

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang *hydrophobic* saat ini telah banyak dikembangkan oleh para peneliti baik di dunia akademik maupun dunia industri. *Hydrophobic* menjadi suatu inovasi para peneliti untuk menjadikan suatu material memiliki fungsi lain atau multifungsi yang dapat mendukung fungsi utama dari suatu material. Material *hydrophobic* merupakan material yang menolak air atau dengan kata lain tidak suka air, dimana pada saat air diteteskan di atas permukaan material *hydrophobic* maka air tersebut akan membentuk bulir-bulir yang kemudian meluncur dan membawa kotoran dan debu yang ada pada permukaan material sehingga material *hydrophobic* ini sering dikenal mempunyai kemampuan *self cleaning* atau dengan kata lain pengguna tidak harus membersihkan permukaan material tersebut secara manual.

Fenomena ini disebut dengan “*Lotus effect*” (Barthlott dan Neinhuis, 1997). Pada penelitian sebelumnya (Rozani dan Dahlan, 2016) membahas tentang pelapisan *hydrophobic* dengan menggunakan metode elektrodeposisi kronium yang dicampur dengan TiO_2 dengan variasi tegangan 3 V dan 4 V. Sampel yang diuji adalah besi yang telah dilapisi nikel dan kronium dengan ukuran 2 x 1 cm. Pembuatan larutan TiCl_3 digunakan sebagai larutan elektrolit dengan variasi konsentrasi 0,1 sampai 1 M. Untuk mendapatkan larutan elektrolit TiCl_3 0,1 M sebanyak 25 mL maka dilakukan pencampuran aquades sebanyak 22,8 mL dengan 2,12 mL TiCl_3 yang kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu ruang. Kemudian dilakukan proses elektrodeposisi TiO_2 . Untuk mendapatkan lapisan TiO_2 pada substrat besi yang telah dilapisi nikel dan kronium, substrat tersebut dicelupkan ke dalam larutan aquades yang telah dicampur dengan TiCl_3 yang kemudian diberikan variasi tegangan 3 V dan 4 V untuk variasi larutan TiCl_3 0,1 M sampai 1 M dicelup selama 1 jam. Setelah dilakukan pencelupan selama 1 jam, sampel dikarakterisasi menggunakan SEM dan XRD. Sampel yang dikarakterisasi menggunakan SEM adalah substrat besi yang telah

dilapisi nikel dan kromium sebagai pembanding dan sampel dengan konsentrasi TiCl_3 0,1 M, 0,3 M, 0,4 M, 0,5 M, dan 0,8 M.

Perlakuan konsentrasi TiCl_3 sangat berpengaruh terhadap morfologi lapisan TiO_2 yang terbentuk pada permukaan. Permukaan substrat yang terlapisi oleh nikel dan kromium dimana lapisan substrat tersebut terdeposisi secara merata di atas permukaan. Sedangkan pada konsentrasi TiCl_3 0,1 M mulai terbentuknya lapisan TiO_2 , hal ini dapat dilihat dari perubahan warna yang terjadi jika dibandingkan dengan sebelum dielektrodesposisi namun belum terdeposisi secara merata.

Saat konsentrasi TiCl_3 mulai ditingkatkan 0,3 M lapisan yang terbentuk mulai merata namun masih terdapat di beberapa tempat masih didapat gumpalan yang menumpuk tidak merata. Pada konsentrasi yang dinaikkan menjadi 0,4 M dapat dilihat lapisan TiO_2 semakin merata di permukaan jika dibandingkan dengan konsentrasi 0,3 M.

Hal ini terlihat pada permukaan lapisan yang lebih halus dan terdeposisi pada setiap bagian. Pada saat konsentrasi TiCl_3 dinaikkan menjadi 0,5 M permukaan sampel menjadi tergores akibat terbentuknya HCl yang menyebabkan larutan elektrolit TiCl_3 menambah keasaman larutan elektrolit. Pada saat konsentrasi ditingkatkan menjadi 0,8 M lapisan semakin tergores hal ini disebabkan karena semakin banyak terbentuknya HCl . Tergoresnya permukaan sampel disebabkan oleh terbentuknya HCl yang menjadikan larutan TiCl_3 meningkat derajat keasaman sehingga permukaan logam menjadi terkikis. Pengaruh derajat keasaman HCl yang terbentuk dapat lebih jelas terlihat pengikisan permukaan membuat permukaan terlihat bergaris-garis. Setelah dilakukan pengujian SEM selanjutnya dilakukan pengidentifikasian fase lapisan TiO_2 yang terbentuk dilakukan dengan menggunakan *x-ray diffraction* (XRD).

