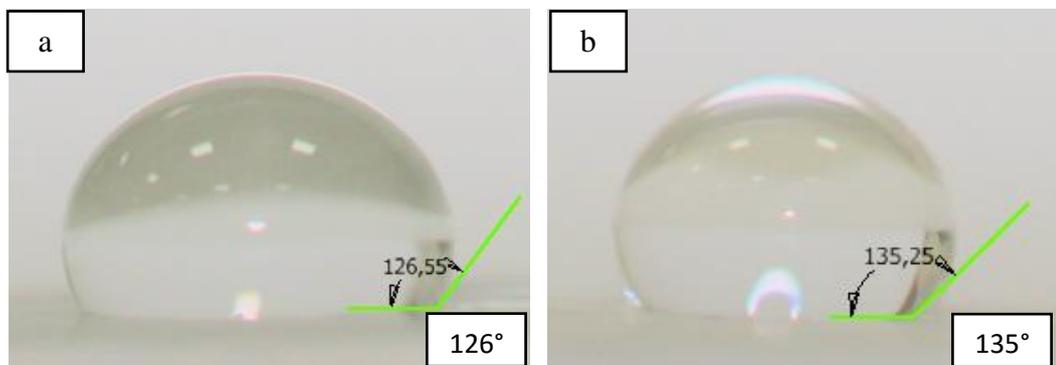


## BAB IV

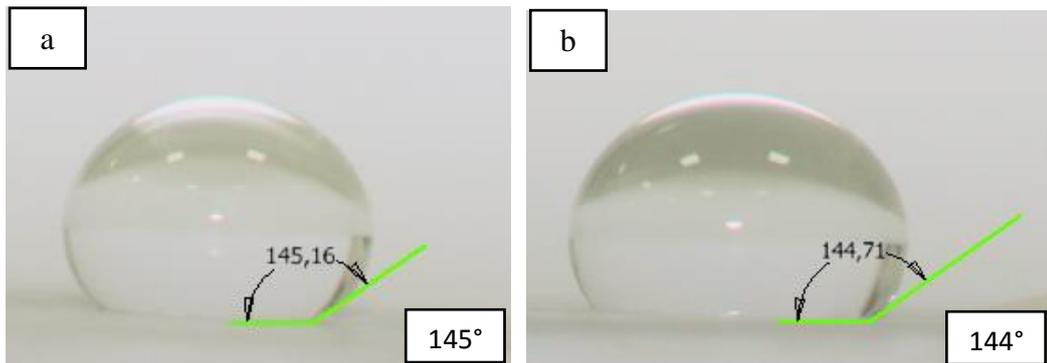
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengamatan Wettability Permukaan Hidrofobik

Setelah dilakukannya pembuatan lapisan hidrofobik pada permukaan alumunium dengan variasi 20 jam, 25 jam, 30 jam dan 35 jam. Selanjutnya untuk mengetahui tingkat *wettability* setiap variasi maka dilakukan pengujian dengan meneteskan air menggunakan pipet ke permukaan air. Tetean air tersebut di foto menggunakan kamera DSLR dengan lensa perbesaran 100mm makro. Berikut Gambar 4.1 sampai Gambar 4.4 adalah gambar dari sudut kontak air pada alumunium hidrofobik. Gambar tersebut juga sebagai perbandingan antara penelitian terdahulu Sentiantoro. (2018) yang sama membuat lapisan hidrofobik pada alumunium dengan perbedaan variasi perendaman larutan STA-etanol-H<sub>2</sub>O 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam. Sudut kontak air tertinggi yang dihasilkan dari penelitian Setiantoro (2018) mencapai 133° pada lama waktu perendaman 20 jam.



