

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang kaya akan bangunan bersejarah, seperti candi. Candi masih banyak didapati di berbagai wilayah di Indonesia, terutama di Sumatera, Bali, dan Jawa. Di Jawa Tengah, candi dibangun dari batu andesit sejak abad ke-7 hingga abad ke-15, seperti Candi Borobudur. Pada tahun 1991, UNESCO telah mencatat dua candi di Indonesia, yaitu Candi Borobudur dan Candi Prambanan sebagai warisan dunia. Namun, aksi vandalisme, seperti pencoretan relief dapat menyebabkan kerusakan estetika dan struktur batuan penyusun candi. Dengan demikian, perlu dilakukan perlindungan atau konservasi untuk menjaga estetika dan struktur batuan candi. Salah satu usaha yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan *biocide*. Namun, *biocide* masih bersifat racun dan bila terlarut bersama air hujan akan mencemari air tanah (Harbowo, 2011).

Beberapa usaha konservasi batuan lainnya, yaitu *laser cleaning* dan *biological cleaning*. *Laser cleaning* merupakan pembersihan kotoran pada batu dengan menggunakan tembakan sinar laser. Namun, *laser cleaning* memungkinkan terjadinya perubahan warna pada batuan. Sedangkan *biological cleaning* merupakan usaha pembersihan batu dengan memanfaatkan mikroorganisme. Akan tetapi, sulitnya memilih mikroorganisme yang selektif dan mengontrol pertumbuhannya menyebabkan metode tersebut kurang efektif

(Doehne dkk, 2010). Dengan demikian, dibutuhkan suatu teknologi yang dapat memecahkan masalah tersebut, yaitu *self cleaning*.

Terdapat dua mekanisme *self cleaning* yaitu superhidrofobik dan superhidrofilik. Pengaplikasian material *self cleaning* pada suatu bahan akan membuat permukaannya bersifat superhidrofobik atau superhidrofilik. Dua kategori tersebut didasarkan pada gaya aksi terhadap air. Permukaan yang bersifat superhidrofobik memiliki sudut kontak air tinggi ($>150^\circ$) sehingga menyebabkan permukaan air berbentuk spheris (efek Lotus). Dengan begitu, air akan dengan mudah membawa debu ataupun kotoran. Pelapisan *polydimetilsiloxane* (PDMS)/SiO₂ pada kaca dapat membuat permukaannya menjadi superhidrofobik dengan sudut kontak air sebesar 153° (Li dkk, 2014). Hasil serupa juga ditemukan pada kaca yang dilapisi SiO₂ termodifikasi metiltriklorosilan. Permukaan superhidrofobik mengakibatkan tolakan air tinggi sehingga kontaminan yang berupa debu karbon dapat teradsorp dan tergulung oleh tetesan air (Gurav dkk, 2014).

Sebaliknya, permukaan yang bersifat superhidrofilik memiliki sudut kontak air rendah ($<10^\circ$) sehingga air menyebar dan membentuk lapis tipis (Li dkk, 2013). Pada kaca, pelapisan SiO₂ dapat menyebabkan permukaan bersifat superhidrofilik (Thompson dkk, 2013). Permukaan superhidrofilik juga terbentuk pada kain wol yang dilapisi TiO₂/SiO₂ 30:70 dengan sudut kontak air sebesar 0° (Pakdel¹ dkk, 2013). Metode *self cleaning* pada permukaan superhidrofilik didasarkan pada fotokatalisis karena adanya penyinaran ultraviolet (UV).

Senyawa kimia yang berpotensi digunakan dalam teknologi *self cleaning*, antara lain Al_2O_3 , ZnO , SiO_2 , dan TiO_2 . Pelapisan Al_2O_3 pada kaca dapat membentuk permukaan superhidrofobik dengan sudut kontak sebesar 165° (Tadanaga dkk, 1997), namun kemampuan fotokatalitiknya kurang baik karena hanya mampu mendegradasi Methylene Blue sebesar 30,22% (Widihati dkk, 2011). Seng oksida (ZnO) berukuran nano yang dikompositkan ke membran *polyvinylidene fluoride* (PVDF) dapat meningkatkan kemampuan *self cleaning* melalui mekanisme fotokatalisis sebesar 21% (Hong dkk, 2014). Selain itu, ZnO juga dapat dimodifikasi dengan *butane tetra carboxylic acid* (BCTA) sebagai *biocrosslinker* untuk mendegradasi Disperse Red 1 dengan perubahan warna (ΔE^*) sebesar 17,99 dan Direct Blue 71 dengan perubahan warna (ΔE^*) sebesar 16,91 di bawah penyinaran UV (Shirgholami dkk, 2014). Namun, ZnO memiliki kestabilan kimia yang kurang baik serta rentan terhadap asam meskipun asam lemah (Brenner dkk, 2014).