Pada grafik menunjukkan bahwa adanya puncak difraksi fase kristal TiO_2 disamping CrNi_3 dan Ni pada sampel dan dapat diketahui bahwa lapisan TiO_2 yang terbentuk merupakan fase *anatase* dengan ukuran kristal 39,80 nm.

Pada grafik dapat dilihat hasil identifikasi sudut kontak yang terjadi pada permukaan sampel. Sudut kontak yang terjadi pada konsentrasi 0,4 M meningkat dan

sedangkan sudut kontak pada konsentrasi 0,5 M sampai 0,8 M terjadinya penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh perlakuan konsentrasi yang mempengaruhi bentuk morfologi lapisan yang dihasilkan dan yang akan menentukan sifat material bersifat hidrofilik atau bersifat *hydrophobic*. Sudut kontak pada konsentrasi TiCl_3 0,1 M karena pada konsentrasi ini mulai terbentuk suatu lapisan TiO_2 . Sudut kontak tertinggi yang didapatkan adalah $104,3^\circ$ pada konsentrasi 0,4 M TiCl_3 , karena sudut kontaknya lebih dari 90° maka material ini memiliki sifat *hydrophobic*.

(Fu dan Dia, 2008) mengatakan pembuatan permukaan *hydrophobic* dapat dilakukan dengan metode kombinasi *roughening* dan etsa kimia pada substrat alumunium paduan. Bahan yang digunakan alumunium foil (atau lebih sering dikenal 8011 Al dalam bahan rekayasa) dengan komposisi bahan kimia Si 0,5 – 0,9%, Fe 1,2, 2,0%, Cu 0,1%, Mn 0,05%, bahan pengotor lainnya 0,15%, dan elemen sisa Al yang digunakan sebagai substrat. *Metallographic* kertas abrasif, asam nitrat (HNO_3 65%) tembaga nitrat trihidrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), *decyltriethoxysilane*, *hexamethylenetetramine*, aseton, dan air ultra murni. Material alumunium digiling dengan kertas abrasif yang bertujuan untuk menambah kekerasan yang kemudian dibersihkan menggunakan alat *ultrasonic cleaner* dengan air aseton masing-masing selama 10 menit yang bertujuan untuk menghilangkan puing-puing grinding pada permukaan dan kemudian dilanjutkan dibilas menggunakan air ultra murni.

Kemudian *etching* dilakukan di dalam larutan air dari $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dan HNO_3 . Dengan konsentrasi HNO_3 sebesar 2, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30% dan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi sebesar 0, 0,8, 2,1, 4,1, 8,2, 12,3, 16,4, 20,5 nM. Material yang telah diberikan perlakuan tadi di rendam kedalam etsa kimia di suhu 90°C selama 20-30 menit, kemudian dibilas menggunakan air ultra murni dan etanol.

Hidrofobitas dilakukan dengan merendam material kedalam larutan etanol dengan konsentrasi 10 nM dan air dengan konsentrasi 40 nM selama 24 jam. Kemudian diberikan bilasan terakhir diberikan sebelum material ini dianil dengan suhu 150°C selama 5 menit. Struktur mikro dan keterbasahan dari permukaan *hydrophobic* dapat diamati menggunakan SEM, EDX, XPS, dan mengukur sudut kontak air terhadap

permukaan *hydrophobic*. Morfologi dari paduan aluminium yang diberikan perlakuan dengan berbagai kondisi yang diamati pada *electron scanning microscopic* (SEM) pada 20 kV, dan distribusi elemen yang sesuai pada permukaan ditentukan oleh energi *dispersif X-ray spektroskop* (EDX). Pengukuran sudut kontak air terhadap permukaan material dilakukan menggunakan sudut kontak meter. Nilai rata-rata sudut kontak air diambil dari 5 titik pengukuran di tempat yang berbeda-beda di atas permukaan material *hydrophobic*. Data XPS diambil menggunakan *monochromatic Al K α* radiasi (225 W, 15 mA, 15 kV) dan *electron* yang berenergi rendah.