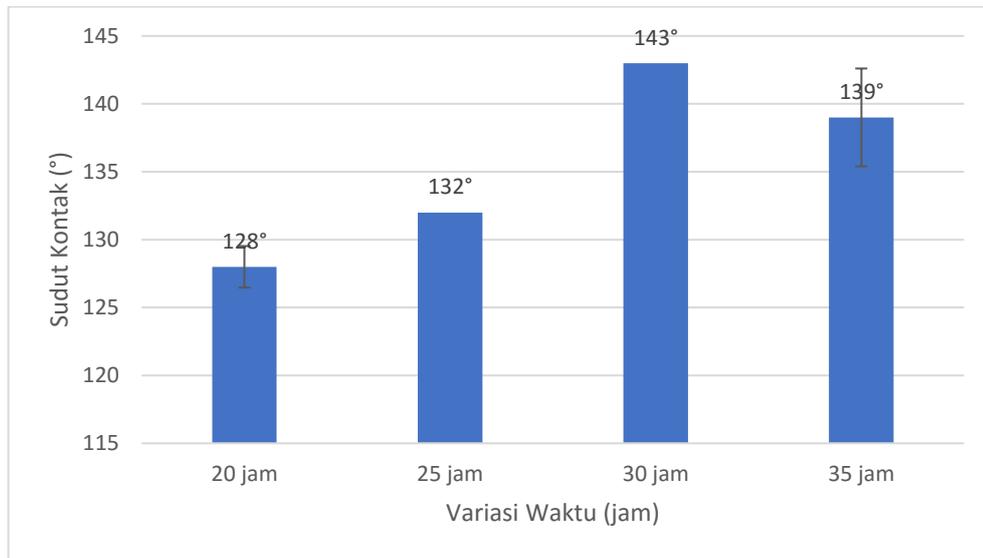
**Gambar 4.1** (a) Sudut kontak air dengan perendaman 20 jam (b) Sudut kontak air dengan perendaman 25 jam



**Gambar 4.2** (a) Sudut kontak air dengan perendaman 30 jam (b) Sudut kontak air dengan perendaman 35 jam

**Tabel 4.1** Hasil pengukuran sudut kontak air

Variasi Waktu	Sudut Kontak	Rata-rata	Standar Deviasi
20 jam	126	128	1,53
	129		
	128		
25 jam	128	132	3,61
	133		
	135		
30 jam	142	143	1,73
	142		
	145		
35 jam	144	139	4,73
	135		
	137		



**Gambar 4.3** Grafik pengaruh variasi waktu pada sudut kontak air

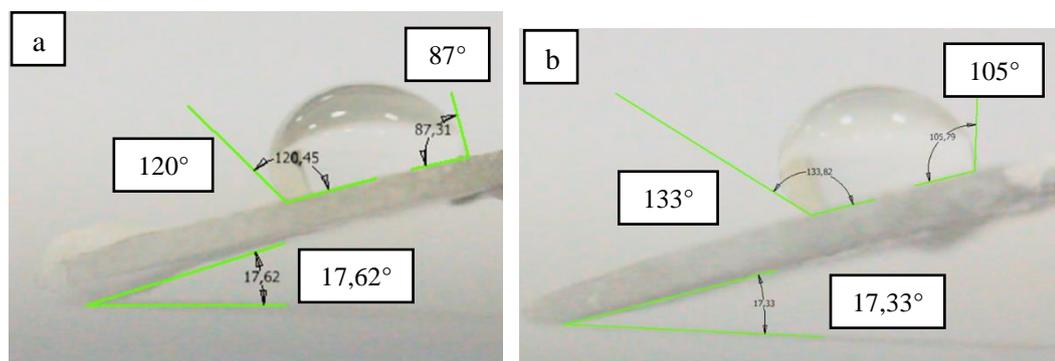
Dari Gambar 4.5 menunjukkan bahwa alumunium yang memiliki sifat hidrofobik paling tinggi adalah alumunium yang mendapat perlakuan 30 jam perendaman dengan sudut sebesar  $143^\circ$ . Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama perendaman alumunium pada larutan kimia, semakin tinggi pula tingkat penolakan airnya. Tetapi terjadi penurunan sudut kontak pada variasi waktu 35 jam. Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan karena proses pemolesan dan perendaman spesimen pada air mendidih. Proses perendaman spesimen pada air mendidih sangat berperan penting pada pembentukan struktur permukaan alumunium hidrofobik karena pada saat proses itu pori-pori alumunium mulai membesar dan semakin banyak.

Selain itu, terjadi kenaikan sudut kontak air yang signifikan pada variasi waktu 25 jam dengan 30 jam yang dikarenakan pada perendaman variasi waktu 20 jam dan 25 jam larutan kimianya tidak diaduk secara terus menerus melainkan cuman direbus. Hal ini menyebabkan kandungan yang ada pada larutan akan bergerak seiring berjalannya waktu dan pelapisan pada alumunium akan kurang merata. Sedangkan alumunium dengan variasi waktu 30 jam dan 35 jam proses perendamannya dengan spesimen digantung dalam gelas breaker dan larutan kimia di aduk secara terus menerus menggunakan magnetic striirer.

