

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak warisan budaya terutama candi peninggalan kerajaan kuno seperti candi Borobudur, Prambanan dan Sambisari. Umumnya, candi di Indonesia dibangun dengan batu andesit (Sutarto *et al.*, 2018; Purbani, Putri and Habibi, 2020). Batuan rentan mengalami kerusakan dan pelapukan karena keberadaan air, cuaca, kondisi penempatan di area terbuka, dan aktivitas organisme. Keberadaan air merupakan salah satu penyebab utama terjadi pelapukan pada batuan. Keberadaan air tidak hanya menyebabkan larutnya komponen yang ada pada batuan, namun juga menyebabkan pertumbuhan kristal garam dan tumbuhnya aktivitas organisme. Akibatnya, degradasi pada batuan semakin cepat terjadi (Cao, Salvini and Camaiti, 2020). Oleh karena itu, batu andesit yang merupakan bahan bangunan candi membutuhkan perlindungan.

Salah satu metode perlindungan yang banyak digunakan yaitu *self cleaning*. *Self cleaning* memiliki kemampuan membersihkan permukaannya sendiri. Pelapis *self cleaning* dikategorikan menjadi dua kelompok yaitu hidrofobik dan hidrofilik. Permukaan bersifat hidrofobik memiliki sudut kontak air lebih dari 90° , sedangkan permukaan bersifat hidrofilik memiliki sudut kontak air kurang dari 90° (Ragesh *et al.*, 2014). *Self cleaning* hidrofobik lebih banyak digunakan dalam perlindungan artefak batuan. Senyawa yang banyak digunakan untuk preparasi lapisan hidrofobik yaitu organosilan, silan, SiO_2 , maupun polimer (Cao, Salvini and Camaiti, 2020). Senyawa organosilan memiliki aktivitas hidrolisis yang kuat dan stabilitas kimia yang lebih baik dibandingkan silan, SiO_2 , dan polimer (Huang *et al.*, 2020). Namun, pelapisan batuan dengan lapisan hidrofobik ternyata menurunkan permeabilitas air dan difusi air sehingga air yang ada didalam batuan tidak bisa bergerak. Hal ini dapat menyebabkan pengeroposan ataupun pelapukan dari dalam. Oleh karena itu, pelapisan hidrofilik juga dibutuhkan pada batuan untuk mencegah pelapukan dari dalam batuan (Colangiuli, Calia and Bianco, 2015).

Pelapisan dengan sifat permukaan reversibel dari hidrofobik menjadi hidrofilik atau sebaliknya merupakan salah satu cara dalam mengatasi pelapukan pada batuan. Pelapisan hidrofobik berguna untuk mencegah masuknya air yang berasal dari kelembapan udara saat malam hari, sedangkan pelapisan hidrofilik berguna untuk menyerap air didalam batuan sehingga air akan teruapkan oleh panas matahari. *Reversible wettability* dipengaruhi oleh suatu rangsangan yang dapat mengubah kepekaan morfologi permukaannya. Rangsangan tersebut antara lain cahaya, suhu, pelarut, pH, dan potensial listrik (Han *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2019; Petroffe *et al.*, 2015). Material yang digunakan bergantung pada jenis faktor eksternal yang dipilih. *Reversible wettability* yang dipengaruhi oleh cahaya paling banyak digunakan karena sensitivitasnya cepat dan mudah dikontrol (Li *et al.*, 2021). Material semikonduktor merupakan material yang memiliki sifat *reversible wettability* yang dirangsang oleh sinar UV (Kong *et al.*, 2016; Pan *et al.*, 2019). Bahan semikonduktor dikenal sebagai bahan yang stabil, tidak beracun, dan sangat reaktif sehingga mampu bertransisi antara hidrofobik menjadi hidrofilik (Petroffe *et al.*, 2015; Kong *et al.*, 2016). Beberapa material semikonduktor seperti ZnO, V₂O₅, WO₃, dan TiO₂ menunjukkan kemampuan *reversible wettability* setelah dirangsang oleh sinar UV (Xu *et al.*, 2013; Ostad-Ali-Askari *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019). Senyawa TiO₂ adalah salah satu material yang paling banyak digunakan dalam studi keterbasahan yang dirangsang oleh sinar UV karena stabil, tidak beracun, dan harganya murah serta ketersediannya yang melimpah (Gao *et al.*, 2021). Senyawa TiO₂ memiliki energi *band gap* sebesar 3,55–3,75 eV (Kong *et al.*, 2016) dan menyerap sinar UV pada panjang gelombang kurang dari 390 nm (Jiang *et al.*, 2019).

