



SIFAT SUPERHIDROFOBİK PELAPIS Al, Zn PADA PERMUKAAN MATERIAL SS304 DENGAN METODE *ELECTROPLATING*

Viktor Vekky Ronald Repi¹, Erwin Sunandar²

^{1,2} Program Studi Teknik Fisika, Universitas Nasional Jakarta
Jl. Sawomanila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta 12520
(021) 7806700

E-mail: vekky_repi@civitas.unas.ac.id¹, erwin.tzu@gmail.com²

ABSTRACT

Stainless steel is a mixture containing the main element iron at 70% by weight, with a minimum chromium content of 10.5% by weight. In its use, stainless steel sometimes interacts in the form of contact with water. The hydrophilic nature of stainless-steel causes water to adhere to its surface, which can lead to corrosion over time. To reduce the possibility of corrosion, the surface of stainless steel can be modified with coatings that are resistant to water penetration. One method that can be used is by applying a chemically superhydrophobic layer. In this study, hydrophobic coatings were applied using Al-stearate and Zn-stearate with the electroplating method. Aluminum and zinc plates were used as anodes, while stainless steel was used as the cathode. The electrolyte solution used was stearic acid, with concentrations ranging from 0.7 molar (M) to 1.5M varied. The electrical power source used was a 9-volt battery with a current of 0.6 amperes. The electroplating time was varied from 1 hour to 5 hours. The results of this study show that the Al and Zn coatings exhibit superhydrophobic properties, with contact angles of 155.7° and 153.7°, respectively.

Keywords: Superhydrophobic, Stainless steel, Aluminium, Zinc, Electroplating.

ABSTRAK

Logam stainless steel merupakan campuran yang mengandung unsur utama besi sebesar 70% berat, dengan kandungan kromium minimal sebesar 10.5% berat. Dalam penggunaannya, terkadang stainless steel mengalami interaksi dalam bentuk kontak dengan air. Sifat hidrofilik dari stainless steel menyebabkan air menempel pada permukaannya, dan hal ini dapat memicu terjadinya proses korosi dalam jangka waktu yang lama. Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya korosi, permukaan stainless steel dapat dimodifikasi dengan pelapisan yang tahan terhadap penetrasi air. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menerapkan lapisan kimiawi yang bersifat superhidrofobik. Dalam penelitian ini, dilakukan pelapisan hidrofobik menggunakan Al-stearat dan Zn-stearat dengan metode electroplating. Lempengan aluminium dan seng digunakan sebagai anoda, sementara stainless steel digunakan sebagai katoda. Larutan elektrolit yang digunakan adalah asam stearat, dengan konsentrasi yang divariasikan dari 0.7Molar (M) hingga 1.5M. Sumber daya listrik yang digunakan adalah baterai 9-Volt dengan arus sebesar 0.6 ampere. Waktu electroplating divariasikan dari 1 jam hingga 5 jam. Dari hasil penelitian ini, sifat pelapis Al dan Zn menunjukkan sifat superhidrofobik, di mana masing-masing memiliki sudut kontak sebesar 155.7° dan 153.7°.

Kata kunci: Superhidrofobik, Stainless steel, Aluminium, Zinc, Electroplating.

Naskah diterima 19 Mar 2024; Revisi 03 Aprl 2024; Diterima 26 Aprl 2024. Tanggal Publikasi 27 Aprl 2024
Jurnal Teknik berada pada lisensi *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License*



1. PENDAHULUAN

Material yang memiliki sifat superhidrofobik memiliki sifat basah yang rendah dan dapat digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengurangan hambatan dalam aliran fluida (fluid drag reduction) (M. Xu et al., 2020), self-cleaning (D. Kumar et al., 2015), (Q. Xu et al., 2016), (A. Kumar & Gogoi, 2018), water repellency (El Dessouky et al., 2017; Sun et al., 2022), (Varshney et al., 2016).

Penelitian tentang permukaan superhidrofobik umumnya mendapat perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir. Ini dapat memberikan solusi pasif untuk melindungi permukaan logam (terutama baja tahan karat) dari berbagai serangan korosi di lingkungan yang keras. Baja tahan karat digunakan dalam berbagai aplikasi karena sifat mekanik dan korosinya (Lee et al., 2015), (Aparicio et al., 2016). Meskipun baja tahan karat umumnya memiliki ketahanan korosi yang baik, namun rentan terhadap korosi lubang di lingkungan lembab karena keterbasahannya yang tinggi (Meuler et al., 2010), (Kreder et al., 2016). Untuk lebih meningkatkan ketahanan korosi baja tahan karat, permukaannya dapat dimodifikasi agar menunjukkan sifat superhidrofobik di mana ion logam tidak dapat diangkat untuk menyelesaikan proses oksidasi elektrokimia.

Beberapa metode telah berhasil dikembangkan untuk memproduksi dan mengaplikasikan pelapis pada berbagai substrat (Zhang et al., 2019), (Amirafshar et al., 2020). Agar suatu bahan dianggap hidrofobik, sudut kontak harus lebih besar dari 90° dan superhidrofobik bila sudutnya lebih besar dari 150° (Barati Darband et al., 2020), (Bhushan & Chae Jung, 2007). Perilaku ini ditentukan oleh komposisi kimia dan struktur geometri permukaan (Lafuma & Qu  r  , 2003). Oleh karena itu, perlu diperoleh struktur permukaan dalam skala mikro/nano dan material dengan energi permukaan yang rendah. Menurut model Wenzel (Wenzel, 1936) Cassie-Baxter (Cassie, 1944), permukaan hidrofobik pada morfologi halus dapat diperoleh dengan memodifikasi komposisi kimia dan/atau memodifikasi kekasaran permukaan.

Meskipun 304 Stainless Steel (SS) memiliki ketahanan korosi yang tinggi (Sacilotto et al., 2022), sel galvanik yang terbentuk dari air hujan dan kotoran dapat mempercepat korosi dan menyebabkan produk SS hancur. SS dengan superhydrophobicity yang memiliki sifat non-wetting, self-cleaning, dan anti-icing diharapkan dapat memperpanjang masa pakai SS. Namun, sebagian besar metode fabrikasi SS superhidrofobik melibatkan oksidasi kuat yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Jika permukaan SS superhidrofobik dapat dibuat dengan etsa elektrokimia dengan elektrolit netral, hal itu tidak terlalu membahayakan lingkungan dan manusia. Natrium klorida (NaCl) dan natrium nitrat (NaNO₃) adalah elektrolit netral yang umum untuk mendapatkan permukaan superhidrofobik, tetapi ada beberapa studi tentang efek etsa dari keterbasahan pada 304 SS. Dalam makalah ini, efek NaCl dan

NaNO₃ pada morfologi permukaan dan keterbasahan SS diselidiki secara rinci menggunakan berbagai konsentrasi elektrolit, kerapatan arus, dan waktu etsa. Kebasahan yang diinginkan dengan sudut kontak 162° dan sudut geser 10° diperoleh pada NaNO₃. SS 304 yang telah disiapkan menunjukkan sifat superhydrophobicity, self-cleaning, anti-icing, dan deicing yang sangat baik, yang diharapkan dapat semakin memperluas jangkauan aplikasi dan meningkatkan masa pakai 304 SS (Sun et al., 2022).

