



**TUGAS AKHIR - SF 141501**

**PENGARUH TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS  
PADA LAPISAN *HYDROPHOBIC* KOMPOSIT  
PDMS/SiO<sub>2</sub> DENGAN FASA SILIKA KRISTOBALIT**

Adhita Ferbi Irawati  
NRP 1111 100 075

Dosen Pembimbing  
Dr. Mochammad Zainuri, M.Si

Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - SF 141501**

**EFFECT OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE ON  
SILICA-CRISTOBALITE PHASE OF PDMS/SiO<sub>2</sub>  
HYDROPHOBIC COMPOSITE**

Adhita Ferbi Irawati  
NRP 1111 100 075

Advisor  
Dr. M.Zainuri, M.Si

Department of Physics  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**PENGARUH TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS  
PADA LAPISAN *HYDROPHOBIC* KOMPOSIT  
PDMS/ SiO<sub>2</sub> DENGAN FASA SILIKA KRISTOBALIT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains

pada

Bidang Fisika Material

Program Studi S-1 Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ADHITA FERBI IRAWATI**

NRP 1111100075

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. M. Zainuri, M.Si**

(.....)



# **PENGARUH TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS PADA LAPISAN *HYDROPHOBIC* KOMPOSIT PDMS/SiO<sub>2</sub> DENGAN FASA SILIKA KRISTOBALIT**

**Nama** : Adhita Ferbi Irawati  
**NRP** : 1111100075  
**Jurusan** : Fisika FMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Dr. Mochammad Zainuri, M.Si

## **Abstrak**

*Pasir Silika (SiO<sub>2</sub>) dari Pantai Bancar Tuban telah berhasil dimurnikan melalui proses leaching dan dapat direduksi ukurannya hingga orde nano. Serbuk SiO<sub>2</sub> dengan fasa kristobalit telah dikalsinasi dengan temperatur 1200°C. Bahan silika dan polydimethylsiloxane (PDMS) dikombinasikan menjadi bahan komposit pelapis yang bersifat hydrophobic. Komposit tersebut dilapiskan pada permukaan kaca ITO dan diperlakukan panas bervariasi, yaitu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C. Berdasarkan pengukuran sudut kontak antara air dan permukaan uji yang menggunakan kamera DSLR Cannon 650D dengan reverse ring sebagai pembalik lensa 58 mm, pada temperatur 100-400°C terjadi kenaikan besar sudut kontak dimana pada saat suhu 400°C memiliki sudut kontak paling tinggi, yaitu 126,4° yang mengindikasikan permukaan bersifat hydrophobic, tetapi pada temperatur 500°C menjadi hydrophilic dengan sudut kontak terendah 72,4°. Untuk tingkat transmitansinya, kenaikan temperatur 100-300°C cenderung 100%, tetapi 400°C memiliki nilai transmitansi paling rendah 20%.*

**Kata kunci:** *hydrophobic, sudut kontak, silika kristobalit, polydimethylsiloxane (PDMS).*

# **EFFECT OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE ON SILICA-CRISTOBALITE PHASE OF PDMS/SiO<sub>2</sub> HYDROPHOBIC COMPOSITE**

**By** : Adhita Ferbi Irawati  
**Student Identity Number** : 1111100075  
**Mayor** : Fisika FMIPA-ITS  
**Advisor** : Dr. M. Zainuri, M. Si

## **Abstract**

*Sand-contained silica Bancar Tuban has been purified by leaching and coprecipitation process to reduce the particles to nanoscale. The calcination process was performed at 1200°C to obtained cristobalite phase. Silica and polydimethylsiloxane (PDMS) were combined into a composite material as hydrophobic coating. That composite was coated on ITO glass surface and heated at 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C. Contact angle was photographed using DSLR Canon 650D with reverse ring as an inverting lens 58mm and measured by photoshop software (Cs6) from the photograph that has been obtained. The contact angle increased at 100-400°C, then decreased at 500°C. The highest contact angle was 126.4° at 400°C. It caused the surface hard to get wetted (hydrophobic) and 72.4° at 500°C for the lowest had a good wettability (hydrophilic). The transmittance was 100% for 100-300°C, but decreased until 20% at 400°C as a lowest.*

**Key words:** *hydrophobic, contact angel, crystobalite silica, polydimethylsiloxane (PDMS).*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir di jurusan Fisika FMIPA ITS dengan judul

### **Pengaruh Temperatur Perlakuan Panas Pada Lapisan *Hydrophobic* Komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan Fasa Silika Kristobalit**

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kelurga tercinta, Ayah, Ibu, dan saudara-saudara yang telah memberikan semangat, nasehat, kasih sayang, dan do'a restunya bagi penulis.
2. Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, wawasan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Yoyok, M.Si dan Bapak Dr. Malik, M.Si selaku dosen penguji yang memberikan banyak masukan dan wawasan dalam ujian Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng selaku Ketua Jurusan Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Finanti Rahayu selau *partner* susah senang dalam pembuatan tugas akhir ini.
6. Rizki, Syarifah, Keysha, Astrid, Mentari, Aden, Adel, Nia, dan Humat yang telah berbaik hati memberi semangat pada penulis.

7. Segenap teman-teman Fisika FOTON 2011 yang telah memberikan *support* terbaik bagi penulis. Terima kasih FOTON atas pelajaran berharga yang membuat kami menjadi sebuah keluarga.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kesalahan. Mohon kritik dan saran pembaca guna menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak. Amiin Ya Rabbal Alamiin.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Cover Page</b> .....	ii
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	iii
<b>Abstrak</b> .....	iv
<b>Abstract</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vi
<b>Daftar Isi</b> .....	ix
<b>Daftar Gambar</b> .....	xi
<b>Daftar Tabel</b> .....	xiii
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xiv

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Kemampuan Tahan Air .....	5
2.2 Sudut Kontak .....	6
2.3 Komposit .....	9
2.4 Silika .....	10
2.5 PDMS .....	12

### **BAB III METODOLOGI**

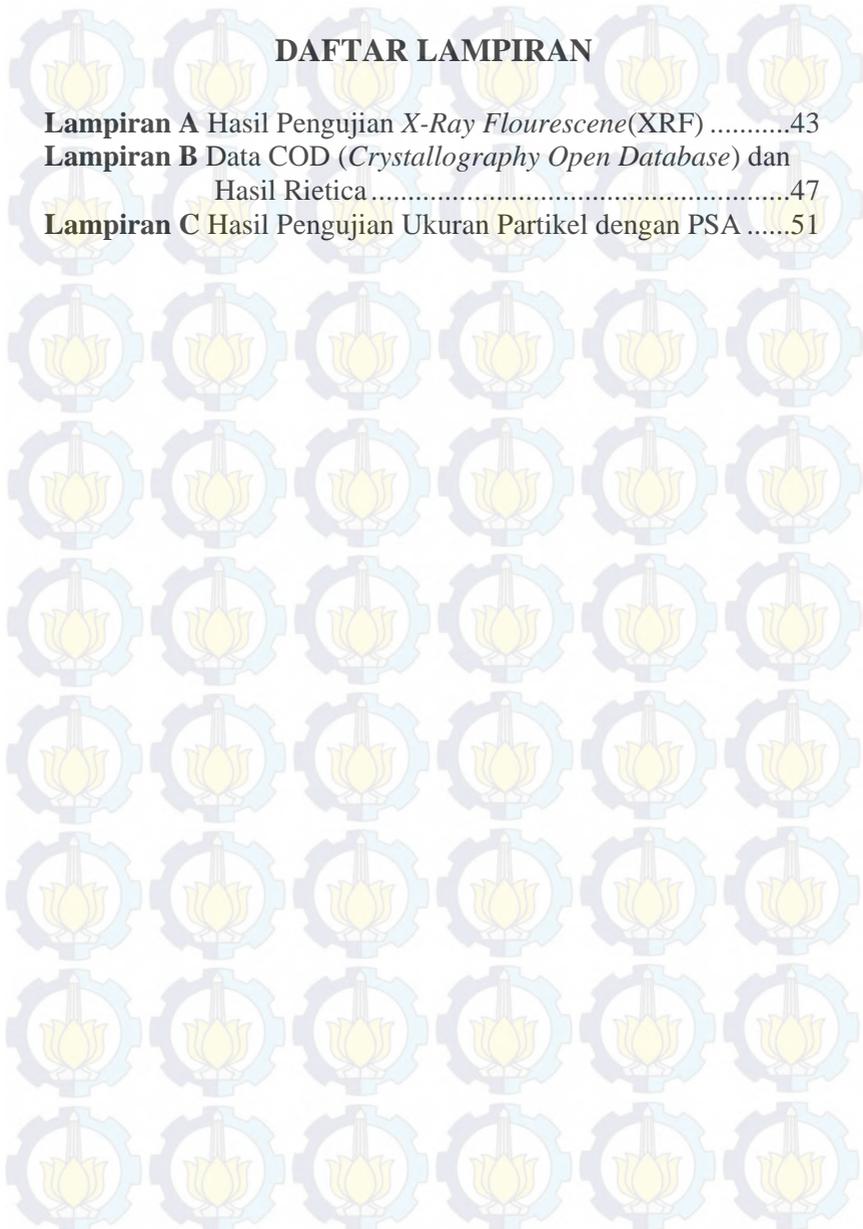
3.1 Alat dan Bahan .....	13
3.1.1 Alat .....	13
3.1.2 Bahan .....	13
3.2 Prosedur Sintesis .....	13
3.2.1 Preparasi Prekursor Silika .....	13

3.2.2 Preparasi Lapisan <i>Hydrophobic</i> .....	14
3.2 Diagram Alir Penellitian .....	15
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisis Silika Pantai Bancar, Tuban .....	17
4.1.1 Analisis Purifikasi Silika.....	17
4.1.2 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Silika .....	18
4.2 Analisis Komposit PDMS/SiO <sub>2</sub> .....	22
4.2.1 Analisis Gugus Fungsi Komposit PDMS/SiO <sub>2</sub> .....	22
4.2.2 Analisis Mikrostruktur Komposit PDMS/SiO <sub>2</sub> .....	24
4.3 Analisis Sifat Kebasahan Lapisan <i>Hydrophobic</i> .....	25
4.3.1 Analisis Transmittansi Lapisan <i>Hydrophobic</i> .....	26
4.3.2 Analisis Sudut Kontak Antara Air dan Permukaan Bahan Uji .....	27
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	41
<b>LAMPIRAN</b> .....	43
<b>BIODATA PENULIS</b> .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Foto SEM permukaan daun lotus	5
Gambar 2.2	Ilustrasi sudut kontak	6
Gambar 2.3	Ilustrasi model Young	7
Gambar 2.4	Ilustrasi model Wenzel	8
Gambar 2.5	Ilustrasi model Cassie-Baxter	9
Gambar 3.1	Diagram alir sintesis SiO <sub>2</sub>	15
Gambar 3.2	Diagram alir pembentukan lapisan <i>hydrophobic</i>	16
Gambar 4.1	Perubahan warna silika saat dilakukan pemurnian	19
Gambar 4.2	Hasil uji DSC/TGA serbuk silika untuk menentukan temperatur kalsinasi	20
Gambar 4.3	Hasil pola XRD silika kristobalit	21
Gambar 4.4	Hasil Citra SEM silika kristobalit	21
Gambar 4.5	Hasil pengujian FTIR ikatan komposit PDMS/SiO <sub>2</sub>	24
Gambar 4.6	Morfologi permukaan substrat yang telah dilapisi komposit PDMS/SiO <sub>2</sub>	25
Gambar 4.7	Hasil pengujian transmitansi substrat yang telah dilapisi	27
Gambar 4.8	Perbedaan kaca yang dilapisi dan tidak dilapisi	28
Gambar 4.9	Sudut kontak lapisan <i>hydrophobic</i> PDMS/SiO <sub>2</sub> dengan silika kristobalit	28
Gambar 4.10	Sudut kontak yang terukur dari tetesan air	30
Gambar 4.11	Grafik hubungan temperatur dan sudut kontak lapisan <i>hydrophobic</i> yang diberi perlakuan panas	31
Gambar 4.12	Ilustrasi hirarki struktur partikel SiO <sub>2</sub> sebelum pemanasan (atas), setelah diberi pemanasan suhu 300°C (tengah), dan	32

- setelah diberi pemanasan suhu  $400^{\circ}\text{C}$   
(bawah)
- Gambar 4.13 Citra SEM hirarki struktur lapisan 32  
*hydrophobic* yang terbentuk dari komposit  
PDMS/SiO<sub>2</sub>
- Gambar 4.14 Citra SEM hirarki struktur lapisan 34  
komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>
- Gambar 4.15 Ilustrasi hirarki struktur yang mengalami 35  
kerusakan akibat pemberian suhu  $500^{\circ}\text{C}$
- Gambar 4.16 Hasil Uji FTIR lapisan variasi suhu  $400^{\circ}\text{C}$  37  
dan  $500^{\circ}\text{C}$



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A</b> Hasil Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	43
<b>Lampiran B</b> Data COD ( <i>Crystallography Open Database</i> ) dan Hasil Rietica .....	47
<b>Lampiran C</b> Hasil Pengujian Ukuran Partikel dengan PSA .....	51

# BAB 1 PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sebuah terobosan yang baru ditemukan melalui pengamatan perilaku kebasahan di atas daun talas, kini mampu dikembangkan pengaplikasiannya dalam berbagai hal. Salah satunya adalah pelapisan pada kaca-kaca mobil sebagai material anti air. Daun talas memiliki keunikan dalam struktur permukaan yang dapat menahan tetesan air yang jatuh di atasnya. Kemampuan menahan air seperti ini disebut dengan *hydrophobic* (anti air). Butiran air yang menggelinding mampu mengangkat partikel kotor yang menempel, oleh karena itu ia mampu membersihkan dirinya sendiri. Permukaan *hydrophobic* mampu diamati melalui sudut kontak yang terbentuk. Semakin besar sudut kontak, maka kemampuan permukaan menahan air akan semakin tinggi. Di lain hal, negara Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia dengan banyak potensi alam yang dapat diproses lebih lanjut dalam bidang penelitian ataupun perindustrian. Hal ini sangat mempengaruhi kemajuan Indonesia apabila dapat mengolah sumber daya alam yang dimiliki tanpa menitik beratkan pada bahan produksi *import*. Selain itu, biaya yang dikeluarkan akan lebih murah. Pemanfaatan pasir alam yang banyak mengandung silika dapat dijumpai di sejumlah pantai, seperti Pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur. Dengan melewati proses pemurnian secara fisis dan kimia, maka didapatkan kemurnian silika yang cukup tinggi.

