

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Rasio H₂O:Natrium Silikat terhadap Hidrofobisitas Membran Komposit Silika Hidrofobik

Pada penelitian ini, silika hidrofobik disintesis menggunakan natrium silikat dengan metode sol-gel. Pada reaksi sol-gel ditambahkan asam dan basa untuk menginisiasi proses pembentukan sol yang kemudian dilanjutkan dengan pembentukan matriks-matriks gel silika. Menurut Aegerter (2011), dalam penambahan asam dan basa, reaksi pembentukan gel terdiri atas 2 tahapan utama yaitu netralisasi dan kondensasi. Partikel SiO₂ hidrofobik akan didispersikan dalam alkohol etanol suspensi SiO₂ hidrofobik 0.8%. Kain katun yang telah diberikan perlakuan sebelumnya direndam selama 20 menit dalam suspensi SiO₂ hidrofobik 0,8%. Kain katun yang telah direndam pada larutan alkali akan memiliki morfologi permukaan yang lebih kasar. Selanjutnya, direndam dalam suspensi SiO₂ sehingga partikel hidrofobik akan menempel dan mengisi celah pada kain. Kain kemudian dipanaskan dalam oven untuk menguapkan etanol sisa perendaman.

Pada proses fabrikasi membran komposit silika hidrofobik, dibutuhkan komponen yang akan menjadi penyokong sehingga meningkatkan kinerja membran tersebut yaitu partikel silika (SiO₂). Silika yang digunakan merupakan silika non-alkoksida berupa larutan silikat atau *waterglass* (SiO₂: 25,5% - 28,5%, Na₂O: 7,5% - 8,5%). Guna mengetahui pengaruh konsentrasi natrium silikat terhadap hidrofobisitas membran komposit hidrofobik maka rasio (volume) H₂O:natrium silikat divariasikan pada 15:1 (0,0625 M), 16:1 (0,0588M) , 17:1 (0,0556M) , 18:1 (0,0526M) , dan 19:1 (0,05M).

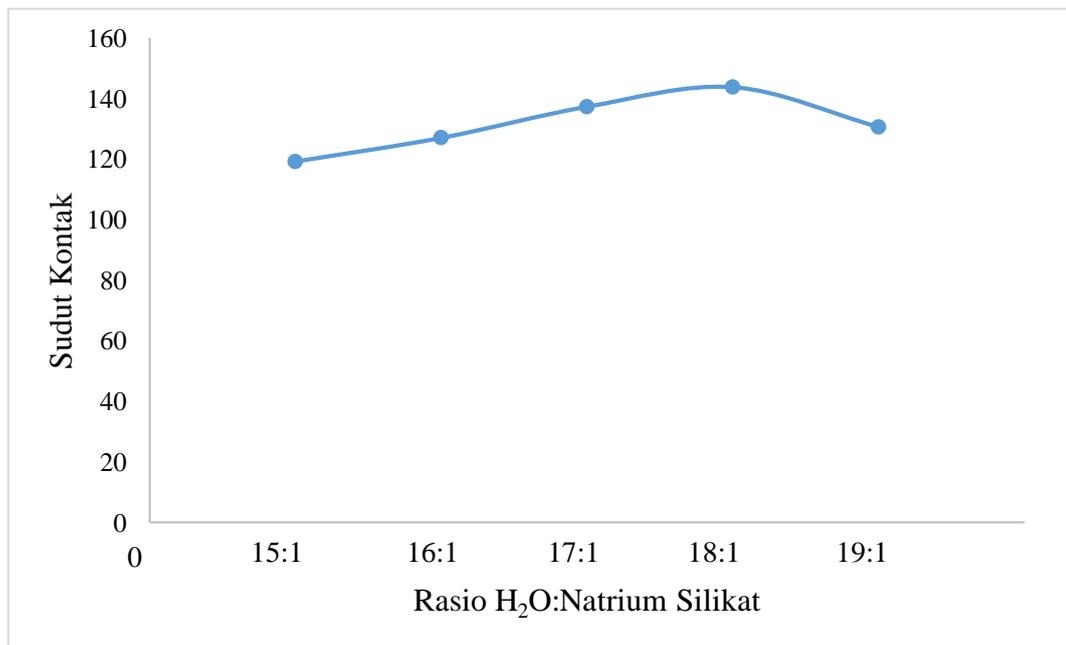
Hidrofobisitas dapat diukur melalui sudut kontak suatu permukaan. Sebuah permukaan dikatakan memiliki sudut kontak kecil apabila <90° atau disebut sebagai hidrofobisitas rendah, sementara sudut kontak besar (>90°) dimiliki oleh permukaan dengan hidrofobisitas tinggi (Yuan dan Lee, 2013). Sudut kontak terbesar dari tiap rasio akan digunakan sebagai basis pada pengujian variabel selanjutnya, yaitu konsentrasi katalis amonium hidroksida (NH₄OH) terhadap sifat hidrofobisitas membran.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan nilai sudut kontak untuk masing-masing variabel tersaji pada tabel 4.1 dan gambar 4.1 berikut. Sudut kontak di setiap variasi rasio menunjukkan permukaan membran komposit silika memiliki sifat hidrofobik karena sudut kontaknya melebihi 90°.

Tabel 4.1 Data Sudut Kontak Variabel Rasio H₂O:Natrium Silikat

No.	Rasio H ₂ O:Natrium Silikat	Sudut Kontak (°)	Keterangan
1	15:1	119.290 ^a	
2	16:1	127.122 ^{ab}	
3	17:1	137.435 ^{ab}	
4	18:1	143.900 ^b	1&4 Berbeda Nyata**
5	19:1	130.722 ^{ab}	

**Perhitungan pada Lampiran A-3, Tabel A.13



Gambar 4.1 Grafik hasil uji sudut kontak variabel rasio H₂O: natrium silikat

Pada rasio 15:1, membran komposit silika yang dihasilkan sudah hidrofobik dengan nilai 119,290°. Hal ini menunjukkan dengan menggunakan rasio ini sudah dapat menghasilkan partikel silika hidrofobik. Rasio air terhadap natrium silikat ini akan memberikan pengaruh pada distribusi larutan natrium silikat saat akan ditambahkan katalis asam dan basa. Berdasarkan grafik berawal dari rasio 15:1 hingga rasio 18:1 sudut kontak mengalami peningkatan hingga akhirnya menurun pada rasio 19:1. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai rasio yang digunakan, maka sudut

kontak yang dihasilkan juga semakin besar. Dengan kata lain, semakin besar sudut kontak yang terukur, maka sifat hidrofobisitas yang dimiliki membran komposit tersebut semakin tinggi.

