik sehingga terjadi penurunan sudut kontak.

repository.ub.ac.id

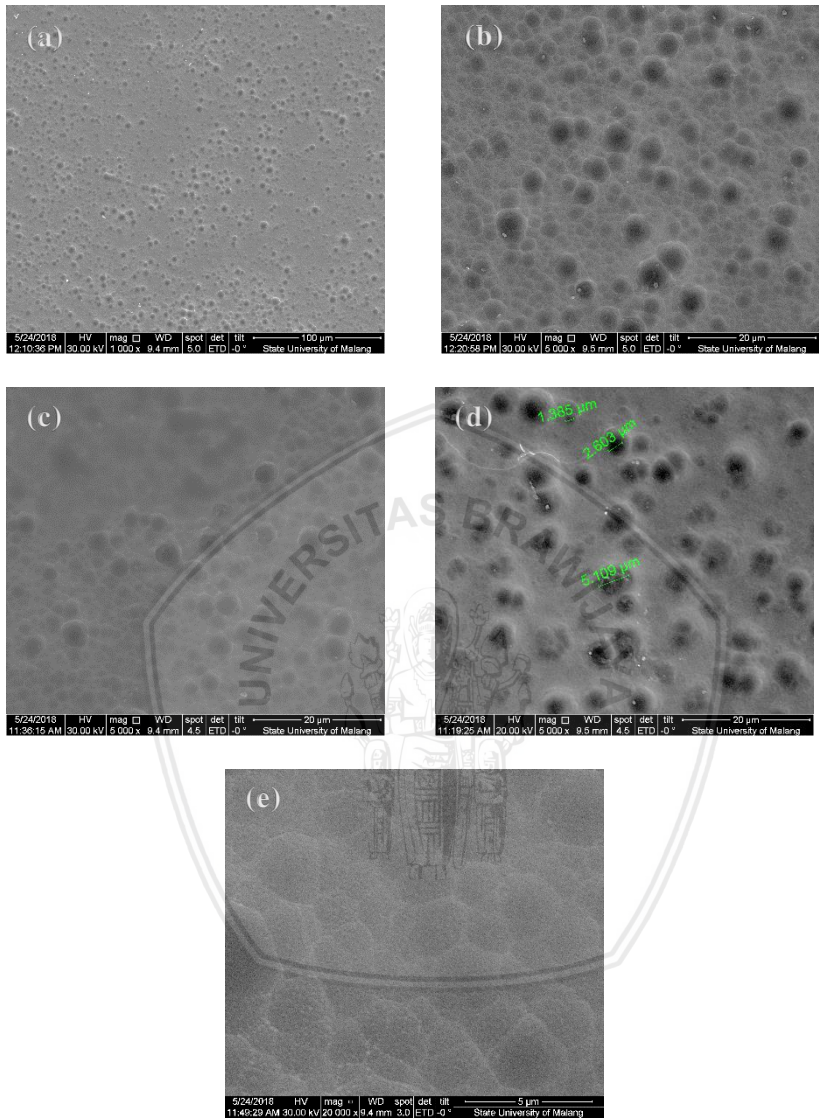
Hasil pengukuran sudut kontak pada kaca setelah dilakukan pengujian melalui pemberian gelombang ultrasonik selama satu jam menghasilkan kaca tidak mengalami penurunan sudut kontak secara signifikan. Data hasil pengukuran sudut kontak secara lengkap tersaji pada lampiran E.8. Senyawa metil yang berikatan secara langsung dengan atom Silikon pada gugus siloksan kaca merupakan ikatan yang kuat. Ikatan tersebut tidak dapat terputus oleh pemberian gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik hanya dapat memecah interaksi tarik menarik antar molekul-molekul. Sehingga, pada kaca yang telah diuji melalui sonikasi masih terdapat lapisan hidrofobik. Hal tersebut ditunjukkan melalui pengukuran sudut kontak yang tidak berbeda secara signifikan.

#### **4.4.4 Karakterisasi lapisan hidrofobik dengan mikroskop pemindai elektron (SEM)**

Hasil kaca hidrofobik yang memiliki pola lapisan dengan sudut kontak terbaik dikarakterisasi menggunakan mikroskop pemindai elektron. Kaca dengan metode preparasi HF menggunakan TMCS 33% yang telah berpola melalui perendaman asam sulfat dikarakterisasi.

Hasil uji SEM pada Gambar 4.7 menunjukkan bagian hidrofilik pada permukaan kaca yang memiliki permukaan lebih rata. Pada bagian ini mikrostruktur yang terbentuk lebih sedikit dibandingkan dengan bagian hidrofobik seperti terlihat pada Gambar 4.7 (c). Hal tersebut akibat dari preparasi kaca pada larutan HF yang menjadikan permukaan memiliki mikrostruktur.