Silika memiliki ikatan yang kuat dan stabilitas termal tinggi. Sehingga material tersebut mampu dimanfaatkan untuk pembentukan lapisan *hydrophobic*. Untuk mendapatkan prekursor silika tersebut maka dilakukan dua tahapan, yaitu proses pemurnian pasir kuarsa dan sintesis silika ( $\text{SiO}_2$ ). Pada sintesis silika, dilakukan pembentukan sodium silikat dengan metode hidrotermal dan pembentukan bubuk silisit dengan menggunakan metode kopresipitasi. Penelitian ini mengarah pada

pembentukan lapisan *hydrophobic* dengan menggunakan prekursor SiO<sub>2</sub> sebagai filler dalam komposit *matrix* polimer. Sehingga dapat diamati bagaimana pengaruh temperatur perlakuan panas terhadap aspek kebasahan pada lapisan *hydrophobic*.

### **1.2 Rumusan Permasalahan**

Permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mensintesis SiO<sub>2</sub> dengan bahan alam berdasarkan penelitian yang telah dilakukan?
2. Bagaimana mendapatkan lapisan *hydrophobic* dengan menggunakan *spray gun*?
3. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap aspek kebasahan pada lapisan *hydrophobic* PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan menggunakan silika kristobalit?

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi pada :

1. Penggunaan *particulate Composite* PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan perbandingan 2:5.
2. Fasa silika yang digunakan adalah kristobalit berbasis bahan alam.
3. Pemurnian pasir silika dengan metode fisis dan kimiawi dianggap sempurna sehingga menghasilkan kemurnian yang tinggi.
4. Variasi temperatur yang digunakan adalah 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C dengan *holding time* 1 jam.
5. Media yang digunakan adalah kaca ITO.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk dapat mensintesis SiO<sub>2</sub> dengan bahan alam berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.
2. Untuk mendapatkan lapisan *hydrophobic* dengan menggunakan *spray gun*.

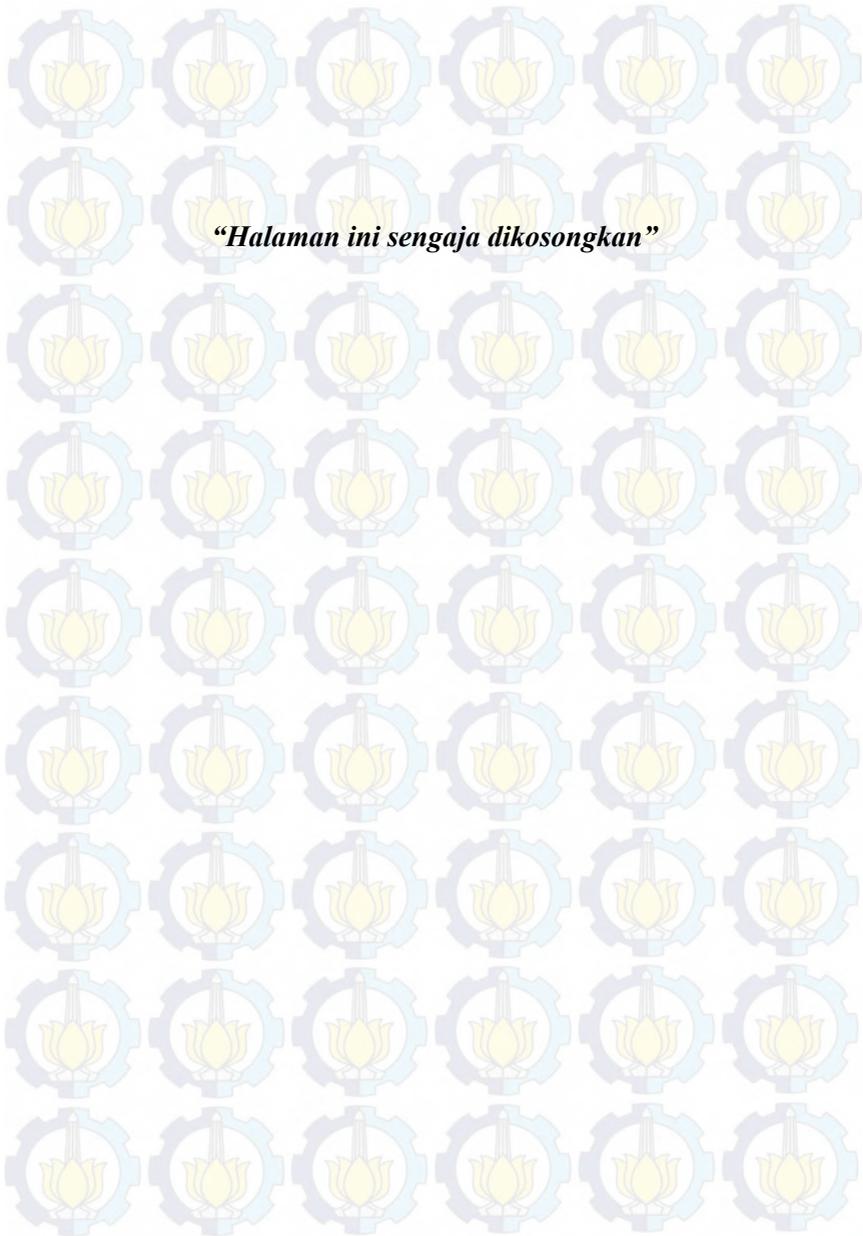
3. Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap aspek kebasahan pada lapisan *hydrophobic* PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan menggunakan silika kristobalit.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan pemahaman mengenai pengaruh temperatur terhadap aspek kebasahan pada lapisan *hydrophobic* PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan menggunakan silika kristobalit

### **1.6 Sistematika Penulisan**

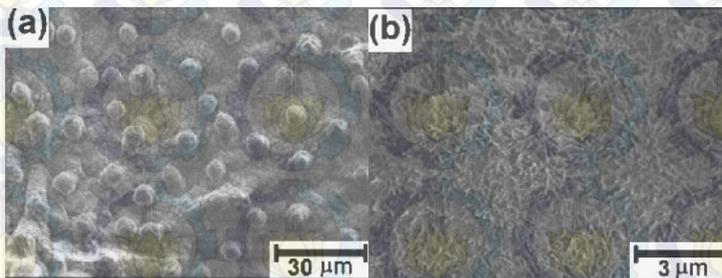
Penulisan Tugas Akhir (TA) ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV hasil penelitian dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kemampuan Tahan Air

Suatu permukaan dikatakan bersifat *hydrophobic* (anti air) jika permukaan tersebut tidak basah bila terkena air dan permukaan selalu terlihat bersih. Jika ada kotoran yang menempel pada permukaan maka disaat terkena air, kotoran tersebut akan terhalau oleh air yang menggelinding di permukaan tersebut. Namun, jika permukaan menjadi basah bila terkena air maka permukaan tersebut memiliki kemampuan kapilaritas yang tinggi. Permukaan tersebut bersifat *hydrophilic* (suka air) (Ensikat, 2011). Hal itu telah diteliti oleh para ilmuwan melalui *biomimetic*, yaitu suatu pengembangan teknologi yang meniru cara kerja alam (Bhusan, 2009). Daun lotus memiliki kemampuan menolak air dan setiap air yang menetes di atasnya akan menggelinding sempurna sehingga permukaan daunnya selalu terlihat bersih.



**Gambar 2.1** Foto SEM permukaan daun lotus

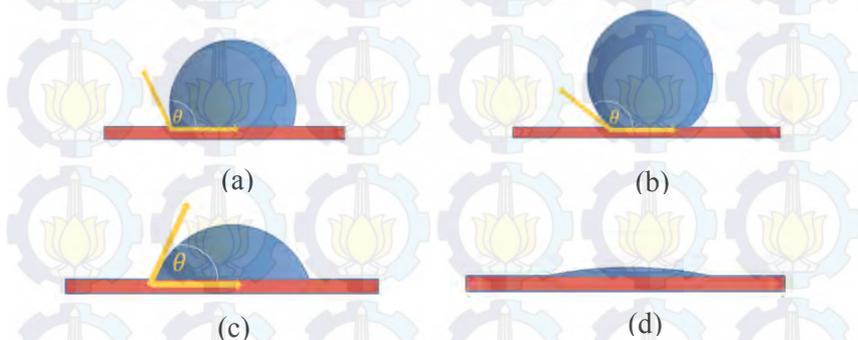
Gambar tersebut menjelaskan bahwa kekasaran permukaan terdiri dari 2 skala, yaitu skala mikro (gambar 2.1 a) dan skala nano yang terlihat seperti bulu (gambar 2.1 b) (Y. Cheng, 2005).

Hidrofobisitasnya suatu permukaan dapat ditinjau dari sifat permukaan kimiawi dan geometrinya. Semakin tinggi tingkat hidrofobisitas, maka permukaannya memiliki tingkat

kekasaran yang tinggi, selain itu permukaan dibentuk oleh molekul-molekul non polar yang cenderung menjadikan permukaan *hydrophobic*. Sedangkan permukaan yang dibentuk oleh molekul-molekul polar cenderung menjadikan permukaan *hydrophilic* (Quere D., 2008). *Hydrophobic* suatu permukaan dapat diketahui dengan mengukur besarnya sudut kontak yang terbentuk antara air dan permukaan bahan uji (Ensikat 2011).

## 2.2 Sudut Kontak

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air yang ditetaskan ke permukaan bahan uji yang bersangkutan. Sudut kontak memberikan informasi mengenai kemampuan permukaan untuk menyerap air dengan baik (*hydrophilic*) dan ketidakmampuan menyerap air (*hydrophobic*) (Ensikat, 2011). Pada permukaan *hydrophobic*, peningkatan kekasaran akan menyebabkan besarnya sudut kontak, sedangkan pada permukaan *hydrophilic*, peningkatan kekasaran akan menyebabkan semakin menurunnya sudut kontak (Feng Lin dkk, 2002).

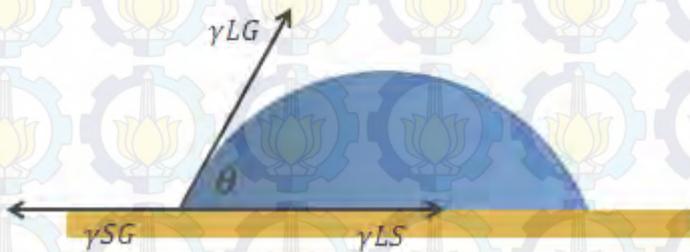


**Gambar 2.2.** Ilustrasi sudut kontak

Permukaan yang bersifat *hydrophobic* memiliki sudut kontak antara  $90^{\circ}$ - $150^{\circ}$  (gambar 2.2a), sedangkan permukaan yang memiliki sudut kontak  $>150^{\circ}$  disebut dengan istilah *superhydrophobic* (gambar 2.2b). Untuk permukaan yang

memiliki sudut kontak antara  $10^\circ$ - $90^\circ$  disebut dengan *hydrophilic* (gambar 2.2c), sedangkan sudut kontak  $<10^\circ$  disebut dengan istilah *superhydrophilic* (gambar 2.2d) (Karthick, 2008).

Terdapat tiga rmodel yang mampu menjelaskan mengenai analisa kebasahan suatu material. Diantaranya adalah Model Young, Model Wenzel, dan Model Cassie-Baxter. Gambar 2.3 menjelaskan sudut kontak yang terbentuk berdasarkan asumsi Young.



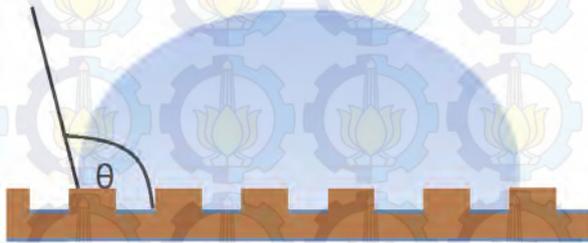
**Gambar 2.3.** Ilustrasi model Young

Young mengilustrasikan sudut kontak pada permukaan datar dimana  $\gamma_{SA}$  dan  $\gamma_{SL}$  adalah tegangan permukaan solid-air dan solid-liquid, serta  $\gamma_{LA}$  adalah tegangan permukaan liquid-air. Tingkat kebasahan pada suatu material sangatlah kompleks karena dipengaruhi oleh faktor kekasaran dan sifat kimianya, sehingga sudut kontak tidak bisa diasumsikan dengan model Young yang mengasumsikan air menetes pada permukaan yang halus dan datar secara sempurna.

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{LS}}{\gamma_{LG}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Model Wenzel menjelaskan mengenai kebasahan yang homogen dimana air akan memenuhi setiap lekukan permukaan kasar dan terjadi kontak antara air dan permukaan solid. Besar

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



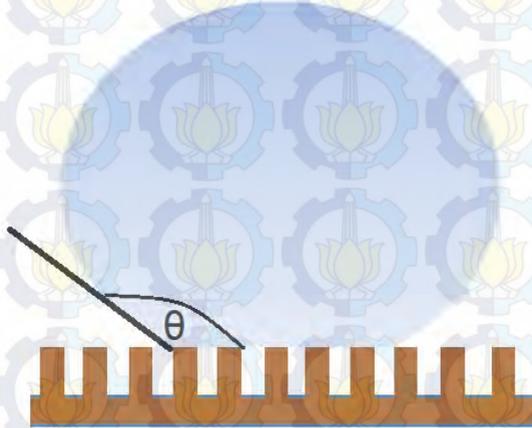
**Gambar 2.4.** Ilustrasi model Wenzel

$$\cos \theta_w = r \cos \theta \dots \dots \dots (2.2)$$

Pada gambar 2.4 diperlihatkan ilustrasi model Wenzel dimana air memasuki seluruh lekukan permukaan. Salah satu ciri khas dari model Wenzel adalah asumsi *hydrophobic* yang disebabkan adanya kekasaran, sehingga persamaan untuk sudut kontak pada permukaan kasar model Wenzel, didapati faktor r “rasio kekasaran” (Latthe, 2012).