Rasio yang dimaksudkan merupakan rasio volume dengan memvariasikan rasio H₂O, sehingga semakin meningkatnya rasio, maka larutan semakin encer. Hal ini sesuai yang dikatakan Aegerter (2011) bahwa semakin meningkatnya rasio, menunjukkan larutan semakin encer, dengan begitu jarak antar spesies silika yang mengalami kondensasi (gelasi) akan semakin besar. Akibatnya, frekuensi setiap spesies untuk bertabrakan akan semakin kecil. Sudut kontak yang didapatkan terus meningkat hingga rasio 18:1 karena semakin banyak gugus -OH yang terganti oleh silika alkoksi pada proses sililasi akibat distribusi natrium silikat yang cukup. Sehingga membran yang didapatkan semakin non-polar dan memiliki ketahanan yang baik terhadap air serta penyerapan minyak yang lebih cepat. Gugus -OH tersebut terbentuk akibat adanya aktivasi natrium silikat melalui protonasi pusat SiO-, dimana ion Na⁺ akan diganti dengan proton H⁺. Proton H⁺ disumbang dari penambahan asam asetat 1 M hingga mencapai pH 4. Hal ini akan menghasilkan struktur tiga dimensi, dimana partikel akan mengisi celah-celah pada kain. Semakin banyak partikel pada permukaan kain, maka sudut kontak yang dihasilkan lebih tinggi.

Pada penelitian ini, rasio 18:1 menjadi rasio yang ideal karena menghasilkan sudut kontak tertinggi. Hal ini didukung oleh pernyataan Schaefer dkk. (1986), bahwa rasio yang rendah akan menghasilkan cabang polimer yang lemah sementara rasio yang tinggi akan menghasilkan partikel koloid dengan cabang polimer yang banyak. Partikel dengan cabang polimer yang banyak akan menghasilkan partikel dengan dimensi yang beragam. Sehingga, dengan adanya dimensi yang beragam dan sifat hidrofobik silika alkoksi pada partikel maka kondisi permukaan hidrofobik dapat dicapai.

Pada rasio yang lebih encer, 19:1, sudut kontak mengalami penurunan dari rasio 18:1. Hal ini dikarenakan penambahan TEOS pada proses sililasi dengan volume yang tetap tidak cukup untuk mengganti seluruh gugus -OH pada ikatan silanol dengan silika alkoksi. Ikatan silanol tersebut mudah bereaksi dengan air sehingga akan berpengaruh pada hidrofobisitas partikel. Semakin banyak gugus -OH yang tidak tersubstitusi, maka kemungkinan bereaksi dengan air juga akan semakin besar, sehingga sisi yang bersifat nonpolar yang dihasilkan pun tidak mencukupi.

Kemudian, dilakukan uji BNT guna mengetahui pengaruh dua perlakuan berbeda secara statistik atau nilai beda nyata antar masing-masing titik. Berdasarkan notasi pada tabel 4.1, menunjukkan bahwa sudut kontak antar variabel dengan notasi a, yaitu rasio 15:1, 16:1, 17:1, dan 19:1 dinyatakan tidak berbeda signifikan. Begitu juga dengan variabel yang memiliki notasi b, yaitu rasio 16:1, 17:1, 18:1, dan 19:1 pun tidak berbeda signifikan. Notasi tersebut didapatkan dengan membandingkan nilai besar beda dua variabel dengan nilai BNT yang didapatkan berdasarkan hasil pengukuran sudut kontak, dimana dikatakan berbeda signifikan ketika nilai besar beda > nilai BNT. Pada tabel 4.1, terdapat 2 variabel yang berbeda signifikan, yaitu rasio 15:1 terhadap 18:1 dengan nilai besar beda adalah 24,61 sedangkan nilai BNT-nya 22,108.

4.2 Pengaruh Konsentrasi Katalis Amonium Hidroksida terhadap Hidrofobisitas Membran Komposit Silika Hidrofobik

Guna menunjang reaksi sol-gel, maka ditambahkan asam dan basa untuk menginisiasi proses pembentukan sol yang kemudian dilanjutkan dengan membentuk matriks-matriks gel silika. Penambahan basa amonium hidroksida (NH_4OH) dilakukan untuk meningkatkan laju reaksi pembentukan gel silika. Pada penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh konsentrasi amonium hidroksida pada hidrofobisitas membran komposit silika, maka konsentrasi amonium hidroksida divariasikan pada 0,1 M; 0,2 M; 0,3 M; 0,4 M; dan 0,5 M, dengan menggunakan rasio H_2O :natrium silikat 18:1. Hidrofobisitas dari membran diuji dengan mengukur sudut kontak air dengan permukaan membran yang ditunjukkan pada tabel 4.2.