Sebagian besar semikonduktor seperti TiO₂ bersifat hidrofilik dibawah sinar UV (Xu *et al.*, 2013). Oleh karena itu, modifikasi TiO₂ dengan material lain dibutuhkan untuk mencapai permukaan yang hidrofobik (Xu *et al.*, 2013). Suhu tinggi dan penempatan dalam ruang gelap dapat digunakan untuk membalikkan pembasahan yang diinduksi UV dan mengurangi sifat hidrofilik TiO₂ (Xu *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2021).

Beberapa studi mengenai transisi keterbasahan TiO_2 telah dilaporkan sebelumnya dan dijelaskan dengan pembentukan ikatan Ti-O-H di bawah sinar UV, sedangkan pemanasan mengakibatkan penurunan konsentrasi ikatan Ti-O-H (Xu *et al.*, 2013; Petroffe *et al.*, 2015; Pan *et al.*, 2019). Petroffe *et al.* (2015) membuat material TiO_2 yang dimodifikasi dengan 11-(4-fenilazo) asam fenoksi undekanoat (asam AzoC11) dapat bertransisi secara reversibel antara keadaan hidrofobik dan hidrofilik. Saat permukaan diberikan sinar UV (daya = 15 W, $\lambda_{\text{max}} = 365 \text{ nm}$), permukaan bersifat hidrofilik dengan sudut kontak air sebesar 21° . Sebaliknya saat diberikan pemanasan pada suhu 150° selama 20 menit menghasilkan permukaan hidrofobik dengan sudut kontak air 146° .

Pan *et al.* (2019) membuat permukaan yang dilapisi TiO_2 -*perfluorooctyl(trimethoxy)silane* (PFOS) yang dapat bertransisi dari hidrofobik ke hidrofilik ataupun sebaliknya dengan bantuan sinar UV dan pemanasan. Pelapisan dengan TiO_2 -PFOS menghasilkan permukaan dengan sudut kontak 165° . Lapisan tersebut kemudian disinari dengan sinar UV (densitas daya = 94 W/cm^2 dan $\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$) selama 10 menit sehingga menyebabkan permukaannya hidrofilik dengan sudut kontak 0° . Hal tersebut terjadi karena sinar UV menyebabkan terjadinya pembentukan ikatan Ti-O-H . Selain itu, ujung rantai fluorokarbon yang berubah menjadi gugus $-\text{OH}$ dapat menurunkan sudut kontak air lebih cepat dengan bertambahnya waktu penyinaran UV. Namun, ketika diberikan perlakuan panas pada suhu 150°C selama 90 menit, permukaannya bertransisi kembali menjadi hidrofobik dengan sudut kontak sebesar 170° . Akan tetapi, transisi permukaan yang dilapisi TiO_2 -PFOS setelah diinduksi oleh sinar UV memiliki kelemahan. Kelemahan tersebut yaitu penggantian gugus $-\text{OH}$ pada ujung rantai PFOS bersifat ireversibel. Selain itu, siklus transisi keterbasahan pada TiO_2 -PFOS hanya 6 siklus. Oleh karena itu, PFOS tidak cocok digunakan sebagai pelapis hidrofobik permukaan dengan sifat *reversible wettability*.

Selain itu, ada pula studi mengenai *reversible wettability* dari hidrofilik ke hidrofobik dengan penempatan pada kondisi gelap. Colangiuli *et al.* (2015) membuat permukaan yang dilapisi TiO_2 /polimer perfluoropolieter. Lapisan permukaan hidrofobik dibuat dengan perbandingan rasio mol TiO_2 dan polimer