Baja tahan karat adalah salah satu bahan teknik yang paling umum digunakan secara luas di daerah lembab. Oleh karena itu, penting bahwa bahan-bahan ini harus kuat terhadap kelembaban dan korosi. Oleh Kim et al., 2018 telah melakukan dua kali proses pelarutan pada media Hydrofluoric acid (HF) yang diikuti dengan proses fluorinasi dan menunjukkan water contact angle (WCA) 166° dan sudut geser 5° di bawah kondisi optimal dan dilanjutkan untuk lebih meningkatkan superhydrophobicity, setelah itu dicelupkan ke dalam 0.1 wt% pada langkah kedua pada Larutan Sodium chloride (NaCl) pada 100°C , di mana WCA menjadi 168° dan sudut geser diturunkan menjadi $\sim 2^\circ$ (Kim et al., 2018).

Bahan teknik seperti baja, aluminium (Al), magnesium (Mg), titanium (Ti), dan paduannya adalah logam konvensional yang digunakan di industri karena kinerja mekanik dan fisiknya yang signifikan. Namun, dalam kenyataannya nyata, korosi dapat menyebabkan kerusakan sebagian atau seluruhnya karena reaksi kimia/elektrokimia bahan teknik dan lingkungannya (Bi et al., 2019). Reaksi korosi yang terjadi antara bahan teknik dan lingkungannya dapat menyebabkan kegagalan material. Permukaan tembaga superhidrofobik artifisial memainkan peran penting dalam aplikasi modern seperti pembersihan sendiri dan kondensasi tetes demi tetes; namun, ketahanan korosi dan daya tahan sering hadir sebagai perhatian utama dalam aplikasi tersebut. Permukaan tembaga superhidrofobik dicapai dengan etsa kimia basah dan metode pencelupan untuk mengurangi kerumitan proses fabrikasi (Yao et al., 2018).

Dalam studi ini, dilakukan penyelidikan terhadap sifat anti-korosi dan daya tahan mekanik dari permukaan tembaga superhidrofobik. Penelitian ini juga membandingkan performa material pelapis superhidrofobik yang digunakan untuk melapisi permukaan material SS yang berfungsi melindungi material dari korosi dengan teknik pelapisan elektrokimia.

2. METODE

Preparasi material stainless steel 304, dilakukan pembersihan permukaan material dengan menggunakan etanol dan alkohol. Pengkasaran permukaan material dilakukan menggunakan cairan Hydrogen chloride (HCl). Proses *electroplating* menggunakan elektrolit asam stearate dengan sumber tegangan 9 Volt. Setelah dilakukan *electroplating* dan pengkasaran permukaan dilanjutkan dengan karakterisasi pengukuran sudut kontak, karakterisasi

Scanning electron microscope (SEM) dan Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) dan Pengukuran Histeresis.

1) Materials

Material yang dibutuhkan dalam pembuatan lapisan hidrofobik adalah Pelat stainless steel 304, Pelat seng (Zn), Pelat aluminium (Al), Asam stearat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$), Hydroclorid acid (HCL) 50%, Etanol, Aseton, Air distilasi

2) Preparasi Lapisan Hidrofobik

Agar diperoleh hasil deposisi yang merata, maka substrat stainless steel yang digunakan harus dibersihkan terlebih dahulu. Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk membersihkan substrat. Pertama, substrat direndam di dalam gelas kimia berisi aseton. Pembersihan menggunakan aseton dilakukan untuk membersihkan substrat dari noda dan lemak. Tahap selanjutnya adalah perendaman substrat di dalam gelas kimia berisi etanol. Pembersihan dalam etanol dilakukan untuk membersihkan substrat dari sisa rantai karbon. Berikutnya, substrat dibersihkan dengan air distilasi untuk menghilangkan bekas-bekas etanol. Terakhir substrat dikeringkan pada temperatur ruang. Setelah substrat dibersihkan, kemudian dilakukan pengasaran agar permukaan substrat heterogen. Pengasaran merupakan salah satu cara untuk meningkatkan sifat hidrofobik pada substrat. Pengasaran dilakukan dengan merendam substrat di dalam larutan HCl. Setelah direndam di HCl, substrat dibersihkan menggunakan aquades dan kemudian dikeringkan.

3) Pelapisan dengan Metode Electroplating

Untuk melakukan electroplating, digunakan dua pelat berbeda yakni seng dan aluminium. Plat baja dijadikan sebagai katoda di kutub negatif karena menjadi substrat yang ingin dilapisi. Sementara itu pelat seng dan aluminium dijadikan sebagai katoda di kutub positif karena akan menjadi pelapis plat baja. Larutan elektrolit yang digunakan adalah asam stearat dengan konsentrasi yang bervariasi, yakni dari 0.7 Molar (M) hingga 1.5 M. Larutan asam stearat dibuat dengan melarutkan asam stearat padat di dalam etanol yang kemudian diaduk sampai larutan homogen yang ditunjukkan dengan warna yang bening tanpa terlihat butiran asam stearat. Banyaknya asam stearat padat yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

Electroplating dilakukan dengan menggunakan tegangan sebesar 9 Volt dan arus 0.6 Ampere yang berasal dari 1 buah baterai memiliki tegangan sebesar 9 Volt dan dirangkai secara seri. Kemudian deposisi dilakukan dengan waktu yang bervariasi, yakni dimulai dari 1 jam hingga 5 jam dengan interval 1 jam. Setelah deposisi selesai dilakukan, substrat dikeringkan dalam temperatur ruang.