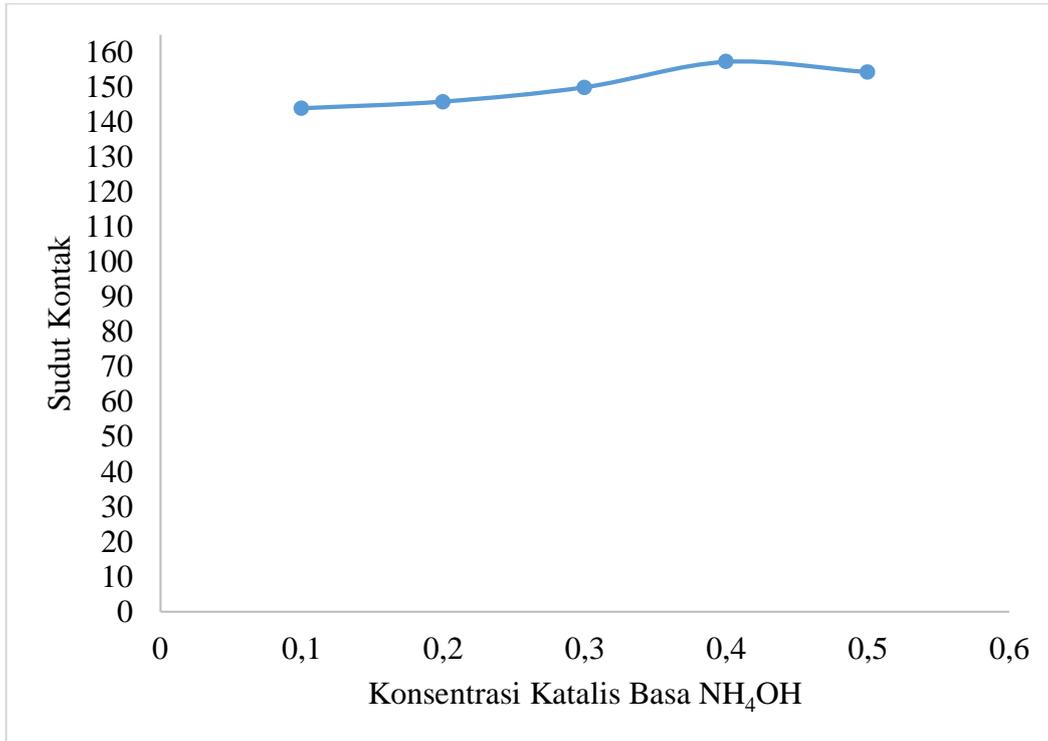
Tabel 4.2 Data Sudut Kontak Variabel Konsentrasi Katalis Basa NH_4OH

No.	Konsentrasi Katalis NH_4OH (M)	Sudut Kontak ($^\circ$)	Keterangan
1	0.1	143.900 ^a	
2	0.2	145.824 ^{ab}	
3	0.3	149.940 ^{ab}	
4	0.4	157.259 ^b	1&4 Berbeda Nyata**
5	0.5	154.312 ^{ab}	

**Perhitungan pada Lampiran A-3, Tabel A. 17

Sudut kontak yang dihasilkan menunjukkan bahwa permukaan membran komposit silika memiliki sifat hidrofobik. Bahkan pada konsentrasi NH_4OH 0,4 M dan 0,5 M

permukaan membran digolongkan sebagai superhidrofobik karena memiliki sudut kontak diatas 150°.



Gambar 4.2 Grafik uji sudut kontak variabel konsentrasi katalis basa NH₄OH

Berdasarkan grafik, dapat terlihat sudut kontak tertinggi adalah sudut kontak pada konsentrasi NH₄OH 0,4 M. Terlihat pula telah terjadi peningkatan sudut kontak seiring bertambahnya konsentrasi NH₄OH hingga akhirnya turun pada konsentrasi 0,5 M. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan, maka sudut kontak yang dihasilkan juga semakin besar sehingga hidrofobisitas yang dimiliki membran komposit tersebut semakin baik. Hal ini dikarenakan penambahan katalis NH₄OH ini mempengaruhi laju polikondensasi. Polikondensasi sendiri merupakan reaksi polimerisasi dimana spesies silika bergabung dengan spesies silika lain membentuk ikatan Si-O-Si (siloksan) hingga akhirnya membentuk partikel yang cukup besar untuk membentuk sistem gel.

Pada penelitian ini, penambahan dilakukan hingga pH mencapai 6, dimana menurut Aegerter (2011), pada pH>6, waktu gelasi akan berlangsung sangat cepat. Sehingga, semakin besar konsentrasi, maka waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pH 6 akan lebih sedikit. Dengan kata lain, waktu gelasinya juga akan semakin cepat sehingga akan membentuk partikel dengan cabang yang tidak beraturan. Cabang yang

tidak beraturan tersebut menghasilkan dimensi yang beragam. Apabila partikel ini didepositkan ke kain maka dimensi yang beragam ini akan menghasilkan kekasaran yang berkontribusi pada hidrofobisitas suatu permukaan.

Pada konsentrasi katalis basa 0,5 M sudut kontak mengalami penurunan dari titik sebelumnya, dari 157,259° menjadi 154,312°. Hal ini disebabkan karena, selain mempengaruhi laju polikondensasi, penambahan katalis juga mencegah adanya kompetisi reaksi akibat H^+ yang menghasilkan banyak gugus silanol (Si-OH) dan mengeliminasi Si-O⁻. Sementara, berdasarkan Nuryono dan Narsito (2005), laju reaksi akan lebih maksimal apabila konsentrasi Si-O⁻ setara dengan Si-OH. Ketika penambahan katalis mencapai konsentrasi 0,5 M, dapat dimungkinkan Si-OH yang terbentuk sedikit sehingga konsentrasinya tidak setara dengan Si-O⁻. Selain itu, sedikitnya Si-OH yang terbentuk, maka ketika TEOS ditambahkan tidak banyak silanol yang dapat dimodifikasi gugusnya oleh silika alkoksida. Hal ini menyebabkan, sifat hidrofobisitas yang didapatkan tidak maksimal.

Pada data-data sudut kontak yang didapatkan dilakukan uji BNT guna mengetahui pengaruh dua perlakuan berbeda secara statistik atau nilai beda nyata antar masing-masing titik. Berdasarkan notasi pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa sudut kontak antar variabel dengan notasi a, yaitu konsentrasi 0,1 M, 0,2 M, 0,3 M, dan 0,5 M dinyatakan tidak berbeda signifikan. Begitu juga dengan variabel yang memiliki notasi b, yaitu konsentrasi 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M, dan 0,5 M pun tidak berbeda signifikan. Notasi tersebut didapatkan dengan membandingkan nilai besar beda dua variabel dengan nilai BNT yang didapatkan dari hasil perhitungan berdasarkan hasil pengukuran sudut kontak, dimana dikatakan berbeda signifikan ketika nilai besar beda > nilai BNT. Pada tabel 4.2, terdapat 2 variabel yang berbeda signifikan, yaitu konsentrasi 0,1 M terhadap 0,4 M dengan nilai besar beda adalah 13,359 sedangkan nilai BNTnya 12,929.