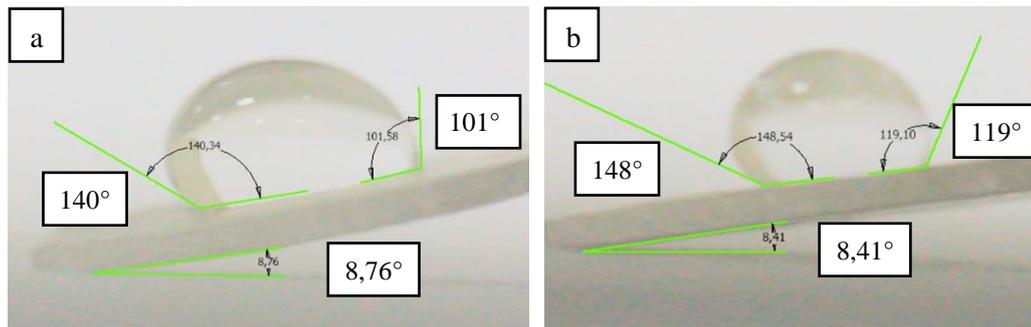
Dibandingkan dengan penelitian Feng (2013) sudut kontak dari penelitian ini lebih rendah dari pada penelitiannya Feng (2013). Hal tersebut terjadi karena perbedaan bahan alumunium yang digunakan sebagai sampel percobaan. Peneliti Feng (2013) menggunakan alumunium alloy sedangkan penelitian ini menggunakan alumunium murni. Selain itu pada penelitian ini spesimen yang memiliki perendaman 20 jam jika dibandingkan dengan penelitian Setiantoro (2018) yang sama-sama variasi perendamannya 20 jam memiliki sudut kontak yang lebih rendah. Perbedaan sudut kontak tersebut kemungkinan terjadi karena proses pemolesan yang kurang merata sehingga pada saat perebusan kandungan dari larutan kimia belum melapisi spesimen dengan merata.

#### 4.2 Pengamatan Sudut Geser

Setelah dilakukannya pengamatan sudut kontak air selanjutnya dilakukan pengujian sudut geser. Sudut geser adalah besaran sudut kemiringan spesimen yang dibutuhkan untuk menggulingkannya tolakan air. Berikut Gambar 4.4 sampai 4.5 adalah gambar dari pengujian sudut geser. Gambar tersebut juga sebagai perbandingan antara penelitian terdahulu (Setiantoro 2018) yang membuat lapisan hidrofobik pada permukaan paduan alumunium dengan variasi waktu perendaman larutan kimia STA-etanol-H<sub>2</sub>O 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam.



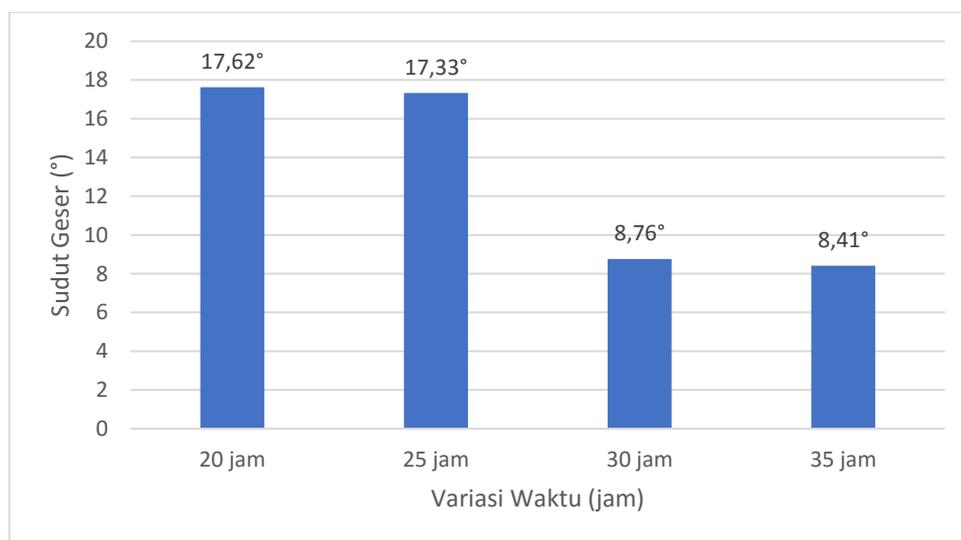
**Gambar 4.4** (a) Sudut geser perendaman 20 jam (b) Sudut geser perendaman 25 jam