Silikon dioksida (SiO_2) yang dilapiskan pada kaca dapat memungkinkan terbentuk permukaan yang bersifat superhidrofilik dengan kemampuan membersihkan kontaminan (silikon karbida) sebesar 89,5% (Thompson dkk, 2013) atau superhidrofobik yang dapat membersihkan bubuk karbon sebagai kontaminan setelah kontak dengan tetes air (Gurav dkk, 2014). Dari senyawa-senyawa tersebut, TiO_2 merupakan senyawa yang paling umum digunakan sebagai material *self cleaning* karena kemampuannya sebagai fotokatalis, murah, memiliki kecocokan dengan banyak material, mudah didapatkan, serta sifatnya yang stabil. TiO_2 yang dilapiskan pada kaca dapat mendegradasi Remazol Red

setelah disinari UV selama 24 jam (Saif¹ dkk, 2013). Selain itu, TiO₂ yang dilapiskan pada batu dapat mendegradasi Rhodamin B 17% lebih tinggi daripada batu yang tidak dilapisi TiO₂ (Quagliarini dkk, 2012).

Kemampuan *self cleaning* juga dapat ditingkatkan melalui integrasi TiO₂ dengan ion, logam, dan senyawa kimia seperti Gd³⁺, Ag, dan SiO₂. Titanium dioksida (TiO₂) dapat didoping dengan Gd³⁺ untuk meningkatkan kemampuan *self cleaning* yang ditunjukkan melalui peningkatan laju degradasi Remazol Red sebesar 0,03 lebih tinggi daripada hasil degradasi dengan TiO₂ saja, namun karena Gd³⁺ termasuk golongan ion tanah jarang maka harganya mahal sehingga kurang efisien bila difabrikasi (Saif² dkk, 2014). Perak (Ag) dapat digunakan sebagai dopan TiO₂ dan terbukti dapat mendegradasi Reactive Black (Tryba dkk, 2010). Namun, kelemahan dari integrasi tersebut adalah Ag sangat reaktif dan dapat teroksidasi bila kontak langsung dengan TiO₂ (Pinho¹ dkk, 2014). Integrasi TiO₂ dengan SiO₂ merupakan integrasi yang paling umum dijumpai. Kain wol yang dilapisi TiO₂-SiO₂ 30:70 dan 50:50 menunjukkan degradasi Methylene Blue tertinggi. Hal tersebut menunjukkan peran SiO₂, yaitu menambah luas permukaan di sekeliling partikel TiO₂ sehingga sisi adsorpsinya semakin besar. Hasil serupa juga dijumpai pada kain katun yang dilapisi TiO₂-SiO₂ (Pakdel² dkk, 2013). Begitu pula batu yang dilapisi TiO₂-SiO₂ dapat menunjukkan kemampuan *self cleaning* melalui perubahan warna (ΔE^*) Methylene Blue sebesar 4,23 setelah penyinaran UV selama 800 jam (Pinho¹ dkk, 2013).

. Pembentukan permukaan *self cleaning* dapat dilakukan dengan metode *coating*. Terdapat tiga metode yang umum digunakan, yaitu *dip coating*, *spray*

coating dan sol-gel. *Dip coating* menggunakan prinsip pencelupan dan penarikan sampel dari *coating bath* dengan kecepatan konstan. Metode ini dinilai sederhana, serta memiliki produktivitas dan akurasi yang tinggi (Rahaq dkk, 2014), namun lapis tipis TiO₂ yang dihasilkan lebih tebal dan memiliki transparansi yang rendah bila dibandingkan dengan lapis tipis hasil *spray coating*. *Spray coating* memanfaatkan *spray gun* untuk menyemprotkan sol ke permukaan benda. Metode ini menghasilkan lapisan TiO₂ yang lebih tipis dengan transparansi 95% lebih baik daripada yang dihasilkan melalui *dip coating* (Chun dkk, 2009).