4.3 Analisa Uji Stabilitas Membran Komposit Silika Hidrofobik

Pada penelitian ini kestabilan hidrofobisitas membran komposit silika hidrofobik diuji selama 5 hari, yakni hari ke-0 hingga hari ke-5. Apabila sampel telah diuji sudut kontak, maka sampel akan dimasukkan ke dalam oven kembali pada suhu 110° selama 30 menit dan dibiarkan di dalam desikator hingga pengujian selanjutnya yang dilakukan keesokan harinya.

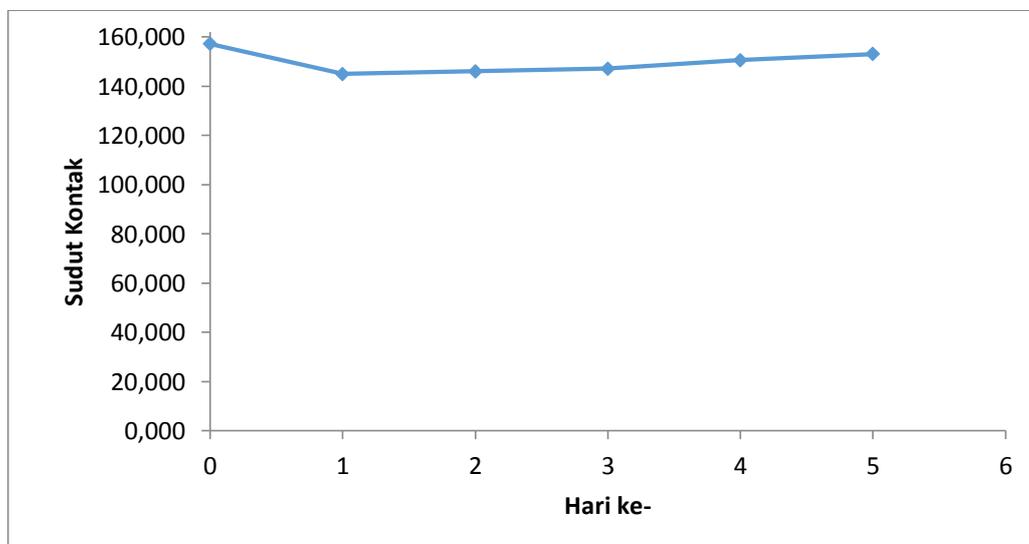
Kestabilan yang dimaksudkan disini ini merupakan kemampuan sebuah permukaan hidrofobik dalam mempertahankan sifat hidrofobiknya. Data hasil uji kestabilan membran komposit hidrofobik ditampilkan pada tabel 4.3 dan gambar 4.3.

Tabel 4.3 Data Sudut Kontak Uji Stabilitas Membran Komposit Hidrofobik

No.	Hari Ke-	Sudut Kontak	Keterangan
1	0	157.200 ^b	1&2 Berbeda Signifikan
2	1	145.048 ^a	
3	2	146.116 ^{ab}	
4	3	147.147 ^{ab}	
5	4	150.606 ^{ab}	
6	5	153.139 ^{ab}	

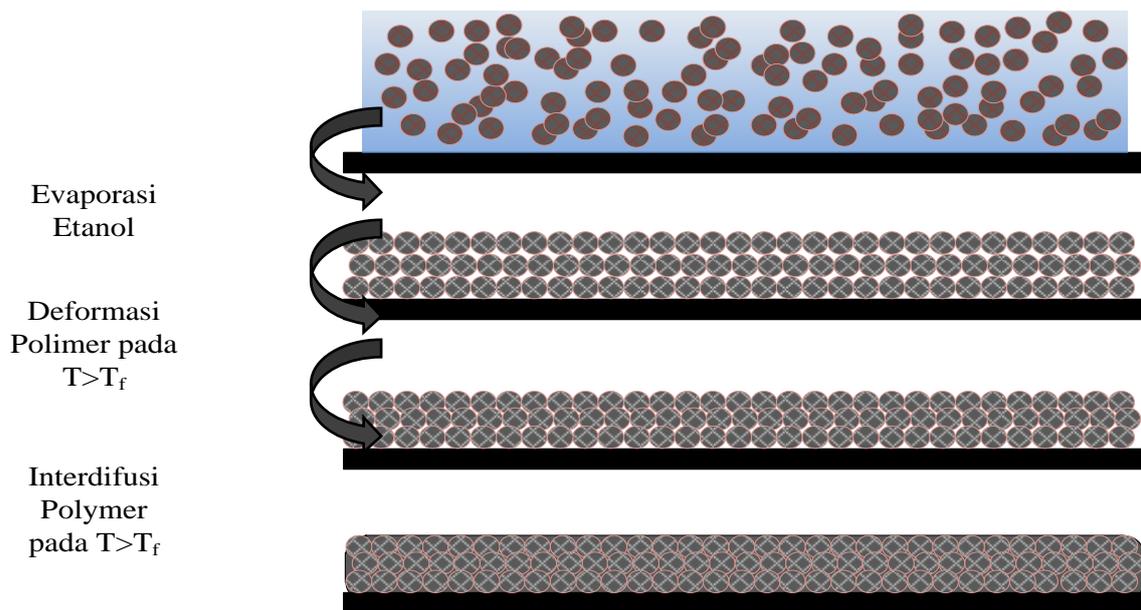
**Perhitungan pada Lampiran A-3, Tabel A.21

Berdasarkan gambar 4.3 didapatkan bahwa selama 5 hari secara umum tidak terjadi perubahan yang signifikan pada sudut kontak seiring bertambahnya hari. Hal ini menunjukkan bahwa partikel silika dapat mempertahankan hidrofobitasnya. Selain itu juga membuktikan bahwa modifikasi gel silika menggunakan TEOS berhasil mengenkapsulasi partikel silika secara menyeluruh sehingga dapat mencegah degradasi dalam jangka panjang. Hal ini didukung pula oleh adanya uji BNT yang menunjukkan hasil nilai beda nyata pada setiap titik yang berurutan tidak berbeda signifikan. Selain itu, hasil sudut kontak juga menunjukkan bahwa membran memiliki stabilitas termal pada perlakuan suhu 110°C.