**Gambar 4.5** (a) Sudut geser perendaman 30 jam (b) Sudut geser perendaman 35 jam

**Tabel 4.2** Hasil pengukuran sudut geser

Variasi Waktu	Sudut Geser
20 jam	17,62
25 jam	17,33
30 jam	8,76
35 jam	8,41



**Gambar 4.6** Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap sudut geser

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka akan semakin kecil sudut kemiringan spesimen untuk menggelindingkan tolakan air. Hal tersebut dikarenakan struktur morfologi permukaan yang berbeda-beda.

Semakin lama waktu perendaman cenderung struktur morfologinya semakin kasar. Dari grafik diatas terjadi penurunan nilai sudut geser yang drastis antara variasi waktu 25 jam dengan 30 jam dikarenakan perbedaan prosedur perendaman spesimen kedalam larutan kimia. Pada waktu 25 jam perendaman spesimen tidak digantung pada gelas breaker melainkan cuman ditaruh di dalam gelas breaker dengan posisi telentang dan larutan kimianya tidak diaduk secara terus menerus. Hal ini menyebabkan posisi spesimen yang berada dibawah tidak terkena kandungan dari larutan kimia secara merata. Tidak diaduk nya larutan secara terus menerus juga menyebabkan kandungan kimianya akan menempel pada permukaan secara berlebihan dan menyebabkan kerak yang berlebih. Hal tersebut menyebabkan susahnya air menggelinding dikarenakan air akan menempel pada kerak asam stearat.

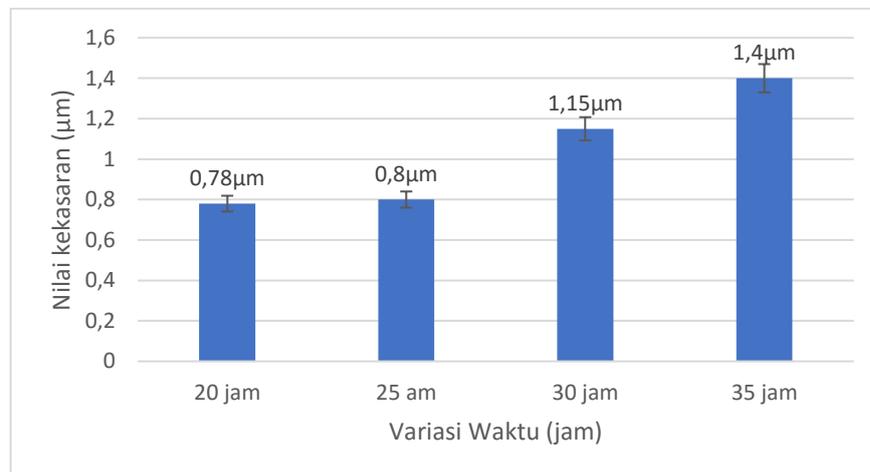
Dibandingkan dengan penelitian Setiantoro (2018) hasil dari sudut geser penelitian ini lebih baik dan bagus. Hal ini ditunjukkan dengan nilai sudut geser yang lebih kecil dibanding nilai sudut geser dari penelitian Setiantoro (2018). Hal tersebut tersebut terjadi dikarenakan variasi waktu perendaman pada penelitian ini lebih tinggi.

#### **4.3 Pengamatan Struktur Kekasaran Pada Permukaan Alumunium**

Untuk mengetahui tingkat kekasaran setiap spesimen maka dilakukanlah pengujian kekasaran dengan menggunakan alat yang bernama *Surface Roughness Tester*. Tujuan dari pengujian ini adalah permukaan yang kasar sangat berkaitan dengan sudut kontak air yang dihasilkan. Semakin kasar permukaan spesimen maka sudut kontak air yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Sampel yang diuji adalah empat spesimen pelat alumunium yang sudah mendapatkan perlakuan khusus dan memiliki perbedaan waktu pada setiap perlakuan tersebut. Setiap spesimen di uji tiga kali untuk mendapatkan nilai kekasaran yang lebih valid. Berikut Tabel 4.3 adalah hasil dari pengujian kekasaran. Nilai dari tabel tersebut adalah nilai kekasaran yang sudah di rata-rata.

