

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak peninggalan sejarah berupa bangunan, seperti candi, keraton, benteng pertahanan, dan lainnya. Peninggalan sejarah ini merupakan warisan budaya yang penting keberadaannya karena termasuk pembelajaran budaya negara di masa lampau untuk menghadapi tantangan dalam kehidupan berbangsa dan bernegara pada saat ini. Sehingga pemerintah menyadari bahwa peninggalan sejarah harus dijaga dan dilestarikan eksistensinya. Bangunan bersejarah di Indonesia umumnya dibagi menjadi dua berdasarkan bahan bangunannya, yaitu bahan organik (gading, tulang, kayu) dan bahan anorganik (batu, bata, logam, keramik) (Suhartono *et al.*, 2017). Kondisi bangunan bersejarah di Indonesia sebagian besar telah mengalami pelapukan karena faktor usia dan lingkungan. Salah satu bangunan bersejarah yang banyak tersebar di Indonesia adalah candi. Pada tahun 2022, pemerintah Indonesia memiliki rencana untuk menaikkan harga tiket masuk wisata candi Borobudur. Hal ini disebabkan oleh kondisi candi yang telah mengalami pelapukan sehingga membutuhkan biaya yang tinggi untuk pemeliharaannya. Candi pada umumnya tersusun dari batuan vulkanik andesit basalt (Cahyandari, 2013; Sutarto *et al.*, 2018). Batu candi mudah ditumbuhi lumut jika berada pada lingkungan yang lembab. Batu yang ditumbuhi lumut memiliki densitas lebih kecil, porositas yang lebih besar serta kandungan silika yang menurun menyebabkan pelapukan batu lebih cepat (Haldoko *et al.*, 2014; Jayanti, 2016). Oleh karena itu perlu dilakukan pelestarian dan pemeliharaan untuk mengatasi masalah pelapukan pada batu candi.

Pelapukan batu akibat adanya lumut disebabkan oleh proses biogeokimia dan biogeofisika. Lumut dapat melakukan penetrasi menggunakan rhizoidnya dan mampu mengakumulasi kalsium dari substratnya. Lumut juga mampu bereaksi dengan karbondioksida menghasilkan metabolit yang bersifat asam dan kelat. Upaya mengatasi masalah pelapukan akibat lumut umumnya menggunakan bahan kimia, seperti AC 322 (Wahyuni, 2021). Namun penggunaan bahan kimia dapat

mencemari lingkungan dan berbahaya bagi kesehatan. Balai Konservasi Borobudur telah menemukan bahan alternatif untuk mengatasi masalah lumut yaitu menggunakan minyak sereh wangi. Ekstrak daun sereh wangi bersifat toksik terhadap cendawan/jamur (Utami, 2004). Pada tahun 2021, emulsi minyak sereh wangi telah digunakan pada Candi Borobudur untuk mengatasi masalah pertumbuhan lumut dan penanganan lichen (lumut kerak). Emulsi minyak sereh wangi terdiri atas minyak sereh wangi dan surfaktan tween 80 (Ekarini *et al.*, 2020; Wahyuni, 2021). Lingkungan yang lembab menjadi salah satu alasan terbesar lumut mudah tumbuh di permukaan batuan. Oleh karena itu perlu adanya pemeliharaan lebih lanjut agar batu candi tidak dalam kondisi lembab/basah.

Self-cleaning merupakan kemampuan suatu permukaan dalam membersihkan dirinya sendiri. Permukaan dengan kemampuan *self-cleaning* terinspirasi dari banyak fenomena alam, seperti daun teratai, kaki anggang-anggang, sayap jangkrik, kaki tokek, dan sayap kupu-kupu (Ragesh *et al.*, 2014). Material *self-cleaning* terbukti dapat menghemat tenaga kerja karena material tersebut dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari seperti pada kaca, semen, cat, dan tekstil (Parkin dan Palgrave, 2005). *Self-cleaning* dikategorikan menjadi dua mekanisme, yaitu mekanisme hidrofilik dan hidrofobik. Keduanya membersihkan permukaan material dengan perilaku mereka yang berbeda terhadap air. Pada mekanisme hidrofilik, efek *self-cleaning* dapat diamati saat sudut kontak terhadap air kurang dari 5°. Dalam hal ini, permukaan superhidrofilik akan membentuk lapisan air di permukaannya yang dapat dengan mudah membawa debu dan kotoran saat mengalir (Son *et al.*, 2012). Selain itu, mekanisme hidrofilik yang menggunakan oksida logam juga memberikan efek tambahan yaitu dapat menguraikan kotoran secara kimia melalui fotokatalitik (Ragesh *et al.*, 2014). Pada mekanisme hidrofobik mekanisme *self-cleaning* didasarkan pada efek lotus. *Self-cleaning* dengan mekanisme hidrofobik adalah permukaan yang memiliki sifat menolak air dan menciptakan sudut kontak yang tinggi (>150°) sehingga mengurangi area kontak tetesan air dengan permukaan. Permukaan material dengan dualitas kekasaran nano-mikro dapat mengurangi gaya adhesi air terhadap permukaannya sehingga tetesan air yang mengenai material akan mudah jatuh dari permukaan

material dan menggelinding membawa partikel kotoran yang ada pada permukaan material (Rios *et al.*, 2009). *Self-cleaning* dengan mekanisme hidrofobik lebih banyak digunakan untuk batuan.