Gambar 4.3 Grafik uji sudut kontak kestabilan membran komposit hidrofobik dalam 5 hari

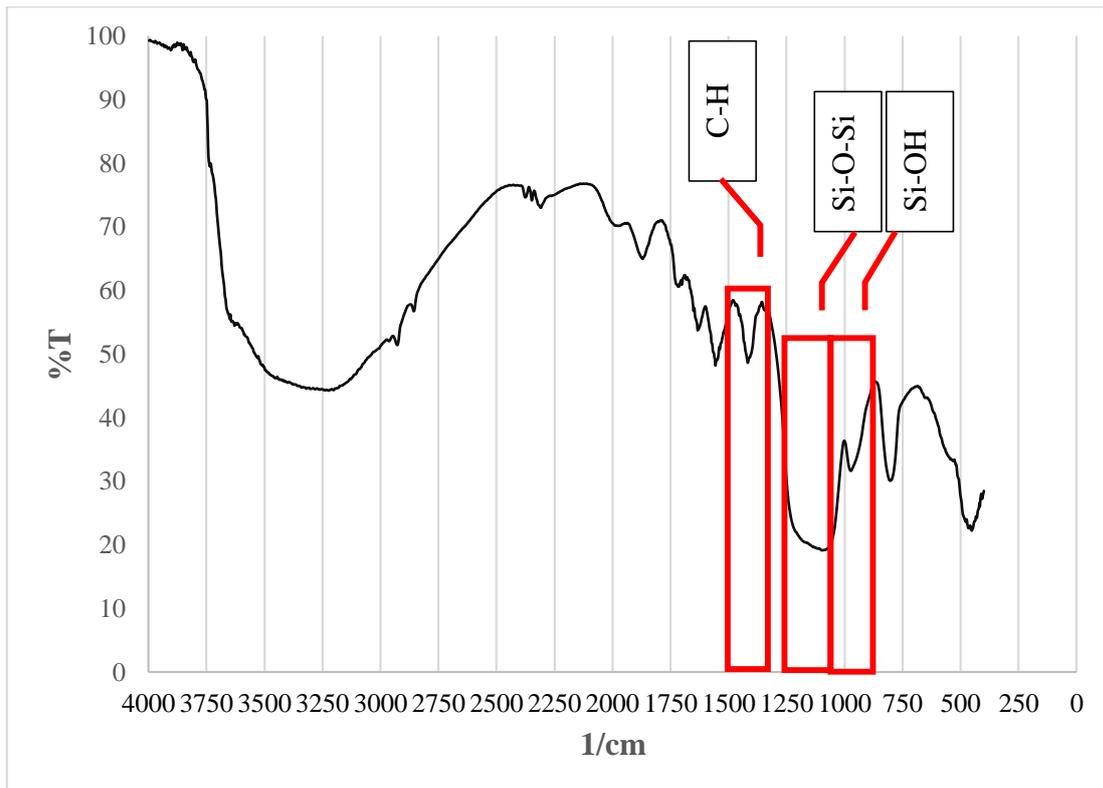
Peningkatan nilai sudut kontak ini diakibatkan semakin padatnya formasi partikel silika pada kain akrobat pengeringan berkala selama pengujian kestabilan. Zou dkk. (2008) mengatakan bahwa apabila suatu lapisan partikel dikeringkan diatas suhu formasi minimum (T_f) maka partikel tersebut akan terdeformasi mengisi celah antar partikel dan menghasilkan susunan lapisan partikel yang padat (*close-packed*). Apabila lapisan partikel dipanaskan diatas suhu transformasi kaca (T_g , *glass transition temperature*) maka akan membentuk lapisan film yang kokoh secara mekanis. Hal tersebut diilustrasikan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Skema tranformasi lapisan partikel silika

Sumber: Zou, dkk (2008)

4.4 Analisa Uji FT-IR (Fourier Transform InfraRed) pada Gel Silika Hidrofobik



Gambar 4.5 Spektra uji FT-IR serbuk silika hidrofobik

Gambar 4.5 menunjukkan spektra FT-IR dari gel silika hidrofobik yang telah dikeringkan pada suhu 80°C selama 30 menit menjadi serbuk silika hidrofobik. Berikut ini merupakan tabulasi puncak pita spektra dan %T dari serbuk silika hidrofobik.

Tabel 4.4 Interpretasi Spektra FT-IR dari Serbuk Silika Hidrofobik

Bilangan Gelombang Puncak (cm⁻¹)	Interpretasi	Referensi
451,34	Vibrasi tekuk Si-O-Si	Hamdan (1992)
802,39	Vibrasi ulur simetri Si-O pada Si-O-Si	Silverstein (1991)
972,12	Vibrasi ulur Si-O pada Si-OH	Silverstein (1991) Zulfiqar (2016)
1087,85	Vibrasi ulur asimetri Si-O pada Si-O-Si	Silverstein (1991)
1095,57		Coates (2000)
1417,68	Vibrasi tekuk C-H pada C ₂ H ₅	Coates (2000)
1629,85	Vibrasi tekuk –OH dari molekul air	Silverstein (1991)
2856,58	Vibrasi ulur C-H pada C ₂ H ₅	Coates (2000)
3450,65	Vibrasi –OH pada Si-OH	Zulfiqar (2016)