2.4 Karakterisasi Sampel

1) Sudut Kontak

Substrat yang telah dimodifikasi diletakkan secara mendatar dan ditetaskan air tawar menggunakan pipet. maka pengaruh akibat gaya gravitasi akan semakin besar sehingga sudut kontak yang dihasilkan akan berkurang. Setelah ditetaskan gambar tetesan air yang terbentuk akan diambil menggunakan kamera digital Canon 600D. Pengambilan gambar dilakukan di tempat yang gelap, di mana sumber cahaya yang digunakan hanya berasal dari lampu belajar yang ditutup oleh selembar kertas putih sebagai latar foto. Kemudian di depan kertas tersebut diletakkan sebuah kotak untuk meletakkan substrat stainless steel yang akan dikarakterisasi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambar tetesan air yang jelas. Dari gambar yang diperoleh, pengukuran sudut kontak (CA) akan dilakukan menggunakan perangkat lunak ImageJ dengan plug-in DropSnake. Selain sudut kontak pengukuran lainnya yang akan dilakukan adalah histeresis. Pengukuran histeresis dilakukan dengan memiringkan substrat kemudian ditetaskan air tawar. Kemiringan substrat akan ditingkatkan hingga tetesan air akan terjatuh. Kondisi ini kemudian diambil gambarnya menggunakan kamera digital. Kemudian foto yang dihasilkan diolah dengan perangkat lunak ImageJ untuk diperoleh besarnya sudut kontak histeresis.

2) Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)

Karakterisasi menggunakan EDS dilakukan untuk mengetahui komposisi unsure yang terdapat pada permukaan stainless steel. EDS memiliki prinsip kerja perpindahan elektron ke kulit yang lebih dalam karena adanya interaksi dengan elektron lain. Elektron akan melepaskan energi dalam bentuk foton saat terjadi perpindahan ke kulit yang lebih dalam. Besar dari energi yang dihasilkan adalah spesifik untuk masing-masing unsur. Dari hal inilah kemudian dapat diketahui unsur apa saja yang terdapat di dalam sampel. Karakterisasi menggunakan EDS tipe JEOL-JSM-6510LV.

3) Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope adalah alat yang digunakan untuk mempelajari morfologi suatu permukaan. Morfologi permukaan tersebut akan dicitrakan dengan cara menembakkan berkas elektron ke permukaan. Hamburan electron tersebut kemudian akan diolah dan dijadikan hasil pencitraan dari permukaan. Karakterisasi menggunakan SEM tipe JEOL-JSM-6510LV.

3 PEMBAHASAN

3.1 Membentuk Kekasaran Permukaan Dengan Larutan Hcl

Asam klorida, HCl, merupakan salah satu cairan atau larutan yang umum digunakan untuk melakukan proses pickling pada logam. Dengan melakukan perendaman logam akan menjadi kasar pada permukaannya dikarenakan terbentuknya mikrostruktur. Saat stainless steel di rendam didalam larutan HCl, warna larutan akan berubah menjadi hitam kehijauan. Hal ini menunjukkan bahwa adanya

unsure besi dan terbentuknya kromium klorida. Sementara itu, stainless steel yang awalnya berwarna perak mengkilap akan berubah menjadi abu-abu kusam. Perubahan ini terjadi karena adanya perubahan komposisi kimia dan penambahan kekasaran pada permukaan stainless steel. Perubahan warna yang terjadi pada stainless steel akibat perendaman dilarutan HCl dapat dilihat pada gambar 1.

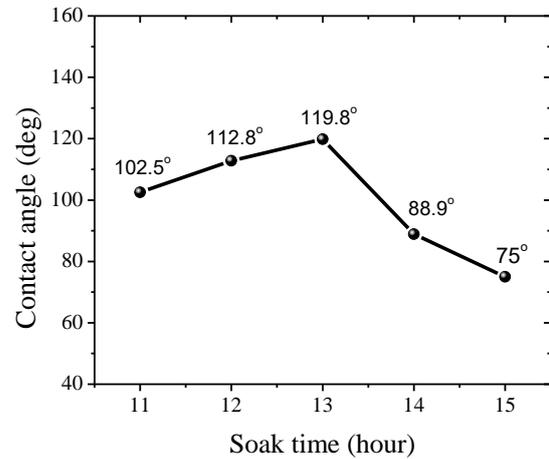


Gambar 1. Perubahan warna pada stainless steel setelah direndam dengan larutan HCl 30%.

Lamanya waktu perendaman stainless steel dilarutan HCl 30% merupakan hal yang harusnya diperhatikan. Apabila perendaman dilakukan terlalu singkat, maka sudut kontak yang dihasilkan kurang maksimal karena mikrostruktur yang terbentuk belum banyak. Sementara itu apabila perendaman dilakukan terlalu lama, maka sudut kontak yang dihasilkan akan turun karena mikrostruktur yang terbentuk terlalu banyak. Dengan menggunakan waktu yang tepat akan diperoleh kekasaran pada permukaan stainless steel yang dapat meningkatkan sudut kontak tetesan air yang dihasilkan. Hasil pengujian yang dilakukan untuk menentukan waktu perendaman HCl agar menghasilkan sudut kontak tertinggi dapat dilihat pada Tabel 1.

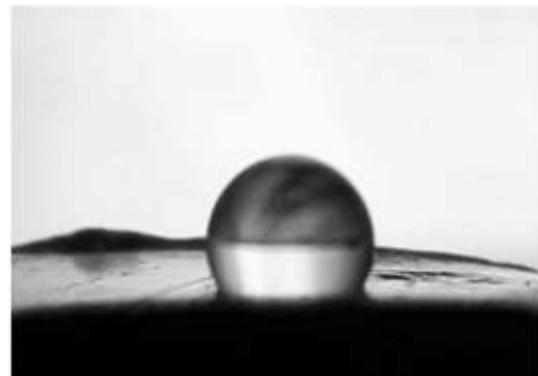
Tabel 1. Sudut kontak pada stainless steel setelah pengkasaran permukaan material dengan 30% HCl.

Soak time (hr)	Contact angle (°)
11	102.5°
12	112.8°
13	119.8°
14	88.9°
15	75.0°



Gambar 2. Grafik pengaruh perubahan waktu perendaman 30% HCl terhadap sudut kontak dengan variasi waktu 11 hingga 15 jam.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, terlihat bahwa waktu perendaman stainless steel di dalam stainless steel di dalam larutan HCl agar mendapatkan kekasaran permukaan yang baik, sehingga menghasilkan sudut kontak yang optimum adalah 13 jam. Tetesan air yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tetesan air (*water droplet*) pada stainless steel setelah perendaman dalam larutan HCl 30%.