Pada permodelan Cassie-Baxter sering disebut dengan model kantung udara dan memiliki tingkat kebasahan yang heterogen. Keadaan ini menjelaskan adanya udara yang terjebak pada saat air ditetaskan pada permukaan. Diasumsikan terdapat dua fase dalam aspek kebasahan Cassie-Baxter, yaitu fase *solid* (fase 1) dimana terjadi interaksi antara *solid* dengan *liquid* dan

fase udara (fase 2) dimana terjadi interaksi antara udara dan liquid.



**Gambar 2.5.** Ilustrasi model Cassie-Baxter

$$\cos\theta_c = f_1 \cos\theta_1 + f_2 \cos\theta_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana  $\theta_c$  adalah sudut kontak cassie-baxter keseluruhan.  $f_1$  dan  $f_2$  adalah fraksi dari fasa solid dan fasa udara. Sudut  $\theta_1$  dan  $\theta_2$  adalah sudut kontak yang terbentuk pada fasa solid dan fasa udara. Karena sudut kontak  $\theta_2$  adalah fasa udara, maka tidak terjadi kebasahan,  $\theta_2=180^\circ$ ,  $\cos \theta_2= -1$ . Jika dihubungkan dengan  $f_1+f_2=1$ , maka persamaannya menjadi

$$\cos\theta_c = f_1 \cos \theta + f_1 - 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

jika  $f_1$  sangat kecil, maka semakin banyak udara yang terjebak didalamnya dan  $\cos \theta_c$  dapat mendekati -1 sehingga sudut kontak  $\theta_c$  yang terbentuk adalah  $180^\circ$  (Cassie, 1944). Berdasarkan riset yang telah dilakukan, keadaan Cassie-Baxter ini membuat sudut kontak semakin kecil dan kemampuan fluida menggelinding menjadi semakin mudah apabila dibandingkan

dengan model Wenzel yang membasahi seluruh lekukan permukaan (A. Lafuma, 2003).

### **2.3 Komposit**

Berdasarkan definisi, komposit merupakan suatu material yang tersusun atas lebih dari dua elemen penyusunnya. Komposit bersifat heterogen dalam skala makroskopik. Bahan penyusun komposit tersebut masing-masing memiliki sifat yang berbeda dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994). Bahan komposit terdiri dari *matrix* dan bahan pengisi (filler). *Matrix* adalah bahan yang menjadi dasar pembentukan material komposit yang mengikat penguat. Sedangkan pengisi merupakan bahan yang diisikan kepada bahan *matrix* yang berfungsi untuk menunjang sifat-sifat *matrix* dalam membentuk material komposit (Hildayati dkk, 2009). Komposit partikel merupakan material yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu *matrix* bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaman, katalisator, dan lain-lain. Komposit yang paling umum adalah *Polymer Matrix Composites* (PMC) yang terdiri dari polimer seperti epoxy, polyester, urethane, dan lain-lain, serta diperkuat oleh serat tipis (seperti grafit, aramids, dan boron) atau partikel. Alasan mengapa komposit jenis ini menjadi yang paling umum adalah memiliki kekuatan yang tinggi, biaya yang rendah, dan prinsip-prinsip manufaktur yang sederhana (Authar, 2006).

### **2.4 Silika**

Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya tidak dalam kondisi bebas melainkan terikat dengan senyawa lain baik secara fisik maupun kimia (Hildayati dkk, 2009). Silika yang disintesis dari pasir pantai secara fisik dapat dibedakan dari warna pasir tersebut, misalnya pasir dengan warna hitam pekat memiliki

kandungan material berupa besi oksida, sedangkan pasir dengan warna putih memiliki kecenderungan material berupa kuarsa. Pasir kuarsa yang memiliki kecenderungan berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya serta memiliki kandungan yang dominan seperti silika dan beberapa pengotor seperti CaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O. Silika memiliki beberapa bentuk kristal yang berbeda selain bentuk *amorf*. Tiga bentuk fasa kristal poliamorfi silika yang paling dominan adalah *quartz*, *tridymite*, dan *crystalalite*. Penyusunan atom pada silika *amorf* terjadi secara acak dengan derajat keteraturan yang rendah (Szostak, 1998).

Bentuk struktur *quartz*, *crystalalite*, dan *tridymite* yang merupakan kristal utama silika memiliki stabilitas dan kerapatan yang berbeda. Sedangkan untuk nilai densitas masing masing adalah  $2,65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  untuk fasa *quartz*,  $2,27 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  untuk fasa *trydimite*, dan  $2,23 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  untuk fasa *crystalalite*. Berdasarkan perlakuan termal, pada suhu di atas 570 °C akan terbentuk *low quartz*, untuk suhu 570-870°C terbentuk *high quartz* yang mengalami perubahan struktur menjadi *crystalalite* dan *trydimite*, sedangkan pada suhu 870-1470°C terbentuk *high trydimite*, pada suhu lebih dari 1470°C terbentuk *high crystalalite*, dan pada suhu 1723°C terbentuk silika cair. Silika adalah keramik tahan terhadap temperatur tinggi dan juga sering dimanfaatkan dalam perindustrian baja ataupun gelas (Smallman and Bishop, 2000). Ada beberapa tahapan dalam proses ekstraksi silika dalam penelitian ini. Tahap pertama adalah preparasi natrium silikat (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dari pasir yang mengandung silika dengan menggunakan NaOH. Selama proses ekstraksi, terjadi reaksi:



Kemudian natrium silikat dilarutkan dengan menambahkan air dan mengaduknya menggunakan stirer. Tahapan kedua adalah melakukan preparasi bubur silisit, Si(OH)<sub>4</sub>. Pada tahapan ini,

larutan natrium silikat direaksikan dengan asam kuat (HCl) hingga terbentuk endapan. Reaksi yang terjadi adalah:



$\text{Si}(\text{OH})_4$  tidak bisa larut dalam asam kuat seperti HCl,  $\text{HNO}_3$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sehingga endapan  $\text{Si}(\text{OH})_4$  dapat dipisahkan dari larutannya dengan melakukan penyaringan kemudian dicuci untuk menghilangkan kandungan NaCl. Tahapan selanjutnya adalah preparasi  $\text{SiO}_2$  dengan memanaskan  $\text{Si}(\text{OH})_4$ . Pada tahapan ini, reaksi yang terjadi:



(Mori,2003)

## 2.5 PDMS

*Polydimethylsiloxanes* (PDMS) biasanya digunakan sebagai bahan energi permukaan rendah untuk pembuatan permukaan superhidrofobik karena keunggulan biaya yang rendah dan mudah diperoleh (J.P Zhang, 2011). Selain itu, PDMS juga tidak mengandung racun, transparan, dan memiliki stabilitas termal yang tinggi. Meskipun lapisan PDMS memiliki kemampuan menolak air yang baik, namun hal itu belum memenuhi syarat untuk pembentukan permukaan *superhydrophobic* karena sudut kontak yang dimiliki hanya sekitar  $105^\circ$  (K.Q. Lie, 2013).

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Peralatan dan Bahan

#### 3.1.1 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *furnace*, neraca digital, spatula, magnet, ayakan, pipet, gelas ukur, beker *glass*, *stirrer*, buret, pH meter, kertas saring, *planetary milling*, bola zirkon, corong, oven, mortar, *crucible*, *ultrasonic cleaner*, dan kamera DSLR. Sedangkan untuk karakterisasi yang dibutuhkan adalah *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui konsentrasi unsur yang ada dalam bahan, *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel, *X-Ray Diffractometer* (XRD) untuk mengetahui fasa yang terbentuk, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui jenis ikatan di dalam bahan, DSC TGA untuk mengetahui temperatur terjadinya pengurangan massa dan perubahan fasa, UV-Vis untuk mengetahui tingkat transmitansi dan absorbansi pada bahan, dan *photoshop software* untuk menganalisa sudut kontak (WCA) yang terbentuk.

#### 3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa Pantai Bancar, Tuban, HCl 2M, NaOH 7M, *polydimethylsiloxane* (PDMS), *tetraethoxysilane* (TEOS), *n-hexane*, *aquadest*, dan alkohol.

### 3.2 Prosedur Sintesis

#### 3.2.1 Preparasi Prekursor Silika (SiO<sub>2</sub>)

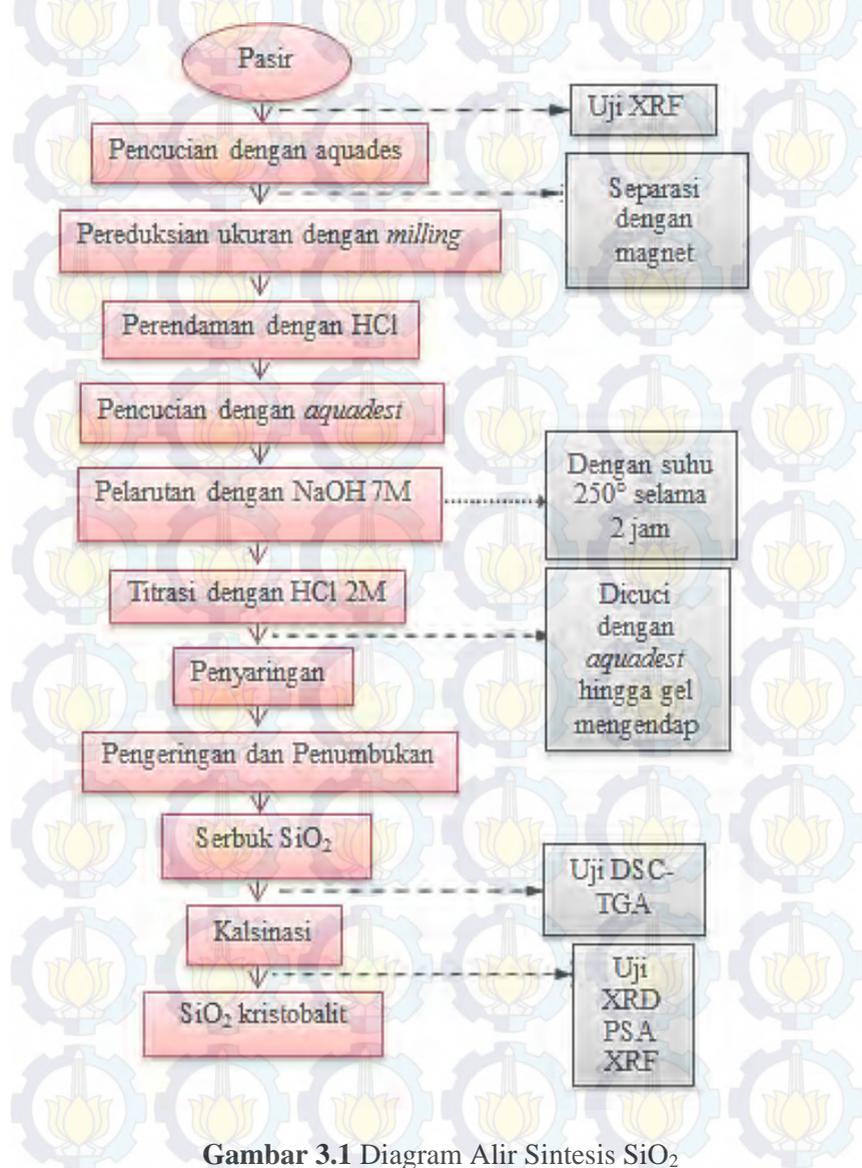
Pasir alam yang didapatkan dari Pantai Bancar, Tuban, Jawa Timur, dihomogenkan dengan ayakan 145 *mesh*, selanjutnya dibersihkan dengan *ultrasonic cleaner* sampai pH mendekati 7 dan dikeringkan. Proses pemisahan bahan mineral besi dilakukan dengan menggunakan magnet permanen. Langkah

selanjutnya adalah mereduksi ukuran pasir silika yang telah diseleksi dengan menggunakan *ball milling* dalam media alkohol. Untuk membentuk silika orde nano dengan cara menambahkan HCl dan didiamkan selama 4 jam. Proses berikutnya bahan silika dicuci dengan *aquadest* hingga pH mendekati 7 an dilanjutkan dengan proses pengeringan. Serbuk yang terbentuk dilarutkan ke dalam larutan NaOH pada suhu 250°C selama 2 jam. Setelah itu ditambahkan *aquadest* dan distirer selama 1 jam dengan suhu ruang, kemudian larutan diendapkan 24 jam. Lalu dilakukan proses kopresipitasi dengan cara menitrasi larutan menggunakan HCl 2M. Setelah itu, dicuci menggunakan *aquadest* agar NaCl dapat terbuang. Lalu disaring dan didapatkan gel silika, kemudian dikeringkan dan ditumbuk dengan mortar sampai halus. Serbuk yang diperoleh tersebut kemudian dikalsinasi dengan suhu 1200°C untuk mendapatkan silika dalam fasa kristobalit.