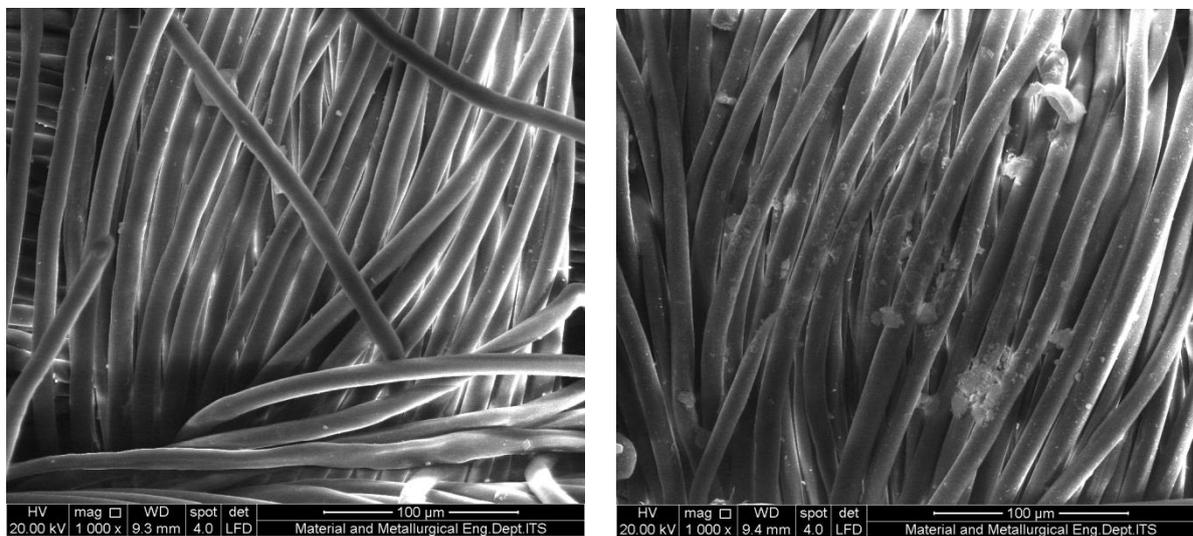
Pengujian FT-IR dilakukan pada rentang 400-4000 cm⁻¹ dan menghasilkan puncak spektra pada bilangan gelombang yang disajikan pada Gambar 4.5. Pada bilangan gelombang 451 cm⁻¹ menginterpretasi vibrasi tekuk Si-O-Si (Hamdan, 1992). Puncak pada rentang 1095 – 1075 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus siloksan (Si-O-Si) (Coates, 2000). Bilangan gelombang tersebut memiliki %T terendah sekitar 19%. Hal ini menunjukkan bahwa pada senyawa tersebut didominasi gugus Si-O-Si karena semakin kecil nilai %T maka semakin banyak sinar yang diserap oleh gugus fungsi dan menyebabkan suatu gugus fungsi ber-vibrasi. Banyaknya ikatan Si-O-Si menunjukkan adanya proses polimerisasi membentuk senyawa bercabang dan membentuk partikel yang lebih besar. Sementara, gugus fungsi silanol (Si-OH) dan O-H dideteksi pada bilangan gelombang 972,12 cm⁻¹ dan 3450,65 cm⁻¹ memiliki intensitas yang lebih besar dibanding ikatan siloksan. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat gugus fungsi yang tidak tersubstitusi pada saat proses sililasi.

Puncak pada rentang 2860-2970 cm⁻¹ & 1380-1470 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur dan tekuk C-H alkana (Coates, 2000). Ikatan C-H ini terdapat pada gugus alkoksi yang memberikan sifat hidrofobik pada gel silika. Dengan adanya gugus C-H

membuktikan adanya substitusi silika alkoksi dengan gugus $-OH$ pada partikel SiO_2 yang diilustrasikan pada gambar 2.11.

4.5 Analisa Uji SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Penelitian ini membutuhkan adanya uji SEM pada 3 sampel, diantaranya lain kain katun *Toyobo* murni, kain katun setelah didepositkan dengan partikel silika hidrofobik (membran komposit silika hidrofobik), serta membran komposit silika hidrofobik setelah pemisahan campuran minyak-air. Membran yang digunakan merupakan membran yang difabrikasi pada rasio H_2O : natrium silikat 18:1 dengan konsentrasi katalis NH_4OH 0,4 M. Uji ini dilakukan guna mengetahui morfologi dari keempat sampel yang akan berpengaruh pada sifat hidrofobitas pada membran. Gambar 4.6 menunjukkan hasil uji SEM kain katun murni (a) dan kain katun setelah didepositkan dengan partikel hidrofobik (b).

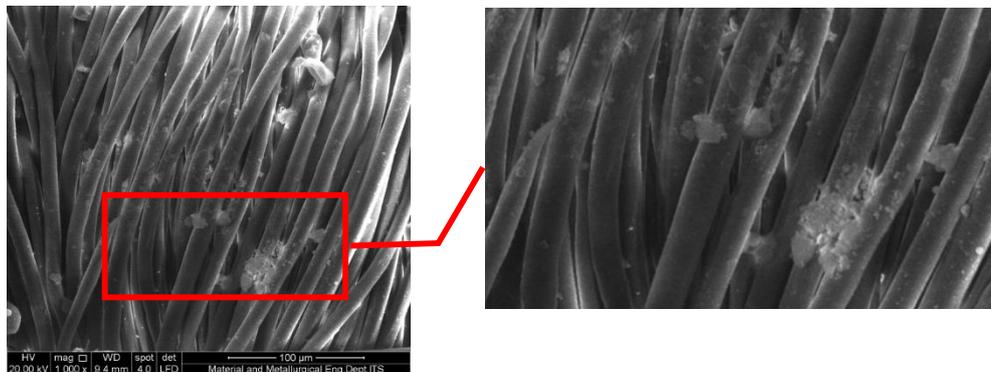


(a)

(b)

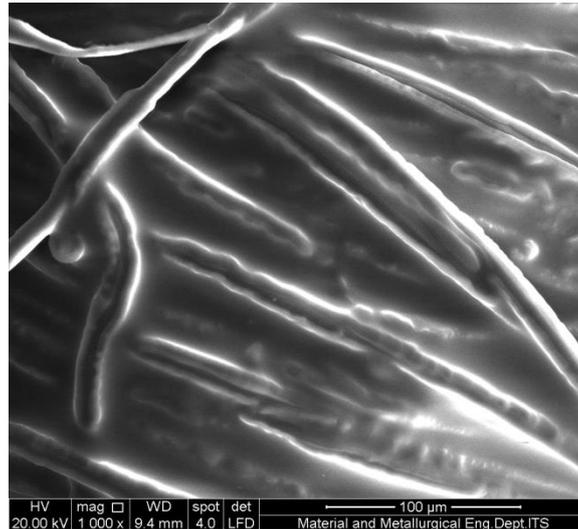
Gambar 4.6 Hasil uji SEM (a) kain katun murni dan (b) kain katun setelah didepositkan silika hidrofobik dengan perbesaran 1000x