Mikrostruktur yang terbentuk pada permukaan terdestruksi pada saat perendaman dalam asam sulfat sehingga struktur yang terbentuk menjadi lebih rata dengan sedikit mikrostruktur. Bagian yang memiliki sedikit mikrostruktur merupakan bagian hidrofilik seperti terlihat pada Gambar 4.7 (a). Pada bagian yang memiliki mikrostruktur yang lebih banyak merupakan bagian hidrofobik terlihat pada Gambar 4.7 (b). Mikrostruktur yang terbentuk memiliki ukuran yang berbeda-beda terlihat pada Gambar 4.7 (d).



**Gambar 4.7:** Hasil uji SEM pada kaca hidrofobik berpola (a) bagian hidrofilik (b) bagian hidrofobik (c) bagian perbatasan hidrofobik dan hidrofilik (d) mikrostruktur permukaan (e) lapisan hidrofobik

Lapisan hidrofobik yang terbentuk pada permukaan terlihat pada Gambar 4.7 (e). Lapisan hidrofobik yang terdapat pada



permukaan tidak sepenuhnya terlihat akibat dari senyawa yang membentuk lapisan merupakan senyawa metil yang tidak memiliki warna dan lapisan yang terbentuk merupakan lapisan tipis pada permukaan. Namun, terlihat pada permukaan tersebut terdapat lapisan putih buram yang diidentifikasi merupakan lapisan hidrofobik dari senyawa metil.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan hasil yang didapatkan, maka dapat disimpulkan:

- 1 Variasi komposisi TMCS yang digunakan pada pembuatan lapisan hidrofobik semakin meningkatkan sudut kontak dengan peningkatan kadar komposisinya. Lapisan hidrofobik yang terbentuk tahan terhadap sonikasi dan rusak dengan pemanasan 300°C.
- 2 Pembuatan pola lapisan hidrofobik menggunakan asam sulfat menghasilkan lapisan hidrofobik berpola lebih baik dibandingkan menggunakan selotip ganda.
- 3 Hasil lapisan hidrofobik berpola menggunakan preparasi HF 5% merupakan metode preparasi yang menghasilkan lapisan hidrofobik dengan sudut kontak tertinggi dibandingkan preparasi menggunakan metanol dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diharapkan pada penelitian selanjutnya dilakukan penentuan titik optimum kadar trimetilklorosilan yang direaksikan dengan sejumlah kaca dengan perbandingan luas permukaan kaca terhadap mol trimetilklorosilan agar didapatkan reaksi yang efisien dan hasil sudut kontak terbaik. Selain itu, perlu dilakukan metode pelapisan bertingkat untuk menghasilkan lapisan hidrofobik yang mempunyai sudut kontak lebih hidrofobik. Perlu dilakukan preparasi kaca H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan metode pendidihan untuk menghasilkan kaca yang terbebas dari pengotor ion logam.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Oxtoby, D. W., Gillis, H. P., & Nachtrieb, N. H. (2003). *Prinsip-2 Kimia Modern/2 Ed. 4*. Erlangga.
2. Hlavac, J. (1983). *The Technology Of Glass And Ceramics: An Introduction, Glass Science And Technology 4*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Company.
3. Akmal, I. (2009). *Seri Rumah Ide: Kaca Dan Fiber Glass (Edisi Pertama)*. Jakarta: Gramedia.
4. Rinto, A. (2011). **Preparasi Dan Karakterisasi Sifat Optik Kaca Posfat**. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 7(2).
5. Widati, A. A., Nuryono, N., Kartini, I., & Martino, N. D. (2017). **Silica-Methyltrimethoxysilane Based Hydrophobic Coatings On A Glass Substrate**. *Journal Of Chemical Technology And Metallurgy*, 52(6), 1123–1128.
6. Furukawa, Y., & Hoshino, T. (2007). **A Method For The Preparation Of Hydrophilic/Hydrophobic Patterned Surfaces By Using Photoinitiated Hydrosilylation**. In *Polymers And Adhesives In Microelectronics And Photonics, 2007. Polytronic 2007. 6th International Conference On* (Pp. 96–100). Ieee.
7. Hamidah, N., Rizkiana, M. F., Setyawan, P. D. I. H., Eng, M., & Affandi, M.S, D. I. S. (2012). **Pelapisan Hidrofobik Pada Kaca Melalui Metode Sol-Gel Dengan Precursor Waterglass**. *Jurnal Teknik Pomits*, 1, 1–4.
8. Sari, A. M. (2000). **The Effect Of Teflon Liquid Sprayed Silicate Glass Coating On Improving Its Hydrophobicity**, 99–104.
9. Pierre, A. C., & Rigacci, A. (2011). Sio2 Aerogels. In M. A. Aegerter, N. Leventis, & M. M. Koebel (Eds.), *Aerogels Handbook* (Pp. 21–45). New York, Ny: Springer New York.
10. Zaemi, H., Tjahjanto, R. T., & Darjito, D. (2013). **Sintesis Aerogel Silika Dari Lumpur Lapindo Dengan Penambahan Trimetilklorosilan (Tmcs)**. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(2), Pp–208.