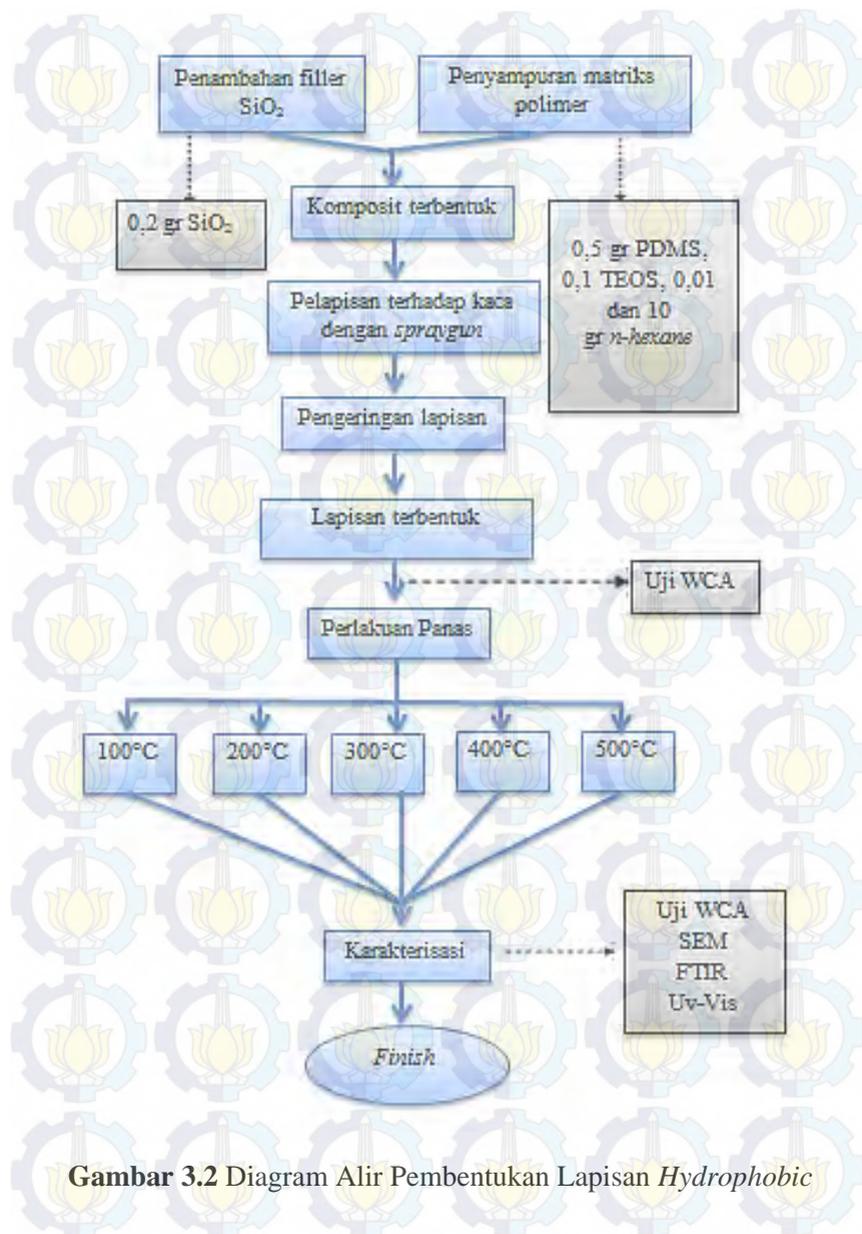
### 3.2.2 Preparasi Lapisan *Hydrophobic*

Langkah pertama yang dilakukan sebelum membuat lapisan adalah melakukan preparasi kaca sebanyak 5 buah yang kemudian direndam dengan *ultrasonic cleaner* menggunakan alkohol, lalu dikeringkan pada suhu ruang. Untuk pembentukan lapisan, 0,5 gr PDMS, 0,1 TEOS, dan 10 gr *n-hexane* dicampur dan diaduk menggunakan *stirrer* selama 15 menit. Kemudian ditambahkan 0,2 gr serbuk silika menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 10 menit. Lalu, bahan pelapis yang sudah jadi tersebut disemprotkan ke kaca menggunakan *spray gun*. Pengeringan dilakukan pada suhu 60°C di dalam oven. Setelah itu, 5 kaca tersebut diperi perlakuan panas selama 1 jam dengan variasi suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis  $\text{SiO}_2$



**Gambar 3.2** Diagram Alir Pembentukan Lapisan *Hydrophobic*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Silika Pantai Bancar, Tuban

Pasir pantai telah diidentifikasi oleh peneliti dan pada umumnya banyak mengandung senyawa silika dengan kadar yang tinggi. Pasir pantai yang terletak di Jawa Timur, tepatnya di pantai Bancar Tuban banyak mengandung *Silicon* (Si) lebih dari 83,3%. Dari kandungan tersebut maka sangat berpotensi untuk diterapkan di berbagai teknologi karena kemampuannya untuk dimurnikan dan direduksi ukuran hingga orde nano. Pada penelitian tugas akhir ini, peneliti ingin memfokuskan bahan silika sebagai bahan dasar partikel nano yang dimanfaatkan sebagai pelapis material anti air (*hydrophobic*).

#### 4.1.1 Analisis Purifikasi Silika

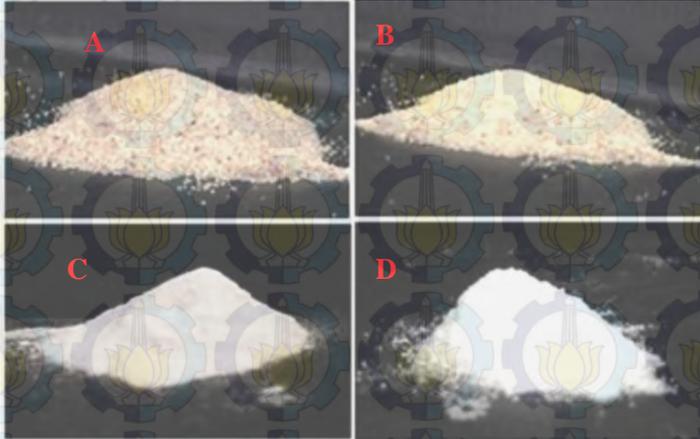
Bahan pasir silika dari pantai Bancar akan dianalisa dari segi kualitatif dan kuantitatif elemennya selama proses purifikasi atau pemurnian. *X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan salah satu instrumen yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sampel. Hasil pengujian kandungan unsur pasir Pantai Bancar Tuban sebelum dan sesudah dilakukan pemurnian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dimana terdapat kandungan utama Silicon (Si) dan kandungan pengotor terdiri dari bermacam-macam elemen seperti Kalium, Besi, Titanium, dan Kalsium, serta pengotor lain dengan konsentrasi di bawah 1%. Tahapan awal pemurnian menggunakan separasi magnet yang berguna untuk memisahkan elemen magnetik dengan non magnetik. Secara fisis, hal ini membuat pasir yang memiliki ukuran sebesar 426,1 nm berwarna coklat kekuningan seperti Gambar 4.1 (A) menjadi lebih terang Gambar 4.1 (B).

**Tabel 4.1.** Kandungan Unsur Pasir Pantai Bancar Tuban

Unsur	Kandungan Sebelum Pemurnian	Kandungan Setelah Pemurnian
Si	83,3%	96,90%
K	4,41%	0,21%
Ca	1,93%	1,20%
Ti	3,71%	0,28%
V	0,067%	-
Mn	0,11%	-
Fe	5,86%	0,759%
Ni	0,26%	0,21%
Cu	0,15%	0,13%
Yb	0,05%	-
Cr	0,16%	0,096%

Metode kimiawi (*leaching*) dilakukan untuk melanjutkan proses ini dengan cara melarutkan pasir yang sudah disiparasi ke dalam asam klorida (HCl) untuk melarutkan logam-logam yang mudah mengalami oksidasi. Setelah proses tersebut dilanjutkan pencucian dengan *aquadest* sampai bening dan pH kembali netral. Hasil pencucian yang telah dikeringkan dapat dilihat pada Gambar 4.1(C) dimana serbuk berwarna putih buram. Proses-proses ini menyebabkan beberapa unsur menghilang, seperti V, Yb, dan Cr, serta terdapat unsur-unsur pengotor yang masih tertinggal dengan konsentrasi rendah. Unsur Fe, K, dan Ti mengalami penurunan konsentrasi signifikan dari 5,86%, 4,41%, dan 3,71% menjadi 0,759%, 0,21%, dan 0,28% secara berurutan. Unsur Ca, Ni, dan Cu juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 1,2%, 0,21%, dan 0,13% secara berurutan, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil pemurnian silika menyebabkan fraksi Si meningkat menjadi 96,7% dan berwarna putih susu,

sedangkan *impuritas* atau pengotor yang masih tertinggal sebesar 3,3%.



**Gambar 4.1.** Perubahan warna silika saat dilakukan pemurnian

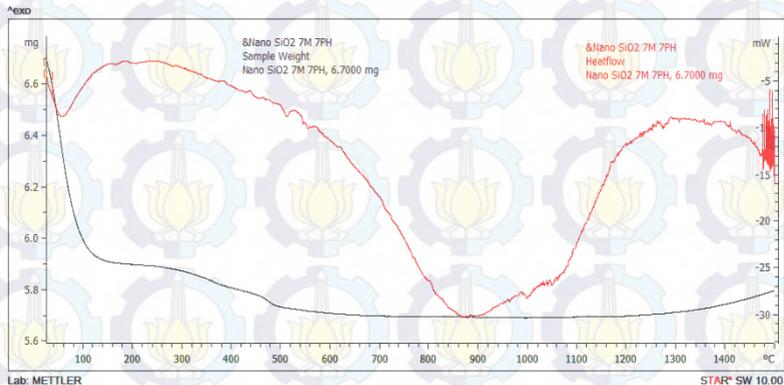
Setelah dilakukan perendaman menggunakan HCl yang kemudian dicuci dengan *aquadest*, pH kembali normal. Proses hidrotermal dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH sambil dipanaskan pada suhu 250°C, sehingga dapat membentuk natrium silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ). Setelah itu dilanjutkan kopresipitasi dengan menambahkan HCl hingga menghasilkan prekursor silika yang berwarna putih terang dengan ukuran partikel sebesar 247,9 nm seperti pada Gambar 4.1 (D).

#### **4.1.2 Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Silika**

Hasil pengujian DSC TGA serbuk silika dari pemurnian pasir Pantai Bancar dapat dilihat pada Gambar 4.2. Kurva yang bergaris hitam merupakan kurva TGA (*Thermogravimetric Analysis*) yang memberikan informasi tentang pengurangan *massa* (*weight loss*) pada sampel terhadap perubahan temperatur yang diberikan pada rentang 0°C-1500°C. Kurva dengan garis berwarna merah merupakan kurva DSC (*Differential Scanning*

*Calorimetric*) yang memberikan informasi tentang peristiwa termal seperti reaksi eksotermik dan endotermik (Rizka, 2014).

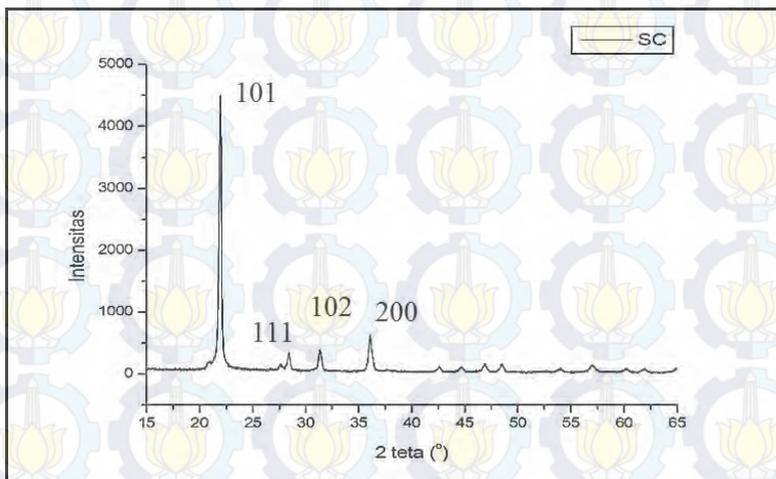
Pada kurva DSC yang berwarna merah, terdapat puncak reaksi endotermik yang mengindikasikan bahwa terjadi proses kristalisasi dan transformasi fasa pada temperatur 880°C dan puncak reaksi eksotermik pada temperatur 1300°C, sedangkan pada kurva TGA yang bergaris hitam, memberikan informasi adanya kestabilan massa pada rentang temperatur 600°C hingga 1240°C, maka sesuai dengan kurva DSC TGA yang didukung oleh penelitian Rizka (2014), dipilih temperatur 1200°C dalam pembentukan silika fasa kristobalit.



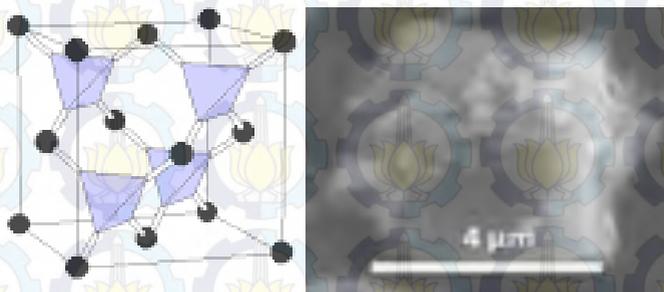
**Gambar 4.2** Hasil uji DSC/TGA serbuk silika untuk menentukan temperatur kalsinasi

Setelah serbuk dikalsinasi, dilakukan analisis pola difraksi yang didapat dari hasil pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Pengujian dilakukan dengan sudut  $2\theta$  antara 15°-65° menggunakan sinar-x (target Cu, dari K- $\alpha$ ). Berdasarkan hasil uji XRD yang telah dilakukan, pola difraksi dianalisis menggunakan *Match!* software dan didapatkan data kualitatif berupa fasa *low cristobalite*. Pencocokan dilakukan menggunakan pola yang berasal dari *Crystallography Open Database* (COD) dengan kode 1010938. Selanjutnya, dilakukan identifikasi kuantitatif

komposisi fasa dengan menggunakan *Rietica*. Berdasarkan hasil *Rietveld Refinement*, presentase berat fasa kristobalit sebesar 100% dengan parameter kecocokan *Goodness-of-fit* (GoF) dari *Rietica* sebesar 2,99%. Artinya puncak-puncak difraksi sinar-x sampel memiliki kecocokan yang tinggi dengan referensi pola difraksi sinar x. Hal ini dapat dijelaskan melalui bidang hkl yang muncul dimana bidang-bidang itu merupakan bidang-bidang kristal kristobalit.



**Gambar 4.3** Hasil pola XRD silika kristobalit



**Gambar 4.4** Citra SEM silika kristobalit (Suparsih, 2013)

Setelah pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada serbuk silika yang telah dikalsinasi pada temperatur 1200°C, didapatkan bentuk kristal silika kristobalit seperti pada Gambar 4.4. Kristal yang diidentifikasi menunjukkan bentuk tetragonal dengan ukuran 4 μm.

## 4.2 Analisis Komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

Pelapis *hydrophobic* dibuat berdasarkan konsep material komposit dengan bahan utama PDMS sebagai *matrix*, sedangkan silika berbasis pasir alam dan inorganik sebagai *filler*. Pembuatan bahan komposit tersebut dilakukan melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah pembentukan silika berbasis PDMS dan TEOS yang berperan sebagai *matrix* dan *filler* dari material komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>. PDMS merupakan material inorganik nonpolar yang dapat dilarutkan dengan *hexane* untuk mereduksi sifat kenonpolaritasnya, sehingga mampu menempel pada substrat. Tahapan kedua adalah penyampuran *filler* silika ke dalam *matrix*. Penyampuran dilakukan menggunakan *ultrasonic cleaner*, sehingga didapatkan partikel SiO<sub>2</sub> yang menyebar di dalam komposit. Untuk mengetahui terbentuknya ikatan komposit, maka dilakukan pengujian infra merah yang ditembakkan ke material uji agar didapatkan informasi bilangan gelombang. Bilangan gelombang tersebut disesuaikan dengan referensi yang ada untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terbentuk di dalamnya.