3.2 Deposisi *Electroplating* dengan Plat Aluminium dan Zn.

Deposisi *electroplating* dilakukan dengan menghubungkan plat stainless steel sebagai katoda pada kutub negatif dan plat aluminium sebagai anoda pada kutub positif. Sebagai elektrolit, digunakan larutan asam stearat yang memiliki kandungan $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$. Proses ini dimaksudkan untuk menurunkan energi permukaan stainless steel dan meningkatkan sudut kontak pada permukaan yang dihasilkan. Saat penambahan tegangan listrik sebesar 9 V dari sumber baterai, terjadi oksidasi pada plat aluminium yang menghasilkan ion-ion Al^{3+} dan melepaskan elektron-elektron. Ion-ion Al^{3+} pada larutan elektrolit bertindak sebagai kation dan membentuk ikatan dengan ion $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COO}^-$ di dalam elektrolit. Terbentuknya partikel Al-stearat ini

akan menempel pada permukaan stainless steel dan membentuk kekasaran pada permukaan dengan tujuan meningkatkan sudut kontak tetesan air.

Berbeda dengan percobaan sebelumnya yang menggunakan aluminium sebagai bahan yang akan melapisi stainless steel, percobaan ini menggunakan seng sebagai bahan yang akan melapisi stainless steel.

Deposisi *electroplating* dilakukan dengan meletakkan plat stainless steel pada kutub negatif dan plat seng pada kutub positif. Elektrolit yang digunakan adalah asam stearat, sementara itu sumber tegangannya adalah berasal dari baterai yang memiliki 9 Volt.

Ketika deposisi *electroplating* dimulai, plat seng yang bertindak sebagai anoda akan mengalami oksidasi dengan persamaan kimia $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. Setelah terbentuk ion-ion Zn^{2+} , maka ion-ion tersebut akan berikatan dengan asam stearat, $CH_3(CH_2)_{16}COOH$, sehingga terbentuk partikel Zn-stearat. Partikel-partikel inilah yang akan menempel pada permukaan stainless steel sehingga terbentuk kekasaran yang dapat meningkatkan sudut kontak tetesan air.

3.3 Pengaruh waktu deposisi *electroplating* terhadap sudut kontak

Electroplating dilakukan dalam waktu yang bervariasi antara 1 sampai 5 jam. Setelah deposisi selesai dilakukan, sampel akan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengukuran sudut kontak pada stainless steel yang telah dideposisi dengan aluminium pada larutan asam stearat 0.9 M larutan air dapat dilihat dari pada tabel 2.

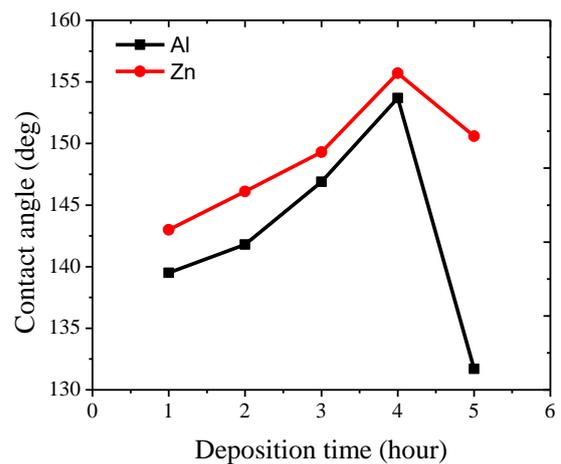
Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa dengan meningkatnya durasi deposisi *electroplating*, maka sudut kontak yang dihasilkan akan terus meningkatnya durasi *electroplating*, selama 1 jam, sudut kontak yang dihasilkan meningkat dari 139.5°, kenaikan waktu deposisi menjadi 2 jam menyebabkan sudut kontak kembali naik menjadi 141.8°, begitu juga ketika waktu deposisi ditambah menjadi 3 jam, yakni sudut kontak kembali naik menjadi 146.9°. tetesan air dari sudut kontak tertinggi yang diperoleh dengan waktu deposisi selama 4 jam yakni 153.7° dapat dilihat pada gambar 5 (a).

Namun apabila deposisi *electroplating* dilakukan selama 5 jam, sudut kontak yang dihasilkan hanya 131.7°. dengan meningkatnya waktu deposisi dari 1 samapi 4 jam, jumlah atom aluminium yang terbentuk di permukaan stainless steel akan semakin banyak. Atom aluminium yang menempel dalam jumlah yang tepat akan meningkatkan kekasaran permukaan karena membentuk mikrostruktur pada permukaan stainless steel. Akan tetapi jika waktu deposisi terus bertambah (misalnya 5 jam) maka atom aluminium yang terbentuk akan terlalu banyak dan padat sehingga dapat mengurangi kekasaran permukaan stainless steel yang dihasilkan pada tahap sebelumnya dengan perendaman HCl. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa waktu optimum untuk melakukan *electroplating* dengan

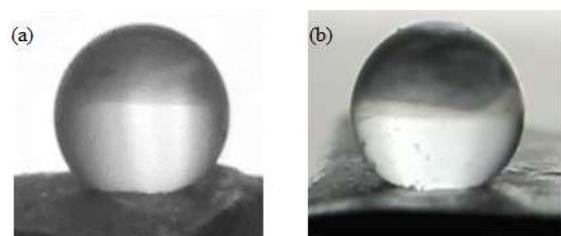
menggunakan plat aluminium untuk melapisi plat stainless steel dan larutan asam stearat sebagai elektrolit adalah 4 jam. Berdasarkan hasil percobaan untuk waktu deposisi *electroplating* terhadap sudut kontak, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh waktu pengendapan *electroplating* pada sudut kontak.

Deposition time	Contact angle	
	Aluminium	Seng
1 jam	139.5°	143.0°
2 jam	141.8°	146.1°
3 jam	146.9°	149.3°
4 jam	153.7°	155.7°
5 jam	131.7°	150.6°



Gambar 4. Pengaruh Waktu pelapisan (*deposition*) dalam rentang 1 - 5 Jam terhadap Sudut Kontak dengan Konsentrasi Asam Stearat 0,9 M.



Gambar 5. Tetesan air (*water droplet*) pada waktu pengendapan selama 4 jam dan konsentrasi elektrolit asam stearat 0,9 M (a) Aluminium, (b) Seng

Dari tabel 2, pada percobaan yang pertama dengan dengan deposisi *electroplating* selama 1 jam didapatkan sudut kontak 143.0°. lalu pada percobaan yang kedua dengan deposisi *electroplating* Selama 2 jam, terdapat kenaikan sudut kontak sebesar 3.1° menjadi 146.1°. Pada percobaan yang ketiga dengan deposisi *electroplating* selama 3 jam, terdapat kenaikan sudut kontak lagi sebesar 3.2° menjadi 149.3°. Dan pada percobaan keempat dengan deposisi *electroplating* selama 4 jam, terdapat kenaikan sudut kontak dua kali lipat dari deposisi *electroplating*

selama 3 jam atau sebesar 6.4° menjadi 155.7° . Berdasarkan hasil ini, pada rentan 1 sampai 4 jam sudut kontak akan semakin tinggi saat waktu deposisi *electroplating* semakin bertambah dengan konsentrasi larutan asam stearat 0.9 M dapat menghasilkan sudut kontak maksimum seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.13.