Sesuai prosedur penelitian yang dijalankan dalam perlakuan awal kain, NaOH berfungsi menghasilkan perubahan morfologis pada kain katun dan meningkatkan kecocokan atau kesesuaian kain katun dengan partikel SiO₂ yang akan dikompositkan. Yazdanshenas dan Khalilabad (2012) mengatakan bahwa perlakuan dengan larutan alkali ini juga dapat menghilangkan pengotor, mencegah aktifitas mikroba, dan meningkatkan efisiensi pendepositan partikel. Melalui perlakuan alkali ini partikel yang didepositkan menjadi lebih banyak dibandingkan apabila didepositkan pada kain yang tidak diberi perlakuan alkali. Perubahan morfologi kain dapat ditunjukkan melalui kekasaran permukaan serat pada kain. Bagian serat kain akan mengalami perubahan morfologi menjadi lebih kasar sehingga meningkatkan area kontak kain dengan partikel silika hidrofobik (Xue dkk., 2013). Berdasarkan gambar 4.6, pada perbesaran 1000x dapat dilihat bahwa deposit partikel SiO₂ pada membran komposit silika hidrofobik (b) menghasilkan struktur yang memiliki kekasaran lebih dibanding sebelum didepositkan partikel SiO₂ hidrofobik (a). Hal tersebut diakibatkan oleh melekatnya partikel silika (SiO₂) hidrofobik pada celah-celah kain.



Gambar 4.7 Hasil uji SEM yang menunjukkan adanya partikel silika pada membran komposit silika hidrofobik

Menurut Simpson dkk. (2015), partikel dengan dimensi yang beragam pada suatu permukaan akan menghasilkan struktur permukaan yang akan memerangkap udara dan menghasilkan sifat kedap air (hidrofobik) yang akan mencegah interaksi permukaan dengan liquid. Selain itu, dengan adanya proses sililasi pada partikel maka kondisi permukaan hidrofobik dapat dimaksimalkan.



Gambar 4.8 Hasil uji SEM membran komposit silika setelah pemisahan campuran minyak-air pada perbesaran 1000x

Membran hidrofobik akan menahan air yang bersifat polar dan melewatkan senyawa kimia yang bersifat nonpolar. Apabila dibandingkan dengan gambar 4.6 (b), gambar 4.8 memiliki serat kain yang terlihat mengkilap dan layaknya diselubungi sebuah lapisan. Dalam hal ini, lapisan tersebut merupakan minyak yang tertahan pada membran setelah proses pemisahan campuran minyak-air berlangsung. Minyak ini tertahan karena membran memiliki sifat oleofilik (menyerap minyak) akibat adanya gugus etil yang bersifat nonpolar sehingga afinitasnya terhadap senyawa organik pun tinggi. Selain itu, guna membuktikan bahwa membran komposit juga bersifat oleofilik dapat ditinjau melalui berat minyak terserap dalam membran ketika proses pemisahan campuran minyak-air berlangsung. Hal ini tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Data Berat Hilang Sampel pada Proses Pemisahan Campuran Minyak-Air

Kadar Minyak	Berat Total Sampel (gr)	Berat Air dalam Campuran (gr)	Berat Minyak dalam Campuran (gr)	Berat Retentat (gr)	Berat Permeat (gr)	Berat Hilang (gr)*
55%	20	9	11	8,676	6,082	5,242
60%		8	12	7,200	7,041	5,759
65%		7	13	6,318	8,627	5,055
70%		6	14	5,733	8,688	5,579
75%		5	15	4,643	10,682	4,675

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.5, dapat diasumsikan bahwa berat hilang yang didapatkan merupakan berat dari minyak. Hal ini dikarenakan selisih berat minyak dalam campuran dengan berat permeal yang didapatkan setelah pemisahan cukup besar. Pada kadar minyak 55%, selisih berat minyak dalam campuran dengan berat permeal yang didapat, yaitu sebesar 4,918 yang dapat dikatakan sebagai berat minyak yang hilang. Sementara, berat hilang total yang didapatkan adalah 5,242 sehingga selisih dari kedua nilai tersebut merupakan berat air hilang, yaitu sebesar 0,324. Begitu sama halnya dengan hasil berat hilang pada variasi % minyak yang lain. Apabila dikalkulasi secara keseluruhan akan tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Data Berat Minyak dan Air yang Hilang

Kadar Minyak	Berat Minyak Hilang (gr)	Berat Air Hilang (gr)
55%	4,918	0,324
60%	4,959	0,800
65%	4,373	0,682
70%	5,312	0,267
75%	4,318	0,357

Dengan data pada tabel 4.6, dapat dipastikan bahwa masih ada minyak yang terserap oleh membran dan tertinggal atau tidak lolos setelah pemisahan. Hal ini didukung oleh hasil uji SEM pada gambar 4.8.

4.6 Analisa Uji Selektivitas Membran Komposit Hidrofobik pada Proses Pemisahan Campuran Minyak-Air

Uji pemisahan dilakukan dengan menggunakan membran komposit silika hidrofobik dengan proses pembuatan silika hidrofobik pada rasio H₂O:natrium silikat 18:1 dan konsentrasi NH₄OH 0,4 M yang memiliki sudut kontak tertinggi pada percobaan yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu 157,259°.

Proses pemisahan dilakukan dengan variasi persen minyak sebesar 55%, 60%, 65%, 70%, dan 75% dengan persen sisa berupa air. Minyak dan air dihomogenakan menggunakan *magnetic stirrer* hingga menjadi emulsi dengan air sebagai fase terdispersi dan minyak sebagai fase pendispersinya. Emulsi kemudian dialirkan ke dalam modul untuk dilakukan proses pemisahan secara *batch* pada tekanan atmosferik

dan menggunakan metode separasi berbasis filtrasi yang memanfaatkan gaya gravitasi. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektivitas membran silika hidrofobik pada penelitian ini adalah koefisien rejeksi (R). Nilai R berkisar antara 0 hingga 1, dimana apabila $R=1$ maka air dapat ditahan sempurna oleh membran.