### 4.2.1 Analisis Gugus Fungsi Komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

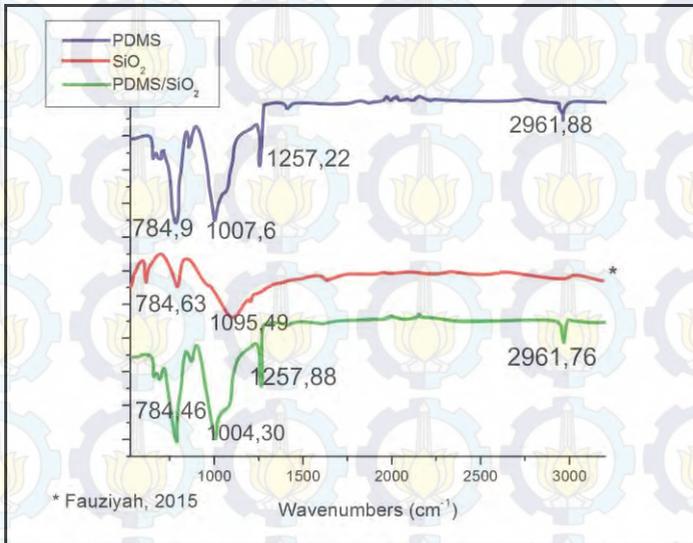
Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi ikatan kimia yang terbentuk pada komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan menggunakan referensi sebagai acuan nilai bilangan gelombang dan jenis ikatannya.

**Tabel 4.2** Referensi Spektra dan Gugus Fungsi FTIR

Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi	Referensi
2962-2979	-CH <sub>3</sub> <i>Asym.</i>	R. Al Oweni (2009)

<i>Stretching</i>		
1650-1900	C=C <i>Stretching</i>	Stuart (2004), Li dkk (2014)
1407-1418	Si-CH <sub>3</sub> <i>Asym. Bending</i>	R. Al Oweni (2009)
1245-1275	Si-CH <sub>3</sub> <i>Bending</i>	Arkles (1987)
1000-1130	Si-O-Si <i>Asym. Stretching</i>	Stuart (2004), Li dkk (2014)
865-750	Si-CH <sub>3</sub> <i>Stretching</i>	Arkles (1987)
782-805	Si-O <i>Stretching</i>	R. Al Oweni (2009)
690-700	Si— 	Arkles (1987)
653-668	Si-O-Si <i>Bending</i>	Silverstein (2006)

Berdasarkan tabel tersebut, maka dapat dikorelasikan bilangan gelombang yang didapat pada gambar 4.5 dengan gugus fungsi serta vibrasinya. Data serapan FTIR SiO<sub>2</sub>, PDMS, dan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> menunjukkan adanya absorpsi pada panjang gelombang tertentu yang ditunjukkan dengan adanya puncak yang muncul.

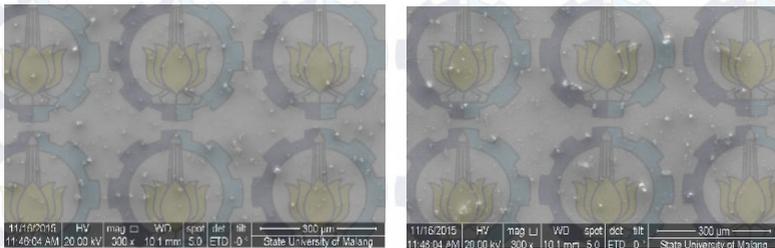


**Gambar 4.5** Hasil Pengujian FTIR Ikatan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

Dilihat dari berbagai bilangan gelombang yang ada terlihat bilangan gelombang utama serapan pada 784,46 cm<sup>-1</sup> pada komposit, 784,90 cm<sup>-1</sup> pada *polydimethylsiloxane* (PDMS), dan 794,62 cm<sup>-1</sup> pada SiO<sub>2</sub> menandakan adanya gugus siloksan (Si-O-Si) dengan vibrasi *asym. stretching*. Selain itu, bilangan gelombang yang mengindikasikan adanya ikatan Si-O juga terdeteksi pada puncak yang dimiliki SiO<sub>2</sub>, PDMS, dan komposit yaitu 1095,49 cm<sup>-1</sup>, 1004,30 cm<sup>-1</sup>, 1007,36 cm<sup>-1</sup> secara berurutan dengan vibrasi *stretching*. Penggabungan 2 material, yaitu PDMS sebagai *matrix* dan partikel SiO<sub>2</sub> sebagai *filler* menjadi sebuah komposit pelapis tahan air berhasil dibuktikan dengan tidak adanya ikatan-ikatan baru yang muncul. Ini mengindikasikan bahwa tidak ada perubahan struktur kimia secara mikroskopis pada saat penggabungan. Pada material komposit hanya terjadi ikatan elektrostatis sehingga tidak membentuk ikatan kimia atau adanya ikatan valensi yang membentuk senyawa baru.

#### 4.2.2 Analisis Mikrostruktur Komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

Pelapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> pada substrat kaca ITO yang dilakukan dengan menggunakan metode *spray* terdistribusi kurang homogen. Persebaran partikel dapat dilihat pada pengujian morfologi permukaan substrat menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) di dua lokasi yang berbeda seperti pada gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Morfologi permukaan substrat yang telah dilapisi komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

Berdasarkan citra SEM permukaan kaca yang telah dilapisi komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan perbesaran 300 kali pada Gambar 4.6 dapat dilihat distribusi *filler* SiO<sub>2</sub> terhadap PDMS kurang terlihat homogen. Hal ini diakibatkan oleh pelapisan dilakukan dalam dua kali *spray* sehingga partikel SiO<sub>2</sub> yang tersebar tidak banyak. Keadaan ini mempengaruhi tingkat hidrofobisitas permukaan dimana kekasaran yang tinggi akan membuat sudut kontak semakin besar. Sebaliknya, tingkat kekasaran yang rendah akan menyebabkan sudut kontak yang terbentuk semakin kecil (Feng Lin dkk, 2002).

#### 4.3 Analisis Sifat Kebasahan Lapisan *Hydrophobic*

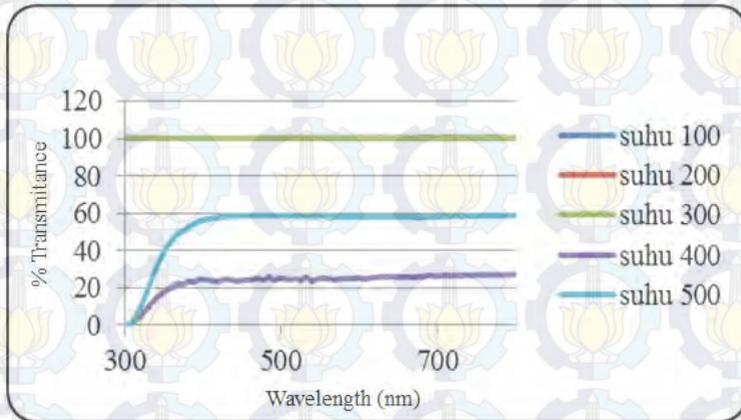
Sifat kebasahan suatu material dapat terjadi jika terdapat kekasaran yang tinggi dari segi morfologi dan sifat kepolaran material itu sendiri. Pada penelitian ini, tingkat hidrofobisitas pada sampel berubah ketika diberi perlakuan panas dengan suhu

yang berbeda-beda. Hal ini juga menyebabkan tingkat transmitansi kaca menjadi berubah.

#### **4.3.1 Analisis Transmitansi Lapisan *Hydrophobic***

Pembentukan lapisan komposit anti air dibentuk menggunakan *spray gun* pada permukaan kaca yang telah dibersihkan terlebih dahulu dengan alkohol. Lapisan dibentuk 2 kali *spray*, kemudian dikeringkan menggunakan *oven*. Pelapisan ini menimbulkan perubahan tingkat transparansi pada kaca. Kaca yang terlapis dengan komposit menjadi lebih buram. Namun setelah dilakukan pemanasan dengan variasi suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C, tingkat transparansi kaca berubah secara kualitatif tingkat keburamannya. Secara kuantitatif, pengujian tingkat transmitansi dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan rentang panjang gelombang 300-800 nm yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Pada Gambar 4.7 didapatkan hasil transmitansi UV-Vis 100% pada beberapa temperatur. Saat 100°C nilai transmitansinya sebesar 100%. Artinya seluruh cahaya diteruskan. Hal tersebut juga terjadi pada sampel yang diberi perlakuan panas dengan suhu 200°C dan 300°C, sedangkan pada suhu 400°C, adanya dekomposisi polimer sebagai penghasil nano silika menyebabkan tingkat transmitansi semakin rendah. Hal ini menyebabkan transmitansi mengalami kenaikan dari 0% menjadi 20% pada rentang panjang gelombang 300-400 nm dan terus mengalami kestabilan seiring bertambahnya panjang gelombang. Begitu juga dengan sampel yang dipanaskan pada suhu 500°C, pada rentang panjang gelombang 300-400 nm terjadi kenaikan dari 0% menjadi 60% karena adanya kerusakan polimer dan menuju stabil pada panjang gelombang selanjutnya.



**Gambar 4.7** Hasil pengujian transmittansi substrat yang telah dilapisi

#### 4.3.2 Analisis Sudut Kontak Antara Air dan Permukaan Bahan Uji

Dalam menentukan tingkat kebasahan suatu permukaan, sudut yang terbentuk antara permukaan bahan uji dan air yang ditetaskan difoto menggunakan kamera DSLR *Canon 650D* dengan *reverse ring* sebagai pembalik lensa 58 mm. Selanjutnya, foto tersebut diukur sudut kontaknya melalui *photoshop software* (Cs6). Substrat yang digunakan adalah kaca konduktif, yaitu kaca ITO. Terlihat pada Gambar 4.8, terjadi perbedaan tingkat kebasahan antara permukaan yang telah dilapisi dan sebelum dilapisi. Secara kimiawi, kebasahan dapat terjadi karena molekul-molekul penyusun permukaan cenderung bersifat polar. Sehingga akan terjadi tarik-menarik antara molekul permukaan dan molekul-molekul  $H_2O$  yang juga bersifat polar. Pelapisan komposit *hydrophobic* mampu memodifikasi permukaan, membuat substrat cenderung bersifat nonpolar.



**Gambar 4.8** Perbedaan kaca yang dilapisi dan tidak dilapisi

Kaca yang belum dilapisi menunjukkan kontak antara air dan permukaan terlihat luas jika dibandingkan dengan kaca yang telah dilapisi PDMS/SiO<sub>2</sub>. Pelapisan pada permukaan menimbulkan tingkat kekasaran bertambah karena adanya unsur Si yang tersebar. Tingkat kekasaran tersebut yang mempengaruhi permukaan berkemampuan menolak air. Sehingga permukaan kaca yang tidak dilapisi mampu menyerap air lebih baik.

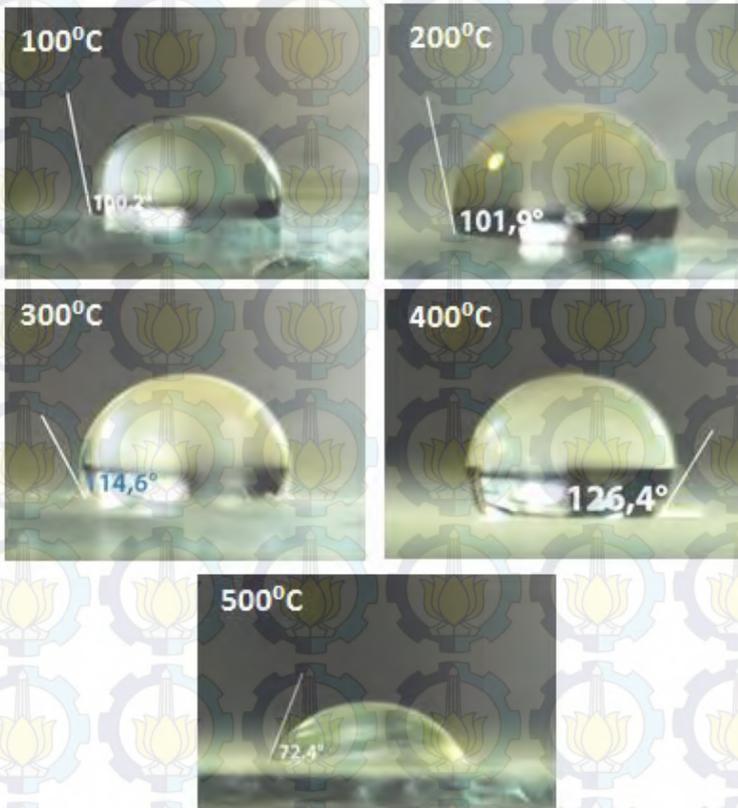


**Gambar 4.9** Sudut kontak lapisan *hydrophobic* PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan silika kristobalit

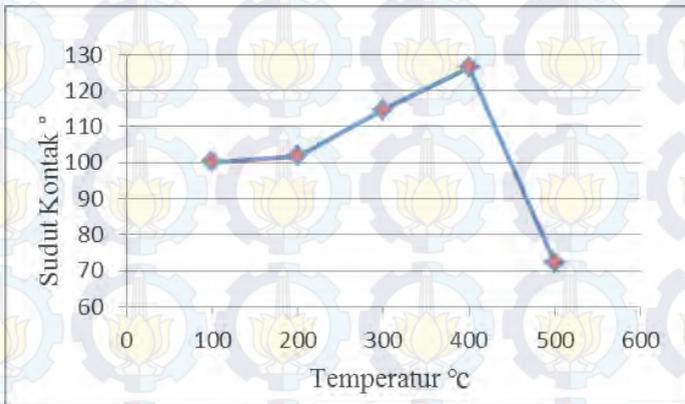
Berdasarkan Gambar 4.9, dapat diketahui besar sudut kontak yang didapat dari kaca yang telah dilapisi komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> adalah 100,1°. Permukaan dapat dikatakan anti air atau *hydrophobic* karena besar sudut kontak berada di rentang 90°-150°. Mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh

Kunquan Li (2014), modifikasi permukaan substrat menggunakan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan *filler* silika fasa amorf didapatkan sudut kontak sebesar 153°, sedangkan lapisan *hydrophobic* menggunakan lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan silika fasa kristobalit memiliki sudut kontak 100,1°. Hal ini terjadi karena silika kristobalit memiliki densitas yang lebih rendah, yaitu  $2,33 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$  jika dibandingkan dengan fasa amorf ataupun fasa utama silika yang lain, sehingga menyebabkan porositas kristobalit semakin tinggi (Dahlia, 2012).