Sementara itu jika deposisi *electroplating* dilakukan selama 5 jam, sudut kontak mengalami penurunan sebesar 5.1° dari sudut kontak maksimum pada deposisi *electroplating* Selama 4 jam, yaitu 150.6° . Hal ini disebabkan karena lapisan seng yang terbentuk pada permukaan stainless steel. Saat deposisi *electroplating* selama 1 jam sampai 4 jam jumlah atom seng yang terbentuk tidak sebanyak saat deposisi *electroplating* selama 5 jam. Namun, bukan berarti dengan terlalu banyak atau terlalu sedikit atom seng yang terbentuk pada permukaan stainless steel dapat menghasilkan sudut kontak yang maksimum. Jumlah atom seng akan terus bertambah seiring dengan lamanya waktu deposisi *electroplating*. Atom seng yang terlalu banyak dapat mengurangi kekasaran permukaan stainless steel yang terbentuk pada percobaan dengan menggunakan larutan HCl. Karena itu, dari data yang diperoleh dari hasil percobaan, dapat disimpulkan bahwa waktu optimum untuk melakukan deposisi *electroplating* pada stainless steel dengan menggunakan larutan asam stearat dan plat seng sebagai pelapis adalah 4 jam.

3.4 Pengaruh Konsentrasi Larutan Asam Stearat terhadap Sudut Kontak

Selain variabel waktu deposisi *electroplating*, dilakukan juga percobaan terhadap pengaruh perubahan konsentrasi larutan asam stearat yang digunakan terhadap sudut kontak yang dihasilkan. Dari percobaan yang dilakukan dengan variasi waktu deposisi *electroplating* diketahui bahwa waktu optimum untuk mendapatkan sudut kontak paling tinggi adalah 4 jam. Dengan demikian pada percobaan ini waktu deposisi menjadi variabel tetap, sementara konsentrasi larutan asam stearat menjadi variabel kontrol. Konsentrasi yang digunakan bervariasi dari 0.7 M sampai 1.5 M. hasil percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Efek konsentrasi larutan asam stearat pada sudut kontak

Concentration of solution	Contact angle	
	Aluminum	Zinc
0.7 M	149.4°	151.3°
0.9 M	153.7°	155.7°
1.1 M	149.6°	149.4°
1.3 M	140.9°	143.3°
1.5 M	140.4°	140.9°

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan larutan asam stearat 0.7 M sudut kontak yang dihasilkan adalah sebesar 149.4° . kemudian sudut kontak meningkat menjadi 153.7° ketika konsentrasi asam stearat yang digunakan 0.9

M. Namun selanjutnya sudut kontak akan menurun dengan bertambahnya konsentrasi larutan asam stearat. Peningkatan konsentrasi menjadi 1.1 M menghasilkan sudut kontak yang lebih kecil, yakni sebesar 149.6° . Apabila konsentrasi asam stearat kembali dinaikkan, sudut kontak yang diperoleh kembali mengecil menjadi 140.6° . dan sudut kontak terkecil diperoleh saat konsentrasi 1.5 M yaitu sebesar 140.4° .

Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa konsentrasi larutan asam stearat mempengaruhi sudut kontak yang dihasilkan karena semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, maka akan semakin banyak asam stearat yang melapisi permukaan stainless steel. Asam stearat memiliki rantai karbon panjang yaitu $((CH_2)_{16}CH_3)$. Yang bersifat hidrofobik. Sehingga penggunaan konsentrasi larutan asam stearat yang tepat akan membuat permukaan stainless steel dipenuhi dengan gugus yang bersifat hidrofobik sehingga dapat meningkatkan sudut kontak. Namun apabila konsentrasi larutan asam stearat yang digunakan terlalu tinggi, asam stearat yang melapisi stainless steel akan terlalu banyak sehingga dapat menurunkan sudut kontak yang dihasilkan.

Dengan demikian dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsentrasi asam stearat yang digunakan sebagai elektrolit mempengaruhi sudut kontak dari tetesan air yang terbentuk. Selain itu dapat disimpulkan juga bahwa konsentrasi asam stearat sebagai elektrolit yang optimum untuk melakukan deposisi *electroplating* menggunakan aluminium sebagai pelapis stainless steel adalah sebesar 0.9 M.

3.5 Pengaruh konsentrasi larutan asam stearat terhadap sudut kontak pada pelapisan Al dan Zn

Berdasarkan hasil percobaan untuk pengaruh konsentrasi larutan asam stearat terhadap sudut kontak, didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 3. Dari tabel 3, pada percobaan yang pertama dengan konsentrasi larutan asam stearat sebesar 0.7 M dihasilkan sudut kontak sebesar 151.3° . Pada percobaan kedua digunakan larutan asam stearat dengan konsentrasi 0.9 M dan didapatkan sudut kontak 155.7° . Lalu pada percobaan yang ketiga dengan konsentrasi larutan asam stearat 1.1 M, terdapat penurunan sudut kontak sebesar 6.3° menjadi 149.6° . Pada percobaan yang keempat dengan konsentrasi larutan asam stearat sebesar 1.3 M, terdapat penurunan sudut kontak lagi sebesar 6.1° menjadi 143.3° . dan pada percobaan kelima dengan konsentrasi larutan asam stearat sebesar 1.5 M, terdapat penurunan sudut kontak lagi sebesar 2.4° menjadi 140.9° .

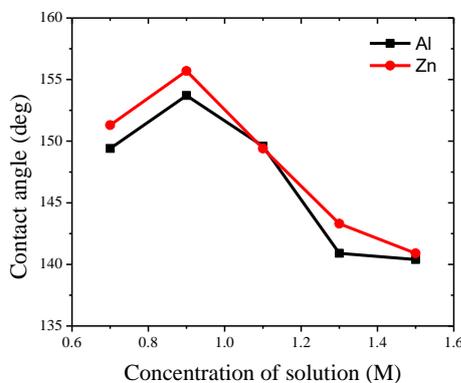
Berdasarkan percobaan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi larutan asam stearat 0.9 M memiliki sudut kontak tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi larutan asam stearat 0.7 M, 0.9 M,

1.1 M, 1.3 M dan 1.5 M. Jika dilakukan deposisi *electroplating* selama 4 jam. Al ini disebabkan banyaknya asam stearat yang melapisi permukaan stainless steel. Saat konsentrasi larutan asam stearat 0.9 M, asam stearat yang melapisi permukaan stainless steel tidak cukup banyak. Namun, saat larutan asam stearat yang melapisi permukaan stainless steel akan berkurang sehingga sudut kontak yang dihasilkan juga akan menurun.