**Tabel 4.3** Roughness Average

Tabel Kekasaran Alumunium		
Roughness Average (Ra)		
Variasi Waktu	Nilai Kekerasan	Standar Deviasi
Perendaman 20 jam	0,78	0,02
Perendaman 25 jam	0,8	0,02
Perendaman 30 jam	1,15	0,12
Perendaman 35 jam	1,4	0,7

**Gambar 4.7** Grafik pengaruh waktu perendaman terhadap kekasaran permukaan

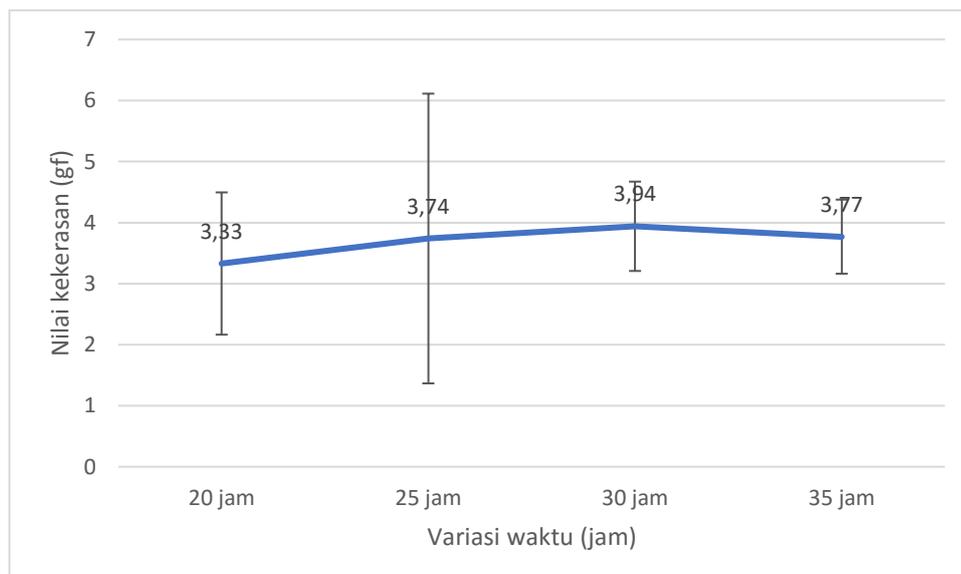
Dari Gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa perendaman plat alumunium pada larutan kimia dengan variasi waktu yang makin lama memiliki tingkat kekasaran paling tinggi. Dapat dilihat dari Gambar 4.11 tingkat kekasaran paling tinggi terdapat pada variasi waktu 35 jam dengan 1,4µm dan kekasaran paling rendah pada 20 jam dengan 0,78µm. Perbedaan kekasaran ini dipengaruhi oleh proses pengamplasan dan proses kimiawi pada saat perendaman ke dalam larutan kimia dan struktur morfologi permukaan alumunium. Kandungan yang terdapat pada larutan kimia semakin lama akan bereaksi dengan alumunium dan menyebabkan permukaan alumunium menjadi lebih kasar. Semakin kasar permukaan alumunium akan semakin tinggi pula sifat hidrofobiknya.

#### 4.4 Pengamatan Struktur Kekerasan Pada Permukaan Alumunium

Pengamatan kekerasan pada permukaan alumunium hidrofobik menggunakan alat vickers. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perendaman larutan kimia terhadap tingkat kekerasan pelat alumunium dan perbedaan tingkat kekerasan pada permukaan alumunium yang telah mendapatkan heat treatment. Pada pengujian kekerasan kali ini menggunakan alat High Quality Micro Hardness Tester dengan beban 10 gf. Pengujian dilakukan di Lab. Bahan dan Teknik Fakultas Teknik Mesin D3 UGM. Berikut Tabel 4.4 adalah hasil dari pengujian kekerasan menggunakan alat vickers.