perfluoropolieter adalah 1:0,3. Permukaan bertransisi dari hidrofobik ke hidrofilik dengan penyinaran UV (daya=300 W, $\lambda_{\max} = 280-400\text{nm}$) selama 7,5 jam. Sebelumnya, sudut kontak awalnya adalah 102° , lalu menjadi 60° setelah disinari UV. Pemulihan sifat hidrofil ke hidrofilik dilakukan dengan penempatan substrat didalam desikator dan dalam kondisi gelap. Waktu yang dibutuhkan untuk menjadi hidrofobik adalah sekitar 1 bulan dengan sudut kontak yang dihasilkan adalah $99,5^\circ$.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini akan melakukan preparasi lapisan yang memiliki sifat *reversible wettability*. Lapisan dibuat dari kombinasi titanium tetraisopropoksida (TTIP) dan oktiltrimetoksisilan (OTMS). Penggunaan TTIP adalah sebagai substrat yang memiliki kemampuan *reversible wettability* sedangkan penggunaan OTMS adalah untuk menaikkan sifat hidrofobik (Widati, Nuryono and Kartini, 2019; Gao *et al.*, 2021). Selain itu, untuk mencapai permukaan hidrofobik diperlukan energi permukaan yang rendah dan tingkat kekasaran permukaan yang tinggi (Xu *et al.*, 2013). Preparasi sol TTIP dan OTMS dilakukan dengan metode sol-gel. Metode sol-gel memiliki keuntungan yaitu sintesisnya mudah dibandingkan dengan yang lain, prosesnya dapat dikontrol, mudah diaplikasikan, dan mudah mendapatkan karakteristik pelapis yang diinginkan pada substrat area yang relatif besar (Manjumol *et al.*, 2013). Adapun teknik pelapisan yang digunakan yaitu *layer by layer* dan komposit. Kedua teknik tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh terhadap sudut kontak air yang dihasilkan. Pelapisan dilakukan dengan metode *dip coating*. Metode *dip coating* dipilih karena memberikan lapisan yang tipis dan rata serta mudah diaplikasikan (Michel *et al.*, 2012).

Transisi *reversible wettability* suatu permukaan dipelajari dengan menggunakan sinar UV, pemanasan, dan kondisi gelap. Penyinaran UV dilakukan untuk mendapatkan permukaan yang hidrofilik. Perlakuan pada kondisi gelap dan perlakuan pemanasan digunakan untuk mengembalikan polaritas kimia permukaan ke sifat awal permukaan (Korotcenkov, 2021).

Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu *X-Ray diffraction* (XRD) dan *Fourier Transformed-Infrared* (FTIR). Karakterisasi XRD digunakan untuk mengetahui fasa kristal sol TTIP, OTMS, dan TTIP- OTMS. Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada sol TTIP, OTMS, dan TTIP- OTMS. Uji yang dilakukan pada batu andesit yaitu uji sudut kontak air. Uji sudut kontak air menggunakan *software ImageJ*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh mol TTIP dan OTMS pada pelapisan batu andesit secara *layer by layer* dan komposit terhadap sudut kontak yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh waktu *dip coating* pada pelapisan batu andesit secara *layer by layer* dan komposit terhadap sudut kontak yang dihasilkan?
3. Bagaimana karakteristik sol TTIP, OTMS, dan komposit menggunakan XRD dan FTIR?
4. Bagaimana sifat *reversible wettability* batu andesit yang terlapisi secara *layer by layer* dan komposit dibawah sinar UV dan di ruangan terbuka?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka dapat diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh mol TTIP dan OTMS pada pelapisan batu andesit secara *layer by layer* dan komposit terhadap sudut kontak yang dihasilkan
2. Mengetahui pengaruh waktu *dip coating* pada pelapisan batu andesit secara *layer by layer* dan komposit terhadap sudut kontak yang dihasilkan
3. Mengetahui karakteristik sol TTIP, OTMS, dan komposit menggunakan XRD dan FTIR
4. Mengetahui sifat *reversible wettability* batu andesit yang terlapisi secara *layer by layer* dan komposit dibawah sinar UV dan di ruangan terbuka

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat diperoleh suatu permukaan dengan kemampuan *reversible wettability* dari sol TTIP dan OTMS yang dilapiskan pada batu andesit dengan metode *dip coating* secara *layer by layer* dan komposit. Penelitian ini diharapkan juga bermanfaat sebagai referensi terhadap perlindungan bangunan candi ataupun artefak batuan.