Metode sol-gel merupakan metode yang paling umum digunakan karena prosesnya cepat, memiliki kecocokan dengan berbagai macam prekursor kimia, serta harga yang murah. Namun, ketika metode sol-gel digunakan untuk melapiskan alkoksasilan sebagai konsolidan, seperti tetraetoksisilan (TEOS) pada batu dapat membuat *cracking* selama proses pengeringan. Hal tersebut dapat diatasi dengan menambahkan surfaktan saat transisi sol-gel. Aplikasi tersebut telah diterapkan pada batu pasir yang merupakan bahan bangunan yang banyak digunakan di Spanyol (Mosquera¹ dkk, 2009). Penambahan surfaktan pada sintesis xerogel dari TEOS juga terbukti dapat menghindari *cracking* (Mosquera² dkk, 2007).

Metode pelapisan (*coating*) dapat dikombinasikan satu sama lain untuk mendapatkan produk yang lebih baik. Dengan menekan kelemahan-kelemahan dari masing-masing metode, diharapkan pengkombinasian dari beberapa metode dapat memberikan hasil yang optimum. Pengkombinasian metode yang umum

dilakukan adalah pengkombinasian metode sol-gel dengan metode *spray (spray coating)*.

Penelitian ini dirancang untuk mengetahui pengaruh pelapisan material *self cleaning* dan konsolidan $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ termodifikasi surfaktan pada batu andesit. Batu andesit dipilih karena banyak digunakan sebagai bahan penyusun bangunan bersejarah, seperti candi. Material *self cleaning* dan konsolidan hasil integrasi TiO_2 dengan SiO_2 sehingga menjadi komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dilapiskan secara *spray coating*, dimana SiO_2 yang juga berfungsi sebagai konsolidan. Pada sintesis komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ juga ditambahkan surfaktan untuk menghindari *cracking* serta mengontrol laju hidrolisis TTIP (titanium tetraisopropoksida). Untuk menguji kemampuan *self cleaning*, akan digunakan *congo red* dan metilen biru sebagai noda pada batu andesit.

Instrumen karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *X-Ray Diffraction (XRD)*, spektroskopi infra merah, Vickers, teleskop-goniometer, *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)* dan spektrofotometer UV-Vis. *X-Ray Diffraction (XRD)* digunakan untuk mengetahui fasa kristal TiO_2 pada komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Spektroskopi infra merah digunakan untuk mengetahui ikatan yang terbentuk pada komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$. Teleskop-goniometer digunakan untuk mengukur sudut kontak air pada permukaan batu. Vickers digunakan untuk mengetahui ketahanan mekanik (kekerasan) batu andesit. *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)* digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan batu serta distribusi komposit

TiO₂-SiO₂ pada permukaan batu. Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui kemampuan *self cleaning* pada batu andesit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah karakteristik komposit TiO₂-SiO₂ termodifikasi surfaktan menggunakan analisis *X-ray Diffraction* (XRD), spektroskopi infra merah, teleskop-goniometer, Vickers, dan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX)?
2. Bagaimanakah kemampuan *self cleaning* komposit TiO₂-SiO₂ termodifikasi surfaktan terhadap *congo red*?
3. Bagaimanakah kemampuan *self cleaning* komposit TiO₂-SiO₂ termodifikasi surfaktan terhadap metilen biru?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui karakteristik komposit TiO₂-SiO₂ termodifikasi surfaktan menggunakan analisis *X-ray Diffraction* (XRD), spektroskopi infra merah, teleskop-goniometer, Vickers, dan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX).
2. Mengetahui kemampuan *self cleaning* komposit TiO₂-SiO₂ termodifikasi surfaktan terhadap *congo red*.

3. Mengetahui kemampuan *self cleaning* komposit $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ termodifikasi surfaktan terhadap metilen biru.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya bidang *self cleaning*. Penelitian tentang batuan yang dilapisi $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ termodifikasi surfaktan sebagai material *self cleaning* dan konsolidan diharapkan dapat bermanfaat dalam konservasi batuan.