**Tabel 4.4** Kekerasan Mikro

Variasi waktu	Nilai kekerasan (VHN)			VHN Rata-rata	Standar deviasi
Tanpa perlakuan	77,16	72,42	77,16	75,58	2,74
20 jam	2,72	2,59	4,67	3,33	1,17
25 jam	6,47	2,14	2,62	3,74	2,37
30 jam	3,1	4,32	4,41	3,94	0,73
35 jam	4,21	3,08	4,03	3,77	0,61

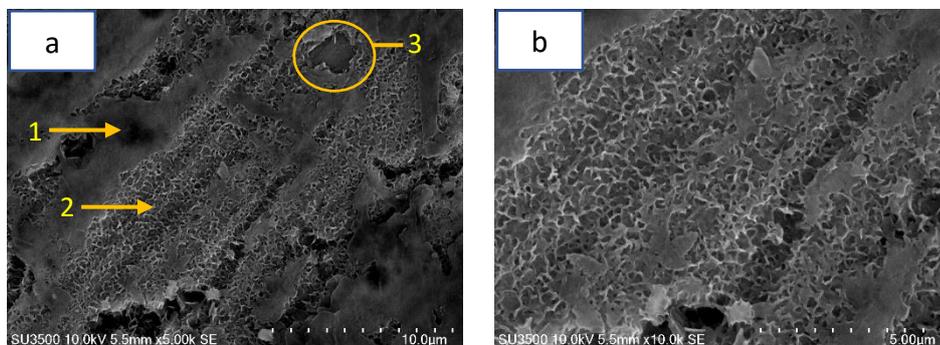


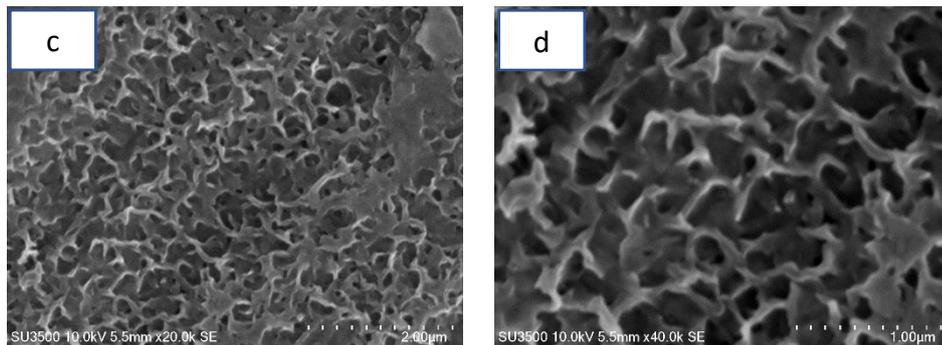
**Gambar 4.8** Grafik nilai kekerasan setiap spesimen

Dari Gambar 4.8 menunjukkan bahwa tingkat kekerasan paling tinggi ditujukan pada variasi 30 jam. Semakin besar nilai VHN maka semakin tinggi pula tingkat kekerasannya. Hal ini membuktikan bahwa proses perendaman plat alumunium pada larutan asam stearat dengan suhu konstan 60 °C menyebabkan perubahan struktur kekerasan pada alumunium. Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa semakin lama variasi waktu perendaman maka akan semakin tinggi tingkat kekerasannya. Terdapat selisih perbedaan yang cukup besar pada nilai kekerasan dikarenakan pada saat pengambilan tingkat kekerasannya diambil pada titik tengah dan pinggir spesimen. Pada bagian pinggir spesimen rata-rata memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tengah. Hal ini disebabkan oleh masih tersisnya tegangan bebas dari pemotongan pelat alumunium menggunakan water jet.

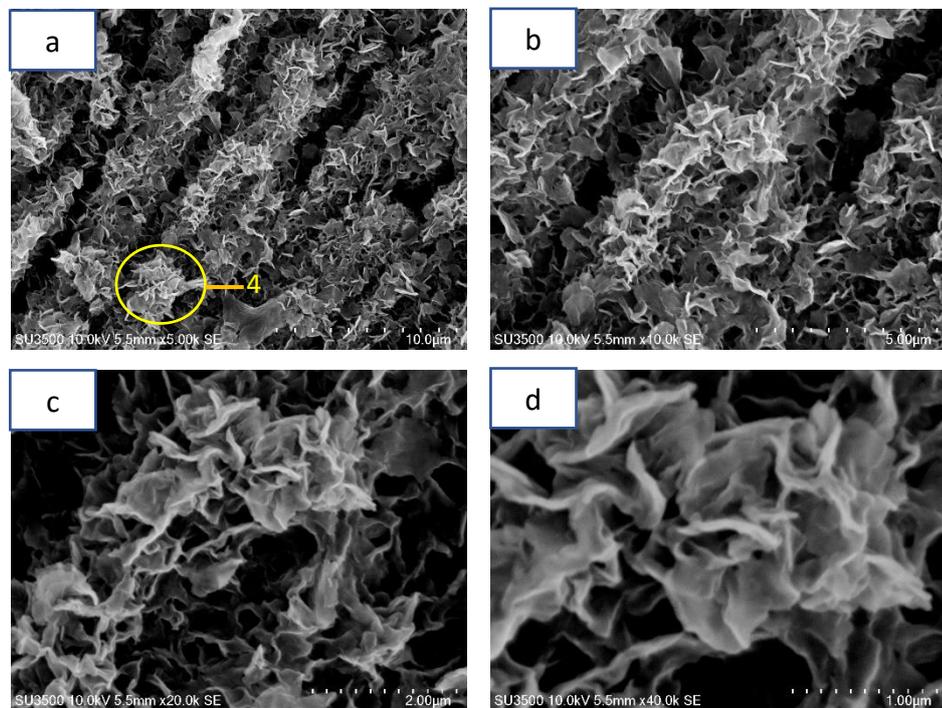
#### 4.5 Pengamatan Morfologi Permukaan Alumunium Hidrofobik