Paduan aluminium ini mempunyai sifat hidrofilik dengan sudut kontak air terhadap permukaan sekitar 82,18. Setelah dimodifikasi dengan DTS, sudut kontak air terhadap permukaan meningkat menjadi 98,68. Untuk mendapatkan sudut kontak yang besar (lebih dari 150°), kekasaran permukaan disesuaikan untuk memperkuat hidrofobitas. Pada penelitian ada 3 sampel material yang digunakan dengan 3 jenis metode yang berbeda, yaitu *roughening* mekanis kertas abrasif metalografi, etsa kimia dengan larutan Cu (NO₃)₂ dan HNO₃ serta kombinasi *roughening* mekanis dan etsa kimia. Pada Gambar 2.4 dapat dilihat data hasil pengukuran sudut kontak yang dilakukan. Sampel dilambangkan sesuai M1, C2, dan MC3.

Tabel 2.1 Hasil pengukuran sudut kontak (Fu dan He, 2008)

Static contact angle on the surface of different samples				
	Samples			
	Flat Surface	M1	C2**	MC3**
Contact angles (°)	98.6	100.9	146.8	159.7
*All sample were treated by DTS				
**Chemical etchants were mixture solution of 5% HNO ₃ and 4.1 mM Cu(NO ₃) ₂				

Hasil yang didapatkan dari Tabel 2.1 dapat dilihat bahwa MC3 merupakan material yang *superhydrophobic* dengan sudut kontak $159,7^\circ$ dan pada permukaan kasar yang diberikan perlakuan *roughening* sudut kontak nya meningkat jika dibandingkan dengan permukaan yang rata.

(Saffari dkk ,2018) membuat material *hydrophobic* menggunakan perlakuan anodizing tunggal. Dalam penelitian ini *anodizing* tunggal digunakan untuk menghasilkan struktur nano pada substrat Al. Bahan yang digunakan adalah Al (1050) , air deionisasi , etanol (99%), aseton (99%), asam nitrat (65%), asam sulfat (98%), natrium hidroksida, dan asam stearat. Sampel dengan ukuran 20x20 mm yang dipoles menggunakan amplas 400, 800, 1200, dan 2000 yang bertujuan untuk menghilangkan substrat asing pada permukaan, kemudian dibersihkan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan aseton selama 10 menit, dan dibilas dengan air deionisasi.

Substrat kemudian dicelupkan ke dalam 25 g/L natrium hidroksida selama 2 menit di 60°C untuk menghilangkan oksida sisa. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam asam nitrat 15% selama 1 menit untuk menetralkan alkali dan kemudian dibilas dengan air deionisasi. Struktur mikro-nano yang dibuat dengan menggunakan oksidasi anodik. Anoda dan katoda berada Al (1050) dan elektrolit diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan suhu elektrolit $15\text{-}20^\circ\text{C}$ menggunakan temperatur air konstan. Proses *anodizing* disini sangat penting untuk mengurangi energi permukaan sampel, setelah dibilas dengan air deionisasi langsung dicelupkan ke dalam cairan asam stearat dan etanol selama 36 jam kemudian sampel dibilas menggunakan air deionisasi dengan suhu 50°C selama 30 menit. Morfologi permukaan sampel dianalisis menggunakan SEM di 5,00 kV. Juga difraksi sinar X (XRD) analisis sampel dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD). Perhitungan sudut kontak menggunakan contact angle meter pada permukaan sampel.

Hasil sudut kontak air terhadap aluminium yang tidak diberi perlakuan *hydrophobic* dan *anodizing* , memiliki sifat hidrofilik karena sudut kontak air terhadap permukaan kurang dari 90° sedangkan pada permukaan yang diberikan perlakuan *hydrophobic* dan tanpa dilakukan anodizing sudut kontak mulai meningkat cukup

signifikan. Jika dibandingkan dengan permukaan yang tidak diberikan perlakuan *hydrophobic* dan perlakuan *anodizing*, permukaan yang diberi perlakuan *hydrophobic* ini memiliki sifat *hydrophobic* karena memiliki sudut kontak 90° .

Pengaruh *anodizing* dengan waktu *anodizing* yang konstan yaitu 90 menit dengan variasi arus yang digunakan yaitu 0,21 , 0,34 , 0,41 , 0,48, dan 0,54 A seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6, itu bisa dilihat bahwa meningkatkan arus listrik dapat meningkatkan sudut kontak. Namun, hasilnya menunjukkan bahwa arus lebih besar daripada 0,41 A sudut kontak air tidak meningkat secara signifikan. Bentuk tetesan untuk dua $I = 0.48$ A dan $I = 0,34$ A, perilaku ini dapat ditafsirkan bahwa model disajikan untuk menjelaskan peran kekasaran pada sudut kontak air.