Setelah didapatkan nilai sudut kontak dari air yang diteteskan di atas lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>, maka dilakukan pengamatan sudut kontak pada lapisan yang diberi perlakuan panas. Perlakuan panas yang diberikan pada lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> dengan fasa kristobalit memberikan perubahan pada besar sudut kontak dalam tiap variasinya. Pemberian variasi suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C menggunakan *holding time* masing-masing satu jam memperlihatkan adanya perubahan besar sudut kontak. Bentuk tetesan air dan besar sudut kontak tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan grafik ada Gambar 4.11.

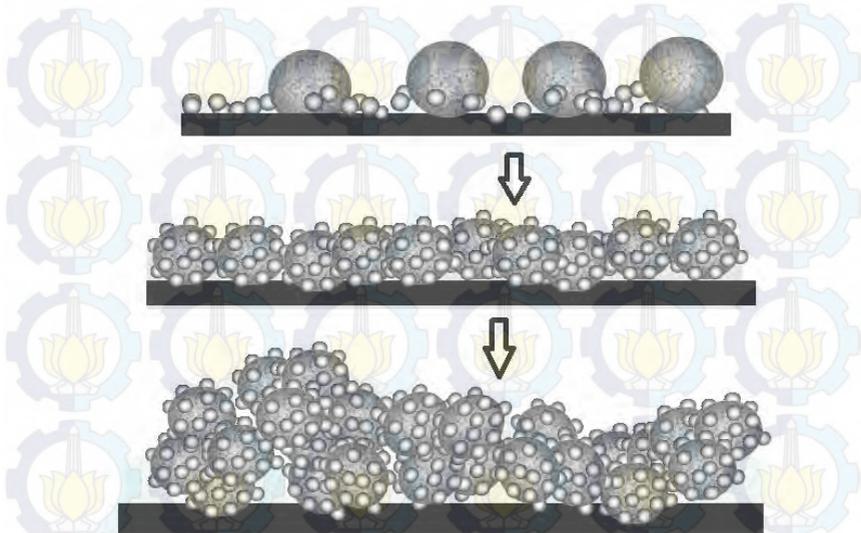


**Gambar 4.10.** Sudut kontak yang terukur dari tetesan air

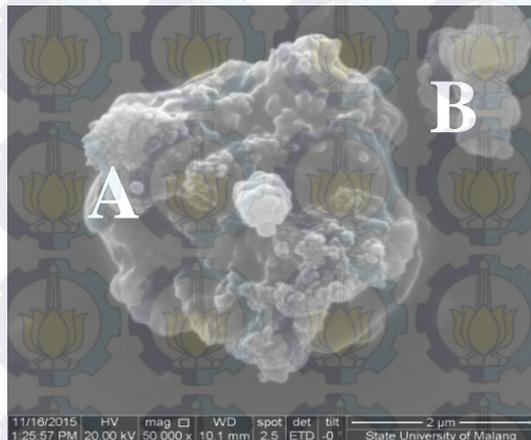


**Gambar 4.11** Grafik hubungan temperatur dan sudut kontak lapisan *hydrophobic* yang diberi perlakuan panas

Setelah didapatkan nilai sudut kontak dari air yang diteteskan di atas lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>, maka dilakukan pengamatan sudut kontak pada lapisan yang diberi perlakuan panas. Pemberian variasi suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C, dan 500°C menggunakan *holding time* masing-masing satu jam memperlihatkan adanya perubahan besar sudut kontak. Bentuk tetesan air dan besar sudut kontak tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12. Pada suhu 100°C sudut kontak yang terbentuk adalah 100,2° tidak terlihat perubahan yang signifikan dari sudut kontak lapisan yang tidak diberi perlakuan panas, yaitu 100,1°. Pada suhu 100°C dan 200°C perubahan sudut kontak tidak terlalu besar, hanya sebesar 0,7°. Ini menunjukkan adanya ketahanan permukaan yang telah dilapisi terhadap suhu kisaran tersebut. Saat lapisan dipanaskan menggunakan suhu 300°C, perubahan sudut kontak mencapai 12,7°, yaitu sebesar 114,6°. Sedangkan sampel yang diberi perlakuan panas pada suhu 400°C mencapai sudut kontak yang tinggi, yaitu 126,4°. Hal ini terjadi karena adanya tingkat kekasaran yang tinggi. Partikel-partikel penyusun lapisan membentuk suatu hirark struktur seperti pada Gambar 4.12.

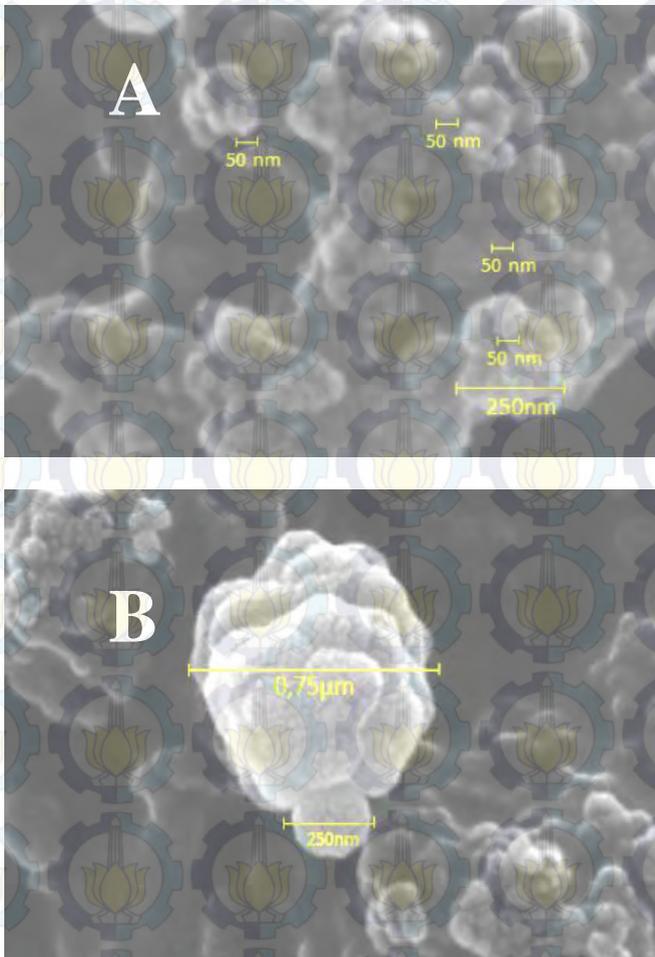


**Gambar 4.12** Ilustrasi hirarki struktur partikel  $\text{SiO}_2$  sebelum pemanasan (atas), setelah diberi pemanasan suhu  $300^\circ\text{C}$  (tengah), dan setelah diberi pemanasan suhu  $400^\circ\text{C}$  (bawah)



**Gambar 4.13** Citra SEM hirarki struktur lapisan *hydrophobic* yang terbentuk dari komposit PDMS/ $\text{SiO}_2$

Pada Gambar 4.13, citra SEM lapisan *hydrophobic* komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> yang dipanaskan dengan suhu 400°C diperbesar hingga 50.000 kali. Dapat terlihat partikel dalam orde mikron yang berukuran berbeda terdistribusi di atas permukaan. Partikel tersebut berukuran 4 μm untuk gambar A dan 1 μm untuk gambar B. Selain itu, terdapat banyak tonjolan yang membuat setiap partikel memiliki kekasaran tinggi. Tonjolan-tonjolan tersebut merupakan partikel SiO<sub>2</sub> dengan orde nano yang beraglomerasi. Struktur hirarki yang terbentuk dalam lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub> ini berpengaruh pada tingkat hidrofobisitas. Karena pada saat air diteteskan ke permukaan uji, 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 tahan air. Partikel primer diawali dengan adanya interaksi elektrostatik antar molekul SiO<sub>2</sub> dan terbentuk dalam orde nano. Ketika suhu tinggi, partikel-partikel tersebut cenderung beraglomerasi menjadi partikel sekunder. Partikel-partikel tersebut kemudian membentuk *cluster* menjadi orde yang lebih besar dalam ukuran mikro. Tetapi, partikel-partikel nano tetap terbentuk pada permukaan *cluster*, membentuk sebuah struktural yang hirarki seperti pada gambar citra SEM 4.14.

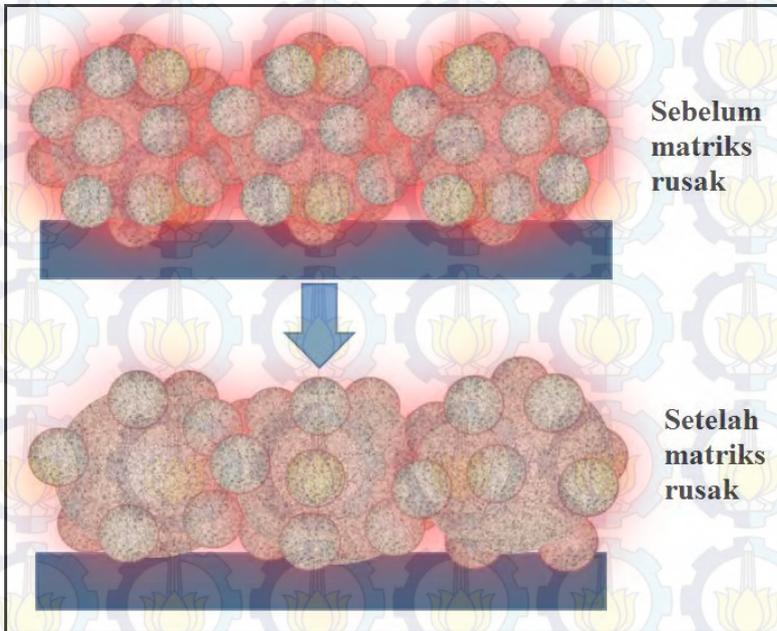


**Gambar 4.14** Citra SEM hirarki struktur lapisan komposit PDMS/SiO<sub>2</sub>

Pada partikel primer, beberapa diantaranya ada yang berukuran 50 nm. Kemudian beraglomerasi membentuk partikel sekunder berukuran 250 nm seperti Pada Gambar 4.14 A. Di lain sisi juga terdapat partikel sekunder berukuran 250 nm yang terdiri

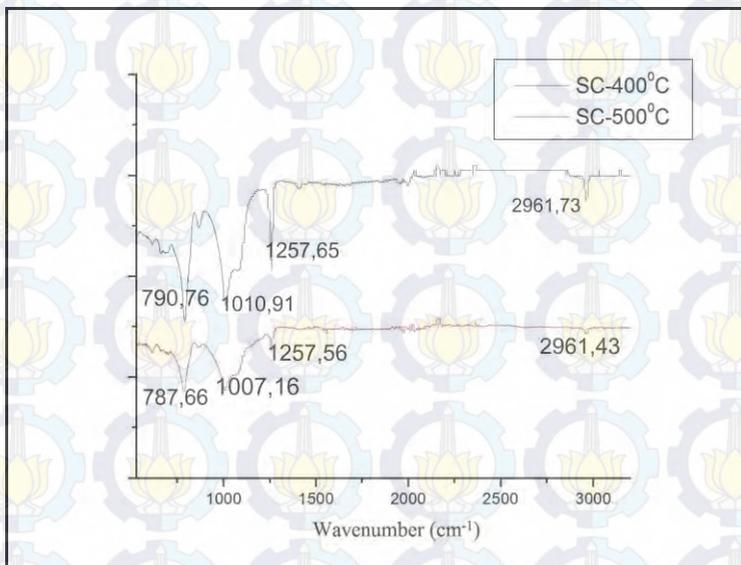
dari partikel-partikel nano. Partikel sekunder tersebut kemudian meng-*cluster* membentuk partikel yang lebih besar dengan ukuran  $0,75 \mu\text{m}$  (Gambar 4.12 B). Selain berperan sebagai *matrix*, PDMS memiliki kandungan Si yang cukup tinggi, sehingga mampu menghasilkan  $\text{SiO}_2$  nano partikel melalui dekomposisi.

Terjadi penurunan signifikan pada suhu  $500^\circ\text{C}$ , sudut kontak yang didapatkan di bawah  $90^\circ$ , yaitu  $76,4^\circ$  yang mengindikasikan permukaan menjadi *hydrophilic*. Hal ini terjadi karena adanya kerusakan pada ikatan *matrix* komposit. Ilustrasi kerusakan matriks dapat dilihat pada Gambar 4.15.