Tujuan utama pengamatan morfologi pada permukaan alumunium hidrofobik adalah untuk mengetahui perbedaan struktur morfologi antara pelat alumunium yang memiliki tingkat wettability paling tinggi dengan yang paling rendah. Maka dari itu, diambil spesimen dengan perendaman 20 jam dan 30 jam untuk mengetahui perbedaan struktur morfologi dari setiap spesimen tersebut. Berikut Gambar 4.9 sampai Gambar 4.10 adalah gambar dari hasil uji SEM terhadap spesimen dengan perendaman larutan kimia selama 20 jam dan 30 jam.





**Gambar 4.9** Struktur aluminium hidrofobik dengan variasi perendaman 20 jam (a) perbesaran 5.00k (b) perbesaran 10.0k (c) perbesaran 20.0k (d) perbesaran 40k



**Gambar 4.10** Struktur aluminium hidrofobik dengan variasi perendaman 30 jam (a) perbesaran 5.00k (b) perbesaran 10.0k (c) perbesaran 20.0k (d) perbesaran 40k

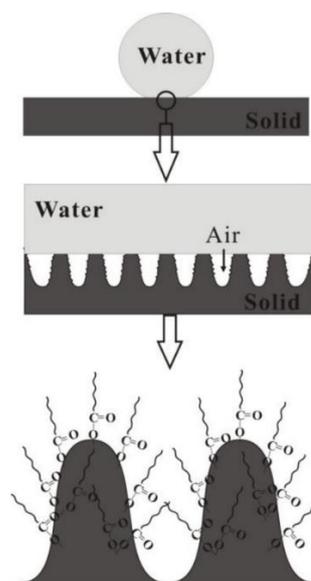
Dari Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 menunjukkan mikograf SEM permukaan aluminium yang telah melewati proses heat treatment dengan variasi perendaman 20 jam dan 30 jam. Pada gambar diatas menunjukkan bahwa aluminium yang telah melewati proses heat treatment memiliki struktur permukaan yang kasar. Kekasaran permukaan aluminium antara perendaman dengan larutan kimia 20 jam dengan 30 jam juga memiliki perbedaan yang sangat tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar

4.9 dengan perbesaran 5.00k dan Gambar 4.10 dengan perbesaran 5.00k. Perendaman pelat alumunium dengan variasi waktu 30 jam cenderung memiliki permukaan yang lebih kasar dari pada variasi waktu 20 jam. Selain itu permukaan alumunium hidrofobik dengan variasi perendaman 20 jam memiliki kekasaran yang kurang merata seperti yang ditunjuk pada nomor 1 dan 3, hal ini disebabkan karena perbedaan proses perendaman. Berbeda dengan variasi perendaman 30 jam memiliki kekasaran yang merata dan tingkat kekasarannya lebih tinggi dibandingkan dengan variasi waktu 20 jam. Perbedaan tersebut ditunjukkan dengan gambar permukaan struktur morfologi variasi 30 jam yang berbentuk seperti kelopak bunga tulip seperti yang ditunjuk nomor 4. Sedangkan variasi waktu 20 jam memiliki bentuk struktur permukaan seperti duri-duri kecil seperti yang ditunjuk nomor 2. Hal ini disebabkan karena lama proses perendaman menjadi peran penting terhadap bentuk struktur permukaan alumunium. Karena semakin lama perendaman maka larutan kimia yang dicangkokkan ke permukaan paduan alumunium akan semakin membesar dan semakin merata.