Hasil pemisahan minyak-air ditunjukkan dalam Gambar 4.9. Data tersebut menunjukkan bahwa proses pemisahan terjadi akibat hidrofobisitas membran. Air yang bersifat polar akan tertahan pada membran sementara minyak yang bersifat non-polar akan melewati membran. Meskipun umpan dalam bentuk emulsi, proses pemisahan tetap dapat terjadi karena membran komposit bersifat non-polar sehingga akan mengikat senyawa yang bersifat nonpolar pula. Dalam hal ini, membran juga berperan sebagai pemecah emulsi. Saat emulsi bersentuhan dengan membran, minyak yang bersifat polar akan berdifusi melewati membran karena memiliki kepolaran yang sama dan akan turun ke bawah akibat gaya gravitasi. Hal ini akan menyebabkan emulsi menjadi tidak stabil dan globul air yang terdapat didalam emulsi akan keluar dan bergabung dengan air lainnya karena memiliki kepolaran yang berbeda dengan membran.

Nilai R pada tabel 4.5 berkisar antara 0,996-0,999 dimana dalam permeat terdapat sejumlah air yang lolos dan nilainya berkisar antara 0.056% hingga 0.658% (Lampiran A.2, Tabel A.8). Hal ini disebabkan karena masih terdapat gugus silanol (silika hidrofilik) yang tidak tersubstitusi dengan gugus silika alkoksi pada saat proses sililasi. Sehingga, masih terdapat sejumlah bagian dalam partikel yang tidak bersifat nonpolar. Selain itu membran yang bersifat hidrofobik akan memiliki sudut kontak terhadap air yang tinggi sementara sudut kontak terhadap minyak yang rendah. Semakin hidrofobik suatu permukaan maka kemungkinan berkontak dengan air akan semakin kecil. Meskipun membran yang digunakan bersifat superhidrofobik, tidak menutup kemungkinan akan tetap berkontak dengan air meskipun hanya dalam jumlah yang sedikit.

Secara keseluruhan dapat diambil kesimpulan bahwa bahwa membran komposit silika dapat memisahkan campuran minyak-air dengan rasio minyak yang tinggi hanya dengan metode filtrasi yang sederhana. Terdapat pula sejumlah minyak yang tidak terhitung sebagai permeat karena terabsorpsi dan tertahan di membran yang ditunjukkan dari gambar 4.8 dan tabel 4.6.

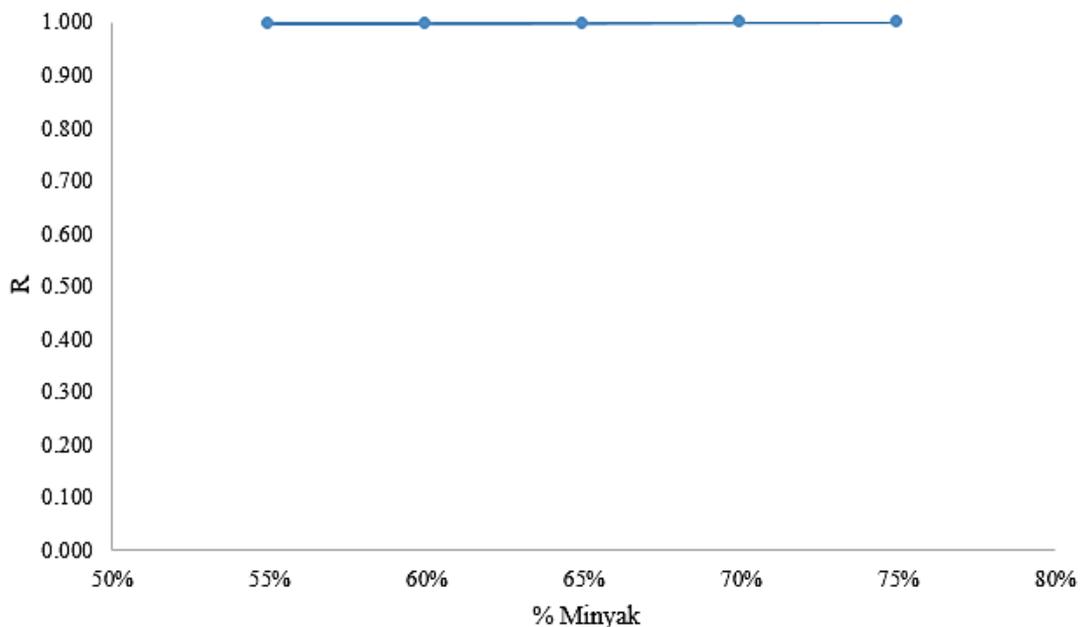
Tabel 4.7 Data Hasil Uji Pemisahan Minyak-Air

No.	% Minyak	Cp	Cf	R	Keterangan
1	55%	0.040	9	0.996 ⁻	Tidak Berbeda Signifikan Keseluruhan**
2	60%	0.034	8	0.996 ⁻	
3	65%	0.025	7	0.997 ⁻	
4	70%	0.013	6	0.998 ⁻	
5	75%	0.006	5	0.999 ⁻	

** Perhitungan pada Lampiran A-3, Tabel A.25

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa semakin kecil persen air dalam campuran, maka nilai R-nya semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa massa air dalam permeat akan bertambah seiring pertambahan persen massa air dalam umpan. Kemungkinan air lolos melewati membran akan lebih besar apabila massa air dalam umpan lebih besar karena membran komposit silika hidrofobik menahan jumlah air yang lebih banyak pula. Berdasarkan hasil perhitungan permeat yang melewati membran efisiensi pemisahan dari membran mencapai >70% (Lampiran A.2, Tabel A.4).

Selain itu, juga dilakukan uji BNT guna mengetahui nilai perbedaan nyata antar masing-masing titik dan didapatkan hasil bahwa setiap masing-masing titik pada grafik pada gambar 4.9 memiliki nilai yang tidak berbeda signifikan secara keseluruhan.



Gambar 4.9 Grafik uji pemisahan minyak yang ditunjukkan dalam pengaruh persen minyak terhadap selektivitas