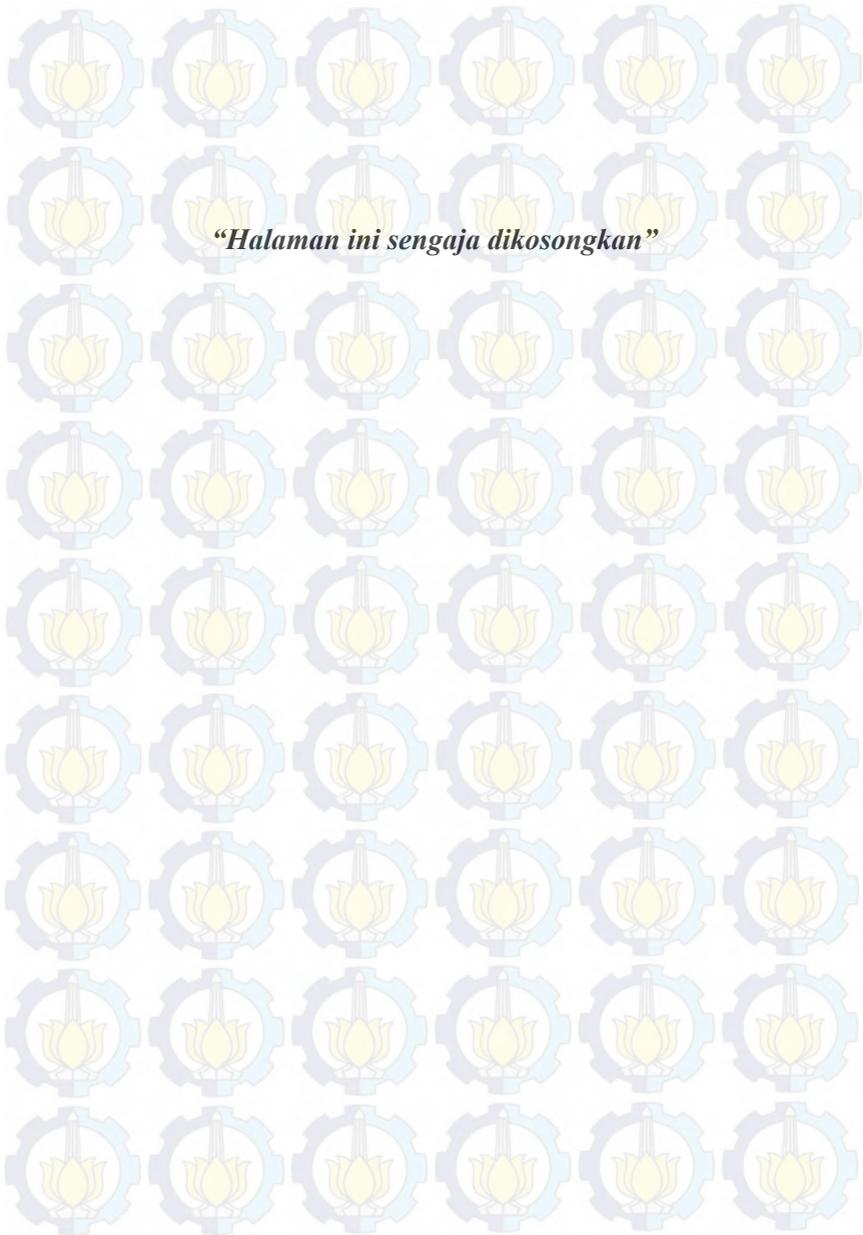


**Gambar 4.15** Ilustrasi hirarki struktur yang mengalami kerusakan akibat pemberian suhu  $500^\circ\text{C}$

Kerusakan ikatan tersebut dapat diketahui melalui hasil pengujian FTIR pada gambar 4.16. Nilai bilangan gelombang dari hasil pengujian tersebut dibandingkan dengan referensi yang ditunjukkan pada tabel 4.2. Nilai bilangan gelombang tidak melebihi  $60\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan bahwa terdapat kesesuaian antara referensi dan juga jenis ikatan pada sampel. Berdasarkan tabel referensi, terdapat pergeseran nilai bilangan gelombang dengan data eksperimen. Pergeseran tersebut terjadi karena pemberian suhu tinggi, sehingga ikatan pada komposit mengalami perubahan. Hal ini ditandai dengan pemendekan puncak. Pada tiga puncak dengan nilai gelombang  $790\text{ cm}^{-1}$ ,  $863\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1257\text{ cm}^{-1}$  yang terdeteksi adanya ikatan Si-CH<sub>3</sub> mengalami pemendekan. Hal ini terjadi karena adanya perubahan ikatan pada saat pemberian suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Ikatan mengalami dekomposisi menjadi ikatan baru sebagai pengotor yang tidak terdeteksi oleh FTIR. Pada saat suhu tinggi, partikel-partikel mengalami penyusunan ulang yang menyebabkan tingkat persebaran partikel semakin luas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kunquan Li (2014) dimana partikel akan melakukan penyusunan kembali pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$ , sehingga sudut kontak yang didapat adalah  $72,4^{\circ}$  menyebabkan kebasahan mudah terjadi.



**Gambar 4.16** Hasil Uji FTIR lapisan variasi suhu 400°C dan 500°C



## BAB V KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

- Telah berhasil dilakukan sintesis  $\text{SiO}_2$  dengan bahan alam berdasarkan penelitian sebelumnya dan didapatkan kemurnian silika Pantai Bancar Tuban sebesar 96,9%, serta perlakuan kalsinasi dengan temperatur  $1200^\circ\text{C}$  *holding time* 1 jam mampu menghasilkan silika fasa kristobalit.
- Telah berhasil dilakukan pelapisan material *hydrophobic* dengan menggunakan *spray gun* dan didapatkan sudut kontak sebesar  $100,1^\circ$ .
- Pada material komposit *hydrophobic* PDMS/ $\text{SiO}_2$  setelah mengalami pemanasan antara  $100-500^\circ\text{C}$  dapat disimpulkan:
  - Sudut kontak mengalami kenaikan pada saat temperatur  $100-400^\circ\text{C}$ , kemudian mengalami penurunan pada saat temperatur  $500^\circ\text{C}$ .
  - Sudut kontak tertinggi didapatkan pada suhu  $400^\circ\text{C}$  sebesar  $126,4^\circ\text{C}$  (*hydrophobic*) dan terendah pada saat suhu  $500^\circ\text{C}$  sebesar  $72,^\circ$  (*hydrophilic*).
  - Tingkat transmitansi sebesar 100% pada suhu  $100-300^\circ\text{C}$  dan menurun menjadi 20% pada suhu  $400^\circ\text{C}$ .

### 5.2 Saran

Dari hasil penulisan tugas akhir ini disarankan dilakukan pembentukan *layer* yang lebih tebal agar distribusi partikel semakin merata, sehingga dapat meningkatkan sudut yang terbentuk antara bahan uji dan air.



## DAFTAR PUSTAKA

- A.Lafuma and D.Quere. 2003. *Superhydrophobic States*. Nature Materials. 2, 457-460
- Akbar, S. 2010. *Sintesis Silika Amorf Berbasis Pasir Alam Slopeng Menggunakan Metode Alkalifusion*. ITS, Surabaya
- Bhusan, Bharat, dkk. 2009. *Micro-, Nano- and Hirerarchica Structures for Superhydrophobicity, Self-Cleaning and Low Adhesion*. Journal of Phil. Trans. Royal Society R.Soc. A 367, Hlm. 1631-1672
- Bhusan, Bharat. 2011. *Nanotribology and Nanomechanics II – Nanotribology, Biomimetics and industrial Applications, Third Edition*. Spriger. New York.
- Cassie, A.B.D. and S.Baxter. 1944. *Wettability of Porous Surfaces*. Trans. Faraday Soc., 40:p. 546-551
- Ensikat, Hans J, dkk. 2011. *Superhydrophobicity in perfection the outstanding properties of the lotus leaf* . Beilstein Journal of Nanotechnology. Hal 152–161.
- Feng, Lin,dkk. 2002. *Super-Hydrophobic Surfaces From Natural to Artificial*. Advanced Materials.Vol 14, No. 24.
- Hildayati, dkk. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam Silika*. ITS,Surabaya
- J.P. Zhang, S. Seeger. 2001. *Polyester materials with superwetting silicone nanofila-ments for oil/water separation and selective oil absorption, Adv. Funct. Mater.*21. Hal 4699–4704.
- K.Q. Li, X.R. Zeng, H.Q. Li, X.J. Lai, C.X. Ye, H. Xie, *Study on the wetting behaviorand theoretical models of polydimethylsiloxane/ silica coating, Appl. Surf. Sci.*279 (2013) 458.
- Karthick B dan Ramesh Maheshwari. 2008. *Lotus-Inspired Nanotechnology Applications*. Resonance, General Articlel.
- Krevelen, D.W.Van. 1994. *Properties of Polymers, Their Correlations with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction from Additional Group*

- Contributions, Third Edition.* Elsevier Science B. V. Amsterdam. Netherlands. Hlm 33.
- Latthe, Sanjay Subbash. 2012. *Recent Progress in Preparation of Superhydrophobic Surfaces. Jsemat, Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology* 2. Hlm. 76-94
- Nurfauziah, Nova. 2010. *Koefisien Kekentalan Zat Cair.* Universitas Padjadjaran Jatinangor.
- Quere, D. 2008. Wetting and Roughness, *Annual Review of Materials Research.* 38, 71-99
- Smallman, R.E dan Bishop, R.J. 2000. *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material.* Erlangga. Jakarta
- Szostak, R. 1998. *Molecular Sieves: Principles of Synthesis and Identification.* Springer
- Wenzel, R.N. 1936. *Resistance of Solid Surfaces to Wetting by Water.* Ing. Eng. Chem. 28:p.988-994
- Y. Cheng, D. Rodak, A. Angelopoulos and T. Gacek. 2005. *Microscopic Observations of Condensation of Water on Lotus Leaves.* Applied Physics Letters. 87

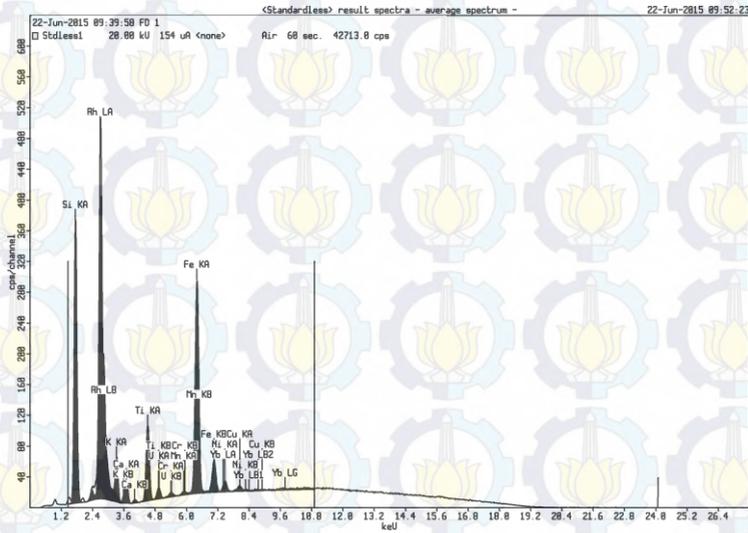
## LAMPIRAN A

### Hasil Pengujian X-ray Fluorescence (XRF)

#### A. Hasil Pengujian XRF Pasir Silika Sebelum Purifikasi

Compound	Si	K	Ca	Ti	V	Cr
Conc	83.3 +/- 0.2	4.41 +/- 0.03	1.93 +/- 0.03	3.71 +/- 0.03	0.067 +/- 0.051	0.16 +/- 0.01
Unit	%	%	%	%	%	%

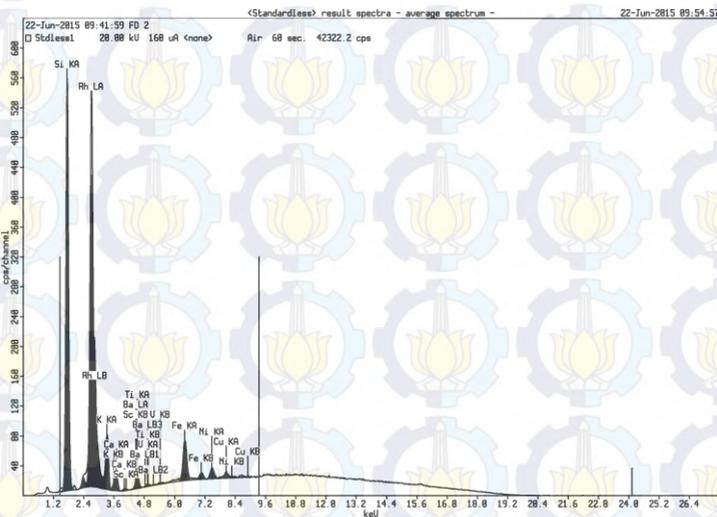
Compound	Mn	Fe	Ni	Cu	Yb
Conc	0.11 +/- 0.01	5.86 +/- 0.19	0.26 +/- 0.01	0.15 +/- 0.0100	0.05 +/- 0.06
Unit	%	%	%	%	%



## B. Hasil Pengujian XRF Pasir Silika Setelah Separasi

Compound	Si	K	Ca	Sc	Ti	V
Conc	92.3 +/- 0.3	4.82 +/- 0.28	1.1 +/- 0.01	0.004 +/- 0.004	0.66 +/- 0.01	0.01 +/- 0.004
Unit	%	%	%	%	%	%

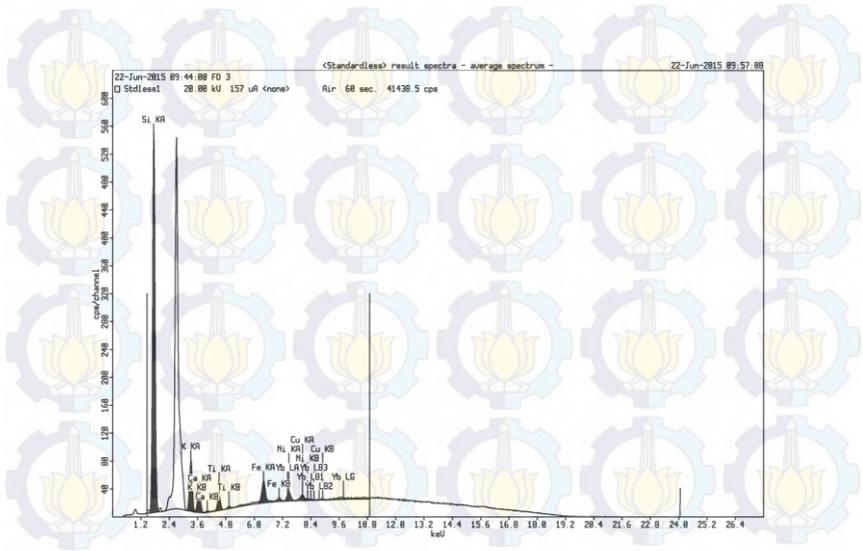
Compound	Fe	Ni	Cu	Ba
Conc	0.838 +/- 0.013	0.18 +/- 0.004	0.11 +/- 0.006	0.0 +/- 0.02
Unit	%	%	%	%



## C. Hasil Pengujian XRF Setelah *Leaching*

Compound	Si	K	Ca	Ti	Fe	Ni
Conc	92.4 +/- 0.1	5.20 +/- 0.03	0.91 +/- 0.02	0.65 +/- 0.02	0.50 +/- 0.01	0.17 +/- 0.01
Unit	%	%	%	%	%	%