Proses heat treatment pada plat alumunium dengan direndam pada larutan kimia etanol – asam stearat – air deionisasi dan ditambah variasi waktu perendaman yang berbeda-beda menyebabkan timbulnya lapisan hidrofobik pada permukaan alumunium yang berbeda-beda. Penyebab terjadinya perbedaan tingkat kekasaran pada permukaan alumunium hidrofobik adalah lamanya perendaman spesimen pada air mendidih. Dalam penelitian Feng, et al. (2013) menyebutkan bahwa sudut kontak air mencapai  $146,5^\circ$  untuk sampel yang mendapat perendaman air mendidih selama 10 detik dan perendaman STA-etanol- $H_2O$  selama 40 jam. Sudut kontak meningkat secara bertahap dan setelah itu mendapat nilai tertinggi  $155^\circ$  ketika mendapat perendaman 5 menit dalam air mendidih dan 40 jam perendaman STA-etanol- $H_2O$ . Namun, sudut kontak mengalami penurunan setelah mendapat perendaman pada air mendidih lebih dari 5 menit. Oleh karena itu, ini menunjukkan bahwa permukaan paduan alumunium yang memiliki ketahanan air terbaik ketika perendaman dalam air mendidih selama 5 menit. Ketika paduan alumunium direndam dalam air mendidih terjadi reaksi antara Al dan  $H_2O$ , berikut reaksi kimia pada tahap awal :  $Al + H_2O \longrightarrow Al_2O_3 \cdot xH_2O + H_2 \uparrow$  karena adanya reaksi kimia

tersebut maka terbentuklah struktur berpori dan kasar pada permukaan paduan aluminium yang telah direndam pada air mendidih.

Penyebab lain terjadinya perbedaan struktur morfologi aluminium hidrofobik adalah variasi waktu perendaman pada larutan kimia STA-etanol- H<sub>2</sub>O. Dengan dimodifikasinya aluminium menggunakan larutan kimia tersebut memiliki pengaruh yang besar terhadap keterbasahan permukaan dan struktur mikro, sehingga sudut kontak air serta morfologi pada setiap spesimen memiliki perbedaan. *Cluster* seperti bunga tulip seperti yang ditunjuk nomor 4, akan meningkat dan tumbuh lebih besar ketika waktu variasi perendaman larutan kimia semakin lama. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10 gugus seperti bunga dengan skala mikrometer terdiri dari banyak kelopak, sementara substrat tersusun dari banyak nanopori. Tekstur mikro dan nano tersebutlah yang membuat sifat hidrofobik pada permukaan paduan aluminium. Gambar 4.10 menunjukkan bahwa jumlah cluster seperti bunga semakin meningkat dan semakin besar ketika waktu modifikasi STA semakin lama. Menurut Feng, et al. (2013) hal ini disebabkan karena udara terperangkap diantara permukaan modifikasi STA. Struktur hierarkis mikro dan nano, dan rantai alkil hidrofobik yang secara kimia dicangkokkan di permukaan aluminium.



**Gambar 4.11** Ilustrasi skematis tetesan air pada permukaan aluminium hidrofobik (Feng, et al. 2013)

Dari gambar 4.11 dapat dijelaskan karena udara, tetesan air tidak dapat menembus ke dalam sambungan udara di permukaan paduan alumunium kasar. Akibatnya, gabungan dengan tiga fase padat, udara, cair dihasilkan. Oleh karena itu, mikro-doplet di permukaan biasanya terbentuk semi-bulat dan secara dramatis menurunkan area kontak antara droplet dan permukaan padat. Semakin banyak udara yang terperangkap pada modifikasi STA maka akan semakin tinggi pula tingkat penolakan keterbasahannya. Setelah paduan alumunium direndam dalam larutan STA-etanol- H<sub>2</sub>O selama 30 jam, menunjukkan bahwa permukaan paduan alumunium berubah dari superhidrofilik menjadi superhidrofobik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa keterbasahan permukaan paduan alumunium juga berkorelasi erat dengan komposisi kimia pada permukaan paduan alumunium. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa pencapaian superhydrophobicity permukaan paduan alumunium adalah hasil dari mikro kasar dan berpori dan modifikasi dengan larutan STA-etanol- H<sub>2</sub>O.