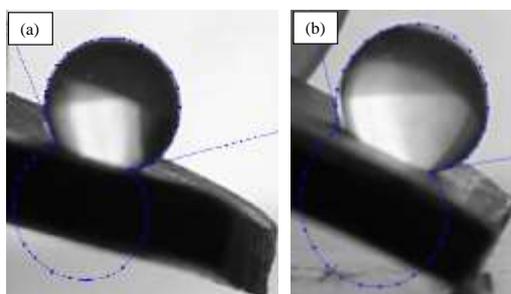
Karena itu terbukti, bahwa konsentrasi larutan asam stearat memiliki pengaruh terhadap sudut kontak dengan konsentrasi larutan asam stearat sebesar 0.9 M dengan pelapis plat Zn memiliki sudut kontak terbaik. Dari percobaan yang dilakukan, pelapisan plat aluminium dikarenakan seng merupakan bahan yang lebih mudah mengalami reduksi elektron atau oksidator yang lebih kuat dari pada aluminium.

3.6 Histerisis sudut kontak

Histerisis sudut kontak dari permukaan stainless steel yang telah dideposisi *electroplating* dengan plat aluminium menggunakan larutan asam stearat 0.9 M dalam waktu 4 jam dilihat dari Gambar 7(a).



Gambar 6. Pengaruh konsentrasi larutan asam stearat pada sudut kontak pada kisaran 0,7 M - 1,5 M dengan waktu pengendapan 4 jam.



Gambar 7. Contact angle hysteresis measurements on stainless steel surfaces coated with (a) Aluminium and (b) Zinc.

Berdasarkan gambar 7, diperoleh hasil pengukuran sudut kontak depan (*advancing contact angle*, θ_A) sebesar 148.1° dan sudut kontak belakang (*receding contact angle*, θ_R) sebesar 132.8° , dengan

demikian, histerisis sudut kontak permukaan stainless steel ini adalah $148.1^\circ - 132.8^\circ = 15.3^\circ$.

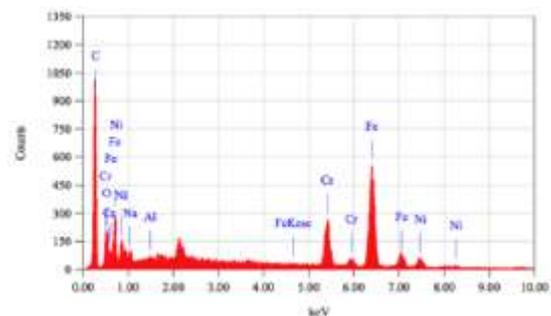
Menurut model pembasahan Wenzel, suatu hidrofobik dapat ditunjukkan dari histerisis sudut kontak yang besar (*contact angle hysteresis*), yakni $CAH > 10^\circ$. Dari hasil perhitungan histerisis yang bernilai 15.3° dapat diketahui bahwa sampel sudah memenuhi karakteristik permukaan hidrofobik menurut model pembasahan Wenzel. Sesuai dengan model pembasahan Wenzel pada gambar (Wenzel, 1936), pada permukaan stainless steel terbentuk mikrostruktur dan terdapat tetesan air diantara mikrostruktur tersebut. Hal ini menyebabkan tetesan air yang terbentuk tidak dapat bergulir jauh ketika permukaan dimiringkan.

Histerisis sudut kontak dari permukaan stainless steel yang telah dideposisi *electroplating* dengan plat seng menggunakan larutan asam stearat 0.9 M dalam waktu 4 jam dapat dilihat pada gambar 7b. Dari gambar 7b diperoleh hasil pengukuran sudut kontak depan sebesar 148.5° dan sudut kontak belakang sebesar 127.1° . maka, histerisis sudut kontak permukaan stainless steel ini adalah $CAH = \theta_A - \theta_R = 148.5^\circ - 127.1^\circ = 20.9^\circ$

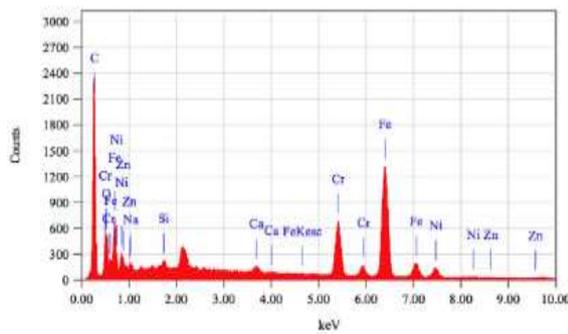
Nilai CAH yang sebesar 20.9° ini mengindikasikan bahwa permukaan superhidrofobik yang terbentuk adalah model pembasahan wenzel, karena nilai histerisis sudut kontak (CAH) yang lebih besar dari 10° . Pada gambar 7b, mikro struktur tersebut. Hal ini menyebabkan tetesan air yang terbentuk tidak dapat bergulir ketika permukaan sudah dimiringkan.

3.7 Hasil Karakteristik Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (EDS)

Karakteristik menggunakan digunakan untuk mengetahui komposisi unsur yang terdapat pada permukaan sampel. Komposisi unsur pada permukaan logam stainless steel yang telah deposisi *electroplating* dengan plat aluminium menggunakan larutan asam stearat sebagai elektrolit dengan konsentrasi 0.9 M dengan waktu 4 jam yang didapatkan hasil EDS dapat dilihat pada gambar 8.



(a)



(b)

Gambar 8. Karakteristik baja EDS setelah pelapisan *electroplating* dengan (a) pelat aluminium; (b) Plat seng. Kedua pelat menggunakan larutan asam stearat 0,9 M selama 4 jam.

Tabel 4. Hasil dari pengujian EDS untuk masing-masing material pelapis Aluminium dan Zinc.

Mass Element (%)	Coating material	
	Al	Zn
C	54.67	52.56
O	6.67	6.80
Na	0.38	0.39
Si	-	0.21
Al	0.16	-
Ca	-	0.36
Cr	7.53	8.24
Fe	26.87	27.58
Ni	3.73	3.81
Zn	-	0.06

Dari Gambar 8 (a) dapat diketahui bahwa lapisan permukaan stainless steel yang telah dimodifikasi tersusun atas Fe, Cr dan Ni yang merupakan unsur penyusun dari stainless steel. Selain itu, terdapat unsur C, O, dan Al yang diperoleh dari hasil deposisi *electroplating* dengan plat aluminium menggunakan larutan stearat sebagai elektrolit. Dari Gambar 8 juga dapat dilihat bahwa persen atom unsur C jauh lebih besar dari 1:36, dapat diketahui bahwa banyak partikel asam stearat yang langsung menempel pada permukaan stainless steel merupakan bagian dari atom aluminium yang berikatan dengan asam stearat menjadi aluminium stearat yang dihasilkan dari deposisi *electroplating*.