(Setiantoro, 2017) membuat lapisan *hydrophobic* pada aluminium dengan cara merendam sampel pada larutan kimia yang mengandung 50% etanol , 50% air deionisasi, dan 2,6% asam stearate dengan variasi waktu 5 jam , 10 jam , 15 jam , dan 20 jam dengan suhu larutan 60°C . Sebelum dilakukan perendaman pada larutan kimia, material uji dibersihkan permukaannya melalui proses pengamplasan, selanjutnya proses pembersihan dengan menggunakan *ultrasonic cleaner* dengan menggunakan larutan aseton dan air deionisasi. Setelah dilakukan proses pembersihan pada material uji, selanjutnya material uji direndam di dalam air mendidih selama 5 menit. Kemudian material uji direndam di dalam larutan yang mengandung etanol, air deionisasi, dan asam stearat pada suhu 60°C dengan variasi waktu 5 jam, 10 jam, 15 jam, dan 20 jam. Setelah selesai proses perendaman material uji dibersihkan dengan menggunakan etanol dan air deionisasi agar kotoran yang ada di material uji tidak menempel dan terbersihkan. Hasil uji *wettability* didapatkan sudut kontak sebesar 133° pada material dengan variasi waktu perendaman selama 20 jam ,

Pembentukan lapisan *hydrophobic* ini dipengaruhi oleh lama waktu perendaman yang dilakukan semakin lama waktu perendaman semakin bagus lapisan *hydrophobic* yang dihasilkan. Pada pengujian SEM didapatkan material uji memiliki sifat *hydrophobic*, pada lapisan *hydrophobic* tersebut terlihat seperti daun lotus, pada pengujian optik menunjukkan bahwa ketebalan lapisan *hydrophobic* pada material uji

dengan waktu perendaman kimia selama 20 jam sangatlah terlihat yaitu sebesar $60.29 \mu\text{m} - 177.94 \mu\text{m}$.

Selain itu dilakukan pengujian kekasaran pada permukaan *hydrophobic* dengan variasi waktu 5 jam, 10 jam, 15 jam, dan 20 jam. Dari tabel kekerasan dapat dilihat kekerasan aluminium *hydrophobic* berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh morfologi pengamplasan pada aluminium dan proses perendaman di larutan kimia.

Dapat dilihat juga struktur lapisan paling kasar adalah aluminium dengan perendaman dilarutan kimia selama 20 jam dan nilai morfologi yang paling rendah adalah aluminium dengan perendaman dilarutan kimia selama 5 jam. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan atau perubahan struktur yang terjadi pada material uji setelah diberikan perlakuan perendaman dengan larutan kimia.

Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan, dapat dilihat bahwa material uji yang paling keras adalah material uji yang diberi perlakuan perendaman dalam larutan kimia selama 10 jam sedangkan nilai kekerasan yang paling rendah adalah material uji yang diberi perlakuan perendaman selama 20 jam. Pada material uji yang hanya direndam di dalam air mendidih selama 5 menit terlihat tidak terjadi perubahan kekerasan pada material.

Hal ini disebabkan karena material uji belum diberikan perlakuan perendaman dilarutan kimia. Sedangkan pada material uji yang diberikan perlakuan perendaman dilarutan kimia mengalami perubahan struktur kekerasan. Hal ini dikarenakan dengan suhu pemanasan 60°C maka larutan kimia alkohol, air deionisasi dan asam stearat mampu membentuk lapisan *hydrophobic* ke material.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian (Setiantoro, 2017) belum adanya tambahan perlakuan anodizing pada permukaan, tetapi memiliki metode yang digunakan sangat sederhana sehingga mudah dilakukan. Pada penelitian (Safari dkk, 2017) membuat material hidrofobik dengan *anodizing* tunggal dengan waktu yang cukup singkat mendapatkan hasil yang baik akan tetapi bahan kimia yang digunakan

cukup banyak. Maka pada penelitian ini saya mengkombinasikan kedua penelitian terdahulu dengan memberikan perlakuan *anodizing* terhadap benda kerja dan memberikan perlakuan perendaman dengan campuran asam stearat, alkohol, dan air deionisasi, dengan harapan lapisan *hydrophobic* menempel dengan merata pada permukaan aluminium dan dapat bertahan lebih lama.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Hidrofobisitas

Secara umum keterbasahan dibagi menjadi dua yaitu *hydrophobic* dan hidrofilik. Pada permukaan yang memiliki sifat hidrofilik adalah ketika ditetesi air pada permukaannya maka air secara langsung akan membasahi permukaan sedangkan pada permukaan yang memiliki sifat *hydrophobic* air tidak akan membasahi permukaan. Hidrofobisitas suatu material dapat dilihat dari sudut kontak air terhadap permukaan material (Wenten dkk, 2015).