11. Asrifah, & Supardi, Z. A. I. (N.D.). **Sintesis Lapisan Hidrofobik Berbasis Teos Pada Kaca Preparat Dengan Menggunakan Metode Sol-Gel**. 2017, 06(No 01), 1–4.
12. Doyle, P. J. (1994). *Glassmaking Today: An Introduction To Current Practice In Glass Manufacture*. Redhill: Portcullis Press.
13. Shelby, J. E. (2005). *Introduction To Glass Science And Technology (2nd Ed.)*. Cambridge: Royal Society Of Chemistry.
14. Varshneya, A. K. (1994). *Fundamentals Of Inorganic Glasses*. Boston: Academic Press.
15. Luo, J., Huynh, H., Pantano, C. G., & Kim, S. H. (2016). **Hydrothermal Reactions Of Soda Lime Silica Glass – Revealing Subsurface Damage And Alteration Of Mechanical Properties And Chemical Structure Of Glass Surfaces**. *Journal Of Non-Crystalline Solids*, 452, 93–101.
16. Zarzycki, J. (1991). *Glasses And The Vitreous State*. Cambridge University Press.
17. Nafikah, F., Tjahjanto, R. T., & Purwonugroho, D. (2013). **Pengaruh Temperatur Penggantian Pelarut Terhadap Hidrofobisitas Aerogel Silika**. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(1), Pp–112.
18. Rosmawati, A., Tjahjanto, R. T., & Prananto, Y. P. (2013). **Variasi Prosedur Preparasi Gel Pada Sintesis Aerogel Silika Dari Lumpur Lapindo**. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(2), Pp–161.
19. Zulfikar, M. A., Tjahjanto, R. T., & Darjito, D. (2014). **Pengaruh Ph Dan Konsentrasi Tmcs Pada Sintesis Aerogel Silika Dari Water Glass**. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(1), Pp–78.
20. Aegerter, M. A., & Mennig, M. (2004). *Sol-Gel Technologies For Glass Producers And Users*.
21. Hutabarat, E., & B., A. (2010). **Sintesis Aerogel Silika Berbasis Abu Bagasse Dengan Metode Pengeringan Pada**

**Tekanan Ambient Menggunakan Teknik Co-Precursor.**  
*Its, Surabaya.*

22. Boudjouk, P., Beon-Kyu, K., & Byung-Hee, H. (1996). **Trimethylchlorosilane And Water Convient Reagents For The Regioselective Hydrochlorination Ofolefins.** *Seoul, South Korea*, 26, 3479–3484.
23. Sinkó, K. (2010). Influence Of Chemical Conditions On The **Nanoporous Structure Of Silicate Aerogels.** *Materials*, 3(12), 704–740.
24. Ramakrishnaiah, R., Alkheraif, A., Divakar, D., Matinlinna, J., & Vallittu, P. (2016). **The Effect Of Hydrofluoric Acid Etching Duration On The Surface Micromorphology, Roughness, And Wettability Of Dental Ceramics.** *International Journal Of Molecular Sciences*, 17(12), 822.
25. Jang, H. K., Chung, Y. D., Whangbo, S. W., Lyo, I. W., Whang, C. N., Lee, S. J., & Lee, S. (2000). **Effects Of Chemical Etching With Hydrochloric Acid On A Glass Surface.** *Journal Of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, And Films*, 18(5), 2563.
26. Jang, H. K., Chung, Y. D., Whangbo, S. W., Lee, Y. S., Lyo, I. W., Whang, C. N., ... Kim, G. (2000). **Effects Of Chemical Etching With Sulfuric Acid On Glass Surface.** *Journal Of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, And Films*, 18(2), 401–404.
27. Silviyah, S. (2014). **Penggunaan Metode Ft-Ir (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma.** *Physics Student Journal*, (Vol 2, No 1 (2014)), Pp.242-270.
28. Delmifiana, B. (2013). **Pengaruh Sonikasi Terhadap Struktur Dan Morfologi Nanopartikel Magnetik Yang Disintesis Dengan Metode Kopresipitasi.** *Jurnal Fisika Unand*, 2(3).
29. Bangi, U. K. H., Venkateswara Rao, A., & Parvathy Rao, A. (2008). **A New Route For Preparation Of Sodium-Silicate-Based Hydrophobic Silica Aerogels Via**

**Ambient-Pressure Drying.** *Science And Technology Of Advanced Materials*, 9(3), 035006.

30. Madsen, F. B., Javakhishvili, I., Jensen, R. E., Daugaard, A. E., Hvilsted, S., & Skov, A. L. (2014). **Synthesis Of Telechelic Vinyl/Allyl Functional Siloxane Copolymers With Structural Control.** *Polym. Chem.*, 5(24), 7054–7061.
31. Silverstein, R. M., Bassler, G. C., & Morrill, T. C. (1991). ***Spectrometric Identification Of Organic Compounds (5th Ed.)***. New York: Wiley.