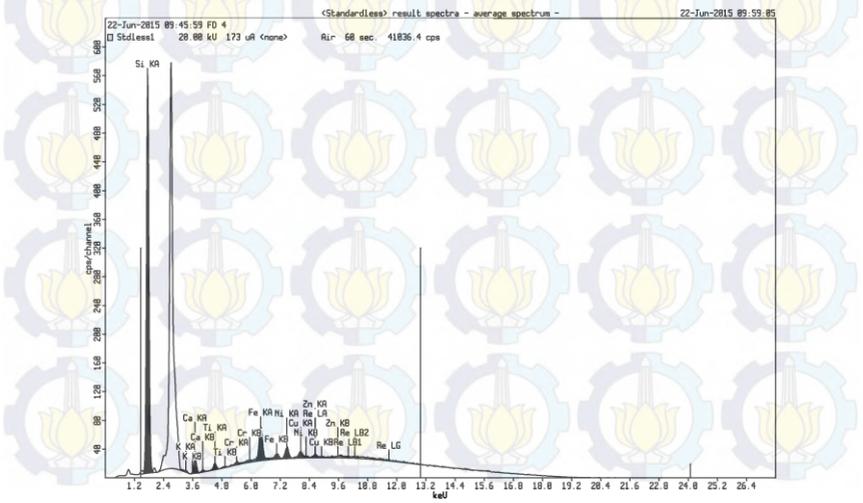
Compound	Cu	Yb
Conc	0.11 +/- 0.0096	0.1 +/- 0.0007
Unit	%	%



### D. Hasil Pengujian XRF Setelah Kopresipitasi

Compound	Si	K	Ca	Ti	Cr	Fe
Conc	96.9 +/- 0.04	0.21 +/- 0.01	1.2 +/- 0.02	0.28 +/- 0.001	0.096 +/- 0.007	0.759 +/- 0.006
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Ni	Cu	Zn	Re
Conc	0.21 +/- 0.002	0.13 +/- 0.006	0.00 +/- 0.004	0.28 +/- 0.01
Unit	%	%	%	%





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN B

### Data COD dan Hasil Rietica

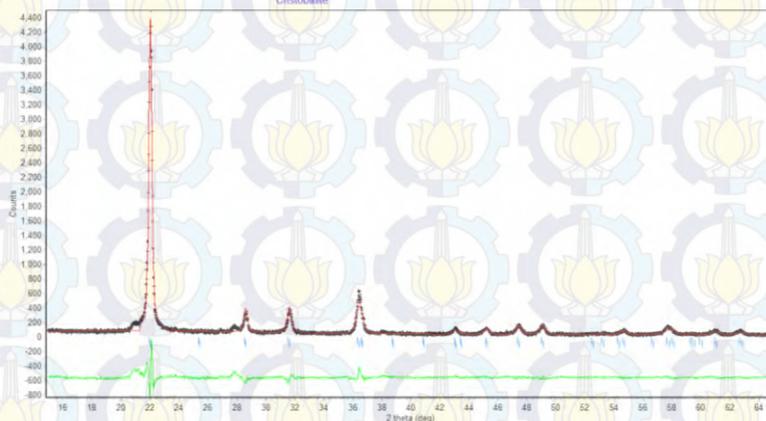
#### A. Data COD (*low cristobalite*)

Zeitschrift fuer Kristallographie, Kristallgeometrie,  
 Kristallphysik,  
 Kristallchemie (-144,1977)

```

;
_journal_page_first      82
_journal_page_last      88
_journal_volume          92
_journal_year            1935
_chemical_compound_source 'from Eschwege, Germany'
_chemical_formula_structural 'Si O2'
_chemical_formula_sum     'O2 Si'
_chemical_name_mineral    'Cristobalite low'
_chemical_name_systematic 'Silicon oxide'
_space_group_IT_number    92
_symmetry_cell_setting    tetragonal
_symmetry_Int_Tables_number 92
_symmetry_space_group_name_Hall 'P 4abw 2nw'
_symmetry_space_group_name_H-M 'P 41 21 2'
_cell_angle_alpha        90
_cell_angle_beta         90
_cell_angle_gamma        90
_cell_formula_units_Z    4
_cell_length_a            4.964(5)
_cell_length_b            4.964(5)
_cell_length_c            6.920(5)
_cell_volume              170.5
_exptl_crystal_density_meas 2.33
_cod_database_code        1010938
Si1 Si4+ 4 a 0.300(5) 0.300(5) 0. 1. 0 d
O1 O2- 8 b 0.245(5) 0.10(1) 0.175(5) 1. 0 d
  
```

## B. Hasil Rietica



Phase: 1

```

PHASE SCALE FACTOR      = 0.177198E-02 0.173677E-
080.104348E-04
OVERALL TEMP. FACTOR   = 0.000000 0.000000 0.000000
CELL PARAMETERS        = 4.910160 -0.000002 0.000662
                        4.910160 -0.000002 0.000662
                        6.858289 0.000007 0.001360
                        90.000008 0.000000 0.000000
                        90.000008 0.000000 0.000000
                        90.000008 0.000000 0.000000
RECIPROCAL CELL       = 0.204 0.204 0.146 90.000 90.000
90.000
CELL VOLUME           = 165.351059 0.045494
SCALE * VOLUME        = 0.292999 0.001727
MOLECULAR WEIGHT      = 240.360
DENSITY               = 2.413
ABSOLUTE PHASE VALUES:
INC = NEUTRONS ON SAMPLE/CM^2 ( in cm^-2)
MASS = MASS OF PHASE IN BEAM (in g)
ls/R = RATIO OF DETECTOR HEIGHT TO SAMPLE-
DETECTOR
Then:
INC*MASS*ls/R = 47261.3
    
```

```

Histogram: 1
+-----+
SCALE FACTOR= 1.0000    0.00000    0.00000
ZEROPOINT=    0.02300    0.00000    0.00000

SAMPLE DISPLACEMENT=    0.49807    0.00007    0.00680
BACKGROUND PARAMETER B 0= 928.488    1.09822    45.6212
BACKGROUND PARAMETER B 1=-35.5968 -0.477415E-01
1.98904
BACKGROUND PARAMETER B 2= 0.567124 0.856376E-03
0.362687E-01
BACKGROUND PARAMETER B 3=-0.321449E-02 -0.541748E-05
0.235245E-03
BACKGROUND PARAMETER B 5=-6606.76 -8.68579    365.118
PREFERRED ORIENTATION= 1.00000    0.00000    0.00000
ABSORPTION R = 0.00000    0.00000    0.00000
ASYMMETRY PARAMETERS= 0.02000    0.00000    0.0000
0.0    00000    0.00000
HALFWIDTH PARAMETERSU= 0.888525    0.001016    0.031626
V=-0.005000    0.000000    0.000000
W= 0.020000    0.000000    0.000000
ANISOTROPIC GAUSSIAN BROADENING =0.000000 0.000000
0.000000
PEAK SHAPE PARAMETER Gam0= 0.735154 -0.000309
0.016938
PEAK SHAPE PARAMETER Gam1= 0.000000    0.000000
0.000000
PEAK SHAPE PARAMETER Gam2= 0.000000    0.000000
0.000000
EXTINCTION PARAMETER= 0.000000 0.000000 0.000000
| 0.3819E+05| 0.2943E+06| 0.2855E+06| 0.2943E+06|
0.2993E+01| 0.5374E+17 |
+-----+
| Hist| Rp |Rwp| Rexp |Durbin Unwght|Durbin Wght|N-P|
+-----+
| 1| 12.98 | 17.27| 9.98| 0.327 | 0.713|2931|
+-----+
|SUMYDIF|SUMYOBS|SUMYCALC|SUMWYOBSQ|GOF|ONDITION |
+-----+
| 0.38E+05| 0.29E+06|0.25E+06|0.29E+06|0.29E+01|0.53E+17|
+-----+

```



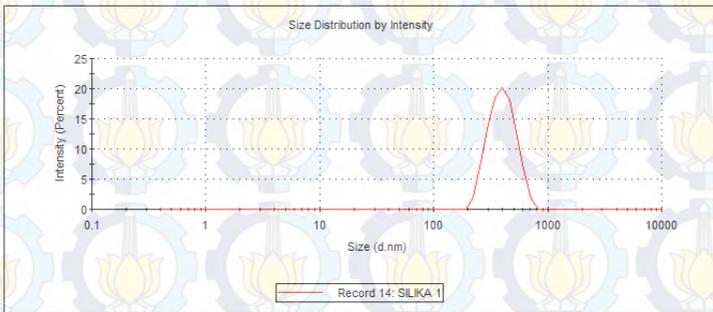
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN C

### Hasil Pengujian Ukuran Partikel dengan PSA

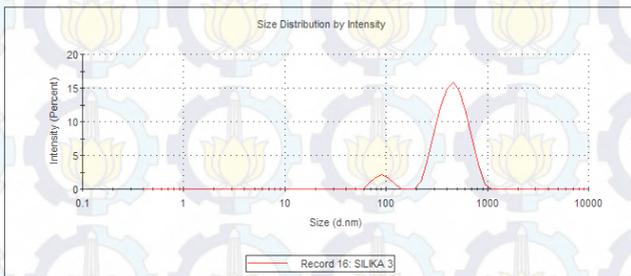
#### A. Hasil Pengujian PSA Pasir Silika Sebelum Dilakukan Purifikasi

<b>Z-Average (d.nm):</b> 426.1	<b>Peak 1:</b> 408.3	<b>% Intensity:</b> 100.0	<b>St Dev (d.nm):</b> 108.1
<b>Pdi:</b> 0.338	<b>Peak 2:</b> 0.000	0.0	0.000
<b>Intercept:</b> 0.906	<b>Peak 3:</b> 0.000	0.0	0.000
<b>Result quality:</b> Good			



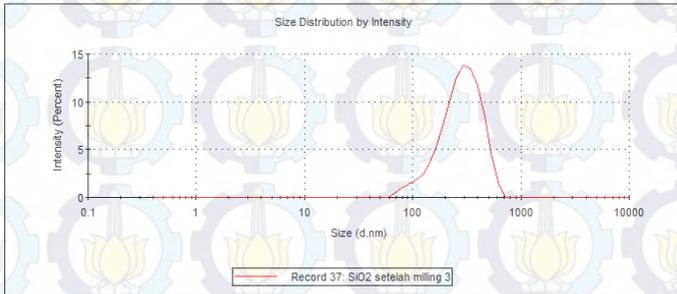
#### B. Hasil Pengujian PSA Pasir Silika Setelah Milling

<b>Z-Average (d.nm):</b> 414.7	<b>Peak 1:</b> 475.2	<b>% Intensity:</b> 93.1	<b>St Dev (d.nm):</b> 150.3
<b>Pdi:</b> 0.281	<b>Peak 2:</b> 92.19	6.9	16.23
<b>Intercept:</b> 0.915	<b>Peak 3:</b> 0.000	0.0	0.000
<b>Result quality:</b> Good			



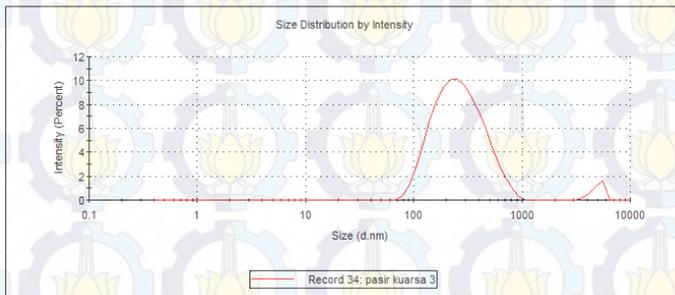
### C. Hasil Pengujian PSA Serbuk Silika Setelah *Leaching*

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
<b>Z-Average (d.nm):</b> 322.5	Peak 1: 296.9	100.0	118.3
<b>Pdl:</b> 0.425	Peak 2: 0.000	0.0	0.000
<b>Intercept:</b> 0.895	Peak 3: 0.000	0.0	0.000
<b>Result quality:</b> Good			



### D. Hasil Pengujian PSA Serbuk Silika Setelah Kopresipitasi

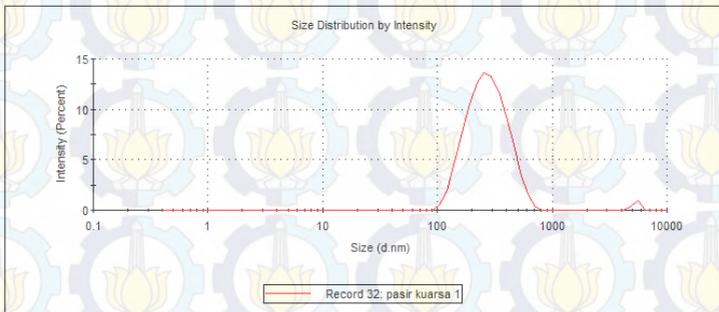
	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
<b>Z-Average (d.nm):</b> 247.9	Peak 1: 289.7	96.6	153.1
<b>Pdl:</b> 0.308	Peak 2: 5011	3.4	604.8
<b>Intercept:</b> 0.927	Peak 3: 0.000	0.0	0.000
<b>Result quality:</b> Good			



## E. Hasil Pengujian PSA Serbuk Silika Kristobalit

**Z-Average (d.nm):** 255.0  
**Pdl:** 0.244  
**Intercept:** 0.936  
**Result quality:** Good

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Peak 1:	287.3	98.8	113.0
Peak 2:	5365	1.2	331.2
Peak 3:	0.000	0.0	0.000





## BIODATA PENULIS



Penulis berasal dari Bantul, Yogyakarta dan dilahirkan pada tanggal 13 April 1993 dari pasangan Bapak Agung Maryanto dan Ibu Ristiyanti. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kemala Bhayangkari I Surabaya, SMPN 22 Surabaya dan SMAN 15

Surabaya. Penulis diterima menjadi mahasiswa jurusan fisika FMIPA-ITS pada tahun 2011 dan terdaftar dengan NRP 1111100075. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi mahasiswa. Beberapa organisasi yang sempat ditekuni penulis yaitu sebagai staf Departemen Dalam Negeri HIMASIKA ITS periode 2012-2013 dan 2013-2014. Penulis juga pernah menjadi asisten Laboratorium Fisika Dasar I dan asisten Laboratorium Optoelektronika. Akhir kata bila ada kritik dan saran kirim ke: [adhitaferbi@gmail.com](mailto:adhitaferbi@gmail.com)