Dari Hasil sampel EDS dengan substrat termodif dapat di ketahui jumlah massa pada unsur yang terdapat di substrat tersebut yang paling tinggi pertama yaitu karbon (C) adalah sekitar 54.67 %, sedangkan yang kedua adalah Besi (Fe) terdapat massa sebesar 26.87 %, dan kemudian yang ketiga adalah Oxide (O) sebesar 7.53 % kemudian dari hasil pada Gambar 8 dapat diketahui juga jumlah atom pada setiap unsur tersebut dan yang paling tinggi adalah Carbon (C) adalah sebesar 80.13 % sedangkan yang kedua adalah Besi (Fe) adalah sebesar 8.47 %, dan yang ketiga adalah Oxide (O) adalah sekitar 7.34 %. Pada substrat termodif juga terdapat hasil berapa jumlah atom pada (Al) seng pada substrat yaitu 0.10 % dan berat massa pada unsur seng adalah 0.16 %.

Dengan melakukan karakterisasi dengan menggunakan EDS dari permukaan stainless steel yang telah dideposisi *electroplating* dengan plat seng menggunakan larutan asam stearat 0.9 M selama 4 jam.

Dari gambar 8 (b) terlihat bahwa pada permukaan sampel terdapat unsur Fe, Cr, Ni dan Si yang merupakan unsur-unsur penyusun stainless steel. Sementara itu adanya unsur Zn, C, dan O merupakan bukti dari terbentuknya Zn-stearat yang menempel pada permukaan stainless steel. Besarnya perbandingan persen atom unsur Zn dengan C yang jauh lebih besar dari 1:18 menandakan banyaknya asam stearat yang menempel pada permukaan stainless steel tanpa berikatan dengan seng menjadi Zn-stearat

Dan dari EDS terhadap substrat dapat diperoleh hasil data bahwa massa persen atom (C) carbon adalah yang paling tinggi yaitu sekitar 52.56 %, sedangkan yang kedua adalah (Fe) Besi adalah sebesar 27.58 %, sedangkan yang ketiga adalah (Cr) Kromium sebesar 8.24 %, sedangkan jumlah muatan atom yang ada di substrat yang sudah dimodif adalah yang pertama adalah (C) Carbon, yaitu sekitar 78.82 % yang kedua adalah (Fe) Besi adalah sekitar 8.89% dan yang ketiga adalah (O) Oxide 7.65 %. Sedangkan dari hasil EDS tersebut jumlah massa (Zn) Zinc yang terdapat di substrat adalah 0.06 % dan jumlah atomnya adalah 0.02 %.

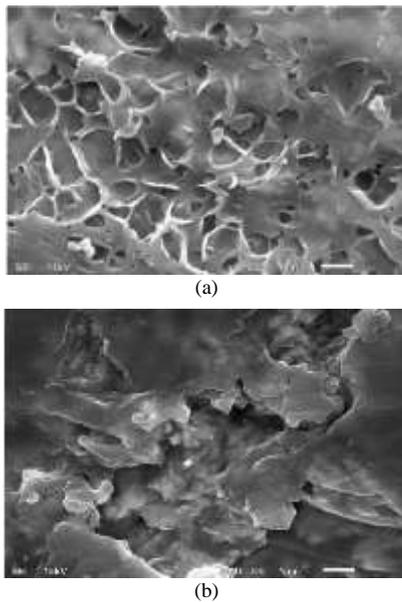
Dari hasil karakterisasi EDS pada gambar 8 (b) juga diketahui bahwa persen atom unsur Zn yang terbentuk pada permukaan stainless steel setelah dimodifikasi masih kecil, yakni hanya 0.02%. Karena masih sedikitnya Zn pada permukaan stainless steel, maka kekasaran permukaan yang dihasilkan masih belum optimum dan jarak antar kekasaran masih cukup besar air dapat masuk diantara mikrostruktur. Hal inilah yang menyebabkan stainless steel yang dihasilkan memiliki kesamaan dengan model wenzel, yakni sudut kontak yang dihasilkan sudah melebihi 150° namun tetesan air masih belum bias bergulir jatuh ketika permukaan stainless steel dimiringkan.

Gambar 9 (a) merupakan hasil karakterisasi menggunakan SEM yang dilakukan pada permukaan stainless steel yang telah dideposisi *electroplating* dengan plat seng menggunakan larutan asam stearat 0.9 M selama 4 jam. Terlihat bahwa terbentuk lapisan Zn-stearat yang merata pada permukaan sampel. Adanya lapisan tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan kekasaran pada permukaan stainless steel sehingga sudut kontak yang dihasilkan akan meningkat.

3.8 Hasil Karakteristik Scanning Electron Microscope (SEM)

Karakteristik dengan, dilakukan untuk melihat morfologi permukaan sampel. Morfologi permukaan stainless steel yang telah dideposisi elektrokimia dengan aluminium menggunakan larutan asam stearat elektrolit dengan konsentrasi 0.9 M selama 4 jam yang

dihasilkan oleh SEM dengan pembesaran 1.000× dan 10.000× dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Morfologi permukaan baja tahan karat setelah dilapisi dengan (a) plat aluminium; (b) Plat seng, menggunakan larutan asam stearat 0,9 M selama 4 jam dengan perbesaran 10.000×.

Terlihat bahwa permukaan stainless steel sudah dilapisi oleh asam stearat dan aluminium stearat yang dihasilkan dari deposisi *electroplating*. Dengan terbentuknya aluminium stearat pada permukaan stainless steel, maka kekasaran permukaannya dapat meningkat setelah dilakukan etsa dengan HCl serta penggunaan asam stearat menyebabkan turunnya energi permukaan stainless steel dapat diukur. Dengan menggunakan perangkat ImageJ, diperoleh jarak antara struktur mikro sebesar 0.72 mikrometer.