Beberapa tahun terakhir telah banyak penelitian mengenai material superhidrofobik karena memiliki sifat anti-lengket, anti-kontaminasi, serta kemampuan *self-cleaning* (Santiago *et al.*, 2012). Metode fabrikasi material dengan permukaan superhidrofobik dapat diperoleh melalui modifikasi struktur/kekasaran mikro dan/atau nano pada substrat atau dengan modifikasi struktur permukaan dengan material yang memiliki energi permukaan rendah. Rendahnya energi permukaan material akan menurunkan *wettability* (keterbasahan) permukaan menghasilkan material dengan sifat hidrofobik hingga superhidrofobik. Selain itu, semakin kasar morfologi permukaan juga akan meningkatkan hidrofobisitas permukaan material dimana tetesan air akan memantul dari permukaan (Roach dan Shirtcliffe, 2013).

Pelapis konvensional untuk batuan yang banyak digunakan adalah resin epoksi atau poliuretan. Epoksi tergolong senyawa yang reaktif dan tidak stabil pada kondisi panas (Chen *et al.*, 2019). Saat ini preparasi pelapis hidrofobik banyak menggunakan senyawa organosilan, silan, silika serta polimer (Cao *et al.*, 2020). Diantara berbagai senyawa tersebut, silan telah banyak diterapkan sebagai pelapis karena sifat agen koplingnya. Senyawa bereaksi dengan gugus -OH pada permukaan material berbahan silika. Selain itu senyawa silan memiliki gugus siloksan (ikatan Si-O) yang dapat memberikan sifat material dengan ketahanan terhadap degradasi oleh panas, bahan kimia, dan paparan sinar UV (Triwulandari *et al.*, 2015). Jenis silan dan pengaruh jumlah gugus terhidrolisis terhadap hidrofobisitas telah banyak dipelajari (Lin *et al.*, 2013; H. Wang *et al.*, 2010). Fluorosilan merupakan senyawa silan yang sering digunakan. Liu *et al.* (2015) menggunakan metode sol-gel dengan prekursor (heptadekafluoro-1,1,2,2-tetrahidrodesil) trimetoksisilan (17FTMS) menghasilkan film superhidrofobik pada media kaca dengan metode *dip-coating* sederhana. Tetapi fluorosilan dikategorikan sebagai senyawa yang beracun dan berbahaya bagi kesehatan manusia serta lingkungan (Nørgaard *et al.*, 2013). Sebagai penggantinya digunakan alkilsilan

yang lebih ramah lingkungan (Wang *et al.*, 2010). Pada penelitian terdahulu telah dilaporkan bahwa penggunaan heksadesiltrimetoksisilan (HDTMS) dan trimetilklorosilan (TMCS) sebagai pelapis meningkatkan hidrofobisitas material (Wang *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2015). Tetapi, material yang dilapisi dengan alkilsilan memiliki hidrofobisitas yang lebih kecil daripada menggunakan fluorosilan. Untuk mengatasi masalah ini penggunaan alkilsilan di kombinasikan dengan senyawa lainnya. Menurut penelitian Kavale *et al.* (2011), didapatkan permukaan superhidrofobik pada substrat kaca yang dilapisi dengan metiltrimetoksisilan (MTMS) termodifikasi polimetilmetakrilat.

Cara paling umum untuk meningkatkan hidrofobisitas permukaan adalah dengan memodifikasi kekasaran permukaan material. Deposisi oksida logam pada permukaan dapat meningkatkan kekasaran permukaan material karena aglomerasi oksida akan menghasilkan rongga di permukaan. TiO_2 merupakan material fotokatalitik yang tidak toksik, memiliki efisiensi katalisis yang tinggi, energi band-gap yang rendah, dan stabil (Potenza *et al.*, 2007). TiO_2 juga telah digunakan untuk pelapis pada batuan (Shu *et al.*, 2020). Kombinasi TiO_2 dengan senyawa hidrofobik untuk pelapis menghasilkan sifat keterbasahan yang dapat diatur, dimana permukaan yang hidrofobik dapat berubah menjadi hidrofilik dengan bantuan iluminasi UV (Karatasios *et al.*, 2010). Struktur kristal TiO_2 mempengaruhi sifat ini karena memiliki sifat fotokatalitik. TiO_2 yang disinari UV akan mengalami reduksi dan melepaskan atom oksigen. Kekosongan akibat hilangnya oksigen akan digantikan oleh air mengakibatkan terbentuknya permukaan yang suka-air (hidrofilik). Oleh karena itu untuk mempertahankan kestabilan hidrofobisitasnya diperlukan TiO_2 yang amorf. Pelapis hibrida SiO_2 -amorf TiO_2 juga menunjukkan stabilitas yang baik dibawah penyinaran UV (Liu *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk preparasi permukaan hidrofobik pada substrat batu andesit yang merupakan batu yang digunakan sebagai bahan bangunan candi dengan pelapis emulsi minyak sereh, silan, dan TiO_2 . Penggunaan emulsi minyak sereh sesuai dengan penelitian sebelumnya berfungsi sebagai pembersih lumut pada batuan candi (Wahyuni, 2021). Silan dibuat dari prekursor metiltrimetoksisilan (MTMS) untuk meningkatkan sifat hidrofobisitas pada permukaan batu karena

memiliki gugus metil. Penggunaan TTIP adalah sebagai prekursor TiO_2 yang dapat meningkatkan kekasaran pada permukaan material batu (Widati *et al.*, 2019). Preparasi sol TiO_2 dan MTMS dilakukan dengan metode sol-gel dengan asam klorida (HCl) digunakan sebagai katalis, dan seluruh reaksi dilakukan dalam pelarut etanol dan air. Adapun teknik pelapisan yang digunakan yaitu *layer by layer* minyak sereh/ TiO_2 