2.2.2 Sudut Kontak

Sudut kontak adalah sudut yang terbentuk dari sebuah garis permukaan benda uji terhadap suatu garis dasar kontak tetesan air dengan benda uji. Jika sudut kontak terukur dibawah dari 30° maka material tersebut memiliki sifat hidrofilik jika sudut kontak terukur 30° sampai 89° maka material disebut sebagian basah dan jika di atas 90° maka material tersebut *hydrophobic*. Keterbasahan dipengaruhi oleh kekasaran suatu permukaan dan keterbasahan pada permukaan dapat diukur dengan mengukur sudut kontak air yang berada diatas permukaan material. Cara menghitung sudut kontak suatu permukaan dapat digunakan persamaan :

$$\text{Sudut Kontak} = \frac{\text{Sudut kontak kiri} + \text{Sudut Kontak Kanan}}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.2.3 Sudut Geser

Sudut geser merupakan sudut kritis dimana tetesan air dengan berat tertentu mulai tergelincir pada plat datar. Menurut Wenten dkk (2015) sudut geser tergantung pada kekuatan interaksi antara air dan padatan. Sudut geser dapat diketahui dengan menggunakan persamaan furmidge. Persamaan 2.2

$$m \cdot g \cdot \sin \alpha = \sigma_w (\cos \theta R - \cos \theta A) \dots \dots \dots (2.2)$$

2.2.4 Alumunium

Alumunium merupakan material yang digunakan secara luas di dunia industri karena alumunium memiliki beberapa keuntungan yaitu alumunium merupakan logam ringan , konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Alumunium juga memiliki sifat mampu cor dan mampu mesin , serta tahan terhadap korosi

(Nugroho, 2015) Sebelum diberikan perlakuan perendaman di larutan kimia, alumunium diampas terlebih dahulu yang bertujuan untuk meningkatkan hidrofobisitas dari material. Semakin kasar suatu permukaan maka akan semakin seimbang tetesan air yang ada di permukaan. Karena keseimbangan dari air di permukaan ini yang membuat tetesan air terlihat seperti butiran dan dapat tergelincir tanpa membasahi permukaan.

2.2.5 Asam Stearat

Asam stearat adalah lemak jenuh yang diperoleh dari lemak hewan dan minyak goreng. Bentuknya padat berupa butiran-butiran pada suhu ruang dengan rumus kimia $CH_3(CH_2)_{16}COOH$. Tidak terdapat ikatan rangkap pada asam stearat. Asam stearat tahan terhadap oksidasi memiliki titik didih $361^\circ C$ dan titik lebur $69,9^\circ C$.

2.2.6 Etanol

Etanol merupakan senyawa hidrokarbon bergugus hidroksil (-OH) dengan dua atom carbon (C). Jenis *alcohol* yang digunakan adalah *metil alcohol* (*methanol*)

dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, *etil alcohol (ethanol)* dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ dan isopropil alcohol dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$. Etanol memiliki sifat tidak berwarna, *volatile* dan dapat bercampur dengan air. Ada dua jenis *alcohol* menurut Rama (2008), etanol sintetik dan *bioethanol*. Dimana *alcohol* sintetik merupakan alkohol yang sering disebut *metil alcohol* atau *methanol* terbuat dari etilen, salah satu derivat minyak murni atau batu bara. Sedangkan *bioethanol* merupakan hasil rekayasa biomassa (tanaman) melalui proses biologi.

2.2.7 Aseton

Aseton adalah *propanon*, *dimetil keton*, *2-propanon*, *propan-2 on*, *dimetilformaldehida*, dan β -*ketopropana* yaitu senyawa yang berbentuk cairan tidak berwarna dan mudah terbakar.

Karakter aseton :

1. Rumus molekul : CH_3COCH_3
2. Berat molekul : 58,1 kg/mol
3. Melting point : - 94,6 oC
4. Spesifik gravity : 0,7863 (25 oC)

Aseton dapat digunakan untuk mengaktifkan karbon arang dari batok kelapa. Selain itu aseton juga baik digunakan untuk melarutkan berbagai macam plastik dan serat sintesis, membersihkan peralatan kaca gelas, dan mengencerkan resin kaca serat.