4 KESIMPULAN

Permukaan stainless steel dengan sifat superhidrofobik berhasil dibuat dengan metode pengkasaran dan *electroplating* dengan menggunakan aluminium dan seng sebagai pelapis stainless steel serta larutan asam stearat sebagai elektrolit. Permukaan logam stainless steel yang dimodifikasi dengan *electroplating* dengan plat aluminium sebagai pelapis menunjukkan sifat hidrofobik ditandai dengan sudut kontak dari tetesan air yang dihasilkan sebesar 153.7°. Hasil demikian dapat tercapai setelah dilakukan deposisi *electroplating* selama 4 jam menggunakan larutan asam stearat dengan konsentrasi 0.9 M. Permukaan logam stainless steel yang dimodifikasi dengan *electroplating* menggunakan plat seng juga menghasilkan sifat superhidrofobik dimana sudut kontak tetesan air yang dihasilkan adalah sebesar 155.7°. Hasil tersebut diperoleh setelah dilakukan deposisi *electroplating* selama 4 jam menggunakan larutan asam stearat sebagai elektrolit dengan konsentrasi 0.9 M.

PUSTAKA

- Amiriafshar, M., Rafieazad, M., Duan, X., & Nasiri, A. (2020). *Fabrication and coating adhesion study of superhydrophobic stainless steel surfaces: The effect of substrate surface roughness*. *Surfaces and Interfaces*, 20, 100526. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2020.100526>
- Aparicio, M., Jitianu, A., Rodriguez, G., Degnah, A., Al-Marzoki, K., Mosa, J., & Klein, L. C. (2016). *Corrosion Protection of AISI 304 Stainless Steel with Melting Gel Coatings*. *Electrochimica Acta*, 202, 325–332. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.12.142>
- Barati Darband, G., Aliofkhaezraei, M., Khorsand, S., Sokhanvar, S., & Kaboli, A. (2020). *Science and Engineering of Superhydrophobic Surfaces: Review of Corrosion Resistance, Chemical and Mechanical Stability*. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 1763–1802. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.01.013>
- Bhushan, B., & Chae Jung, Y. (2007). *Wetting study of patterned surfaces for superhydrophobicity*. *Ultramicroscopy*, 107(10–11), 1033–1041. <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2007.05.002>
- Bi, Li, Zhao, Ran, Cao, Guo, & Xue. (2019). *Robust Super-Hydrophobic Coating Prepared by Electrochemical Surface Engineering for Corrosion Protection*. *Coatings*, 9(7), 452. <https://doi.org/10.3390/coatings9070452>
- Cassie, A. B. D. B. S. (1944). *Wettability of Porous Surfaces*. 5, 546–551.
- El Dessouky, W. I., Abbas, R., Sadik, W. A., El Demerdash, A. G. M., & Hefnawy, A. (2017). *Improved adhesion of superhydrophobic layer on metal surfaces via one step spraying method*. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(3), 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.12.011>
- Kim, J.-H., Mirzaei, A., Kim, H. W., & Kim, S. S. (2018). *Facile fabrication of superhydrophobic surfaces from austenitic stainless steel (AISI 304) by chemical etching*. *Applied Surface Science*, 439, 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.12.211>
- Kreder, M. J., Alvarenga, J., Kim, P., & Aizenberg, J. (2016). *Design of anti-icing surfaces: smooth, textured or slippery?* *Nature Reviews Materials*, 1(1), 15003. <https://doi.org/10.1038/natrevmats.2015.3>
- Kumar, A., & Gogoi, B. (2018). *Development of durable self-cleaning superhydrophobic coatings for aluminium surfaces via chemical etching method*. *Tribology International*, 122(December 2017), 114–118. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.02.032>
- Kumar, D., Wu, X., Fu, Q., Ho, J. W. C., Kanhere, P. D., Li, L., & Chen, Z. (2015). *Development of durable self-cleaning coatings using organic–inorganic hybrid sol–gel method*. *Applied Surface Science*, 344, 205–212.

- <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.03.105>
Lafuma, A., & Quéré, D. (2003). *Superhydrophobic states*. *Nature Materials*, 2(7), 457–460. <https://doi.org/10.1038/nmat924>
- Lee, C., Kim, A., & Kim, J. (2015). *Electrochemically etched porous stainless steel for enhanced oil retention*. *Surface and Coatings Technology*, 264, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2015.01.004>
- Meuler, A. J., McKinley, G. H., & Cohen, R. E. (2010). *Exploiting Topographical Texture To Impart Icephobicity*. *ACS Nano*, 4(12), 7048–7052. <https://doi.org/10.1021/nn103214q>
- Sacilotto, D. G., Costa, J. S., & Ferreira, J. Z. (2022). *Superhydrophobic Stearic Acid Deposited by Dip-Coating on AISI 304 Stainless Steel: Electrochemical Behavior in a Saline Solutions*. *Materials Research*, 25(i), 1–8. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2022-0268>
- Sun, Y., Liu, J., Ming, P., Zhao, D., & Song, J. (2022). *Wire electrochemical etching of superhydrophobic 304 stainless steel surfaces based on high local current density with neutral electrolyte*. *Applied Surface Science*, 571, 151269. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.151269>
- Varshney, P., Mohapatra, S. S., & Kumar, A. (2016). *Superhydrophobic coatings for aluminium surfaces synthesized by chemical etching process*. *International Journal of Smart and Nano Materials*, 7(4), 248–264. <https://doi.org/10.1080/19475411.2016.1272502>
- Wenzel, R. N. (1936). *Resistance of Solid Surfaces to Wetting by Water*. *Industrial & Engineering Chemistry*, 28(8), 988–994. <https://doi.org/10.1021/ie50320a024>
- Xu, M., Grabowski, A., Yu, N., Kerezyte, G., Lee, J. W., Pfeifer, B. R., & Kim, C. J. (2020). *Superhydrophobic Drag Reduction for Turbulent Flows in Open Water*. *Physical Review Applied*, 13(3), 1. <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.13.034056>
- Xu, Q., Zhao, Q., Zhu, X., Cheng, L., Bai, S., Wang, Z., Meng, L., & Qin, Y. (2016). *A new kind of transparent and self-cleaning film for solar cells*. *Nanoscale*, 8(41), 17747–17751. <https://doi.org/10.1039/C6NR03537J>
- Yao, C. W., Sebastian, D., Lian, I., Günaydin-Şen, Ö., Clarke, R., Clayton, K., Chen, C. Y., Kharel, K., Chen, Y., & Li, Q. (2018). *Corrosion resistance and durability of superhydrophobic copper surface in corrosive NaCl aqueous solution*. *Coatings*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/coatings8020070>
- Zhang, C., Kalulu, M., Sun, S., Jiang, P., Zhou, X., Wei, Y., & Jiang, Y. (2019). *Environmentally safe, durable and transparent superhydrophobic coating prepared by one-step spraying*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 570, 147–155. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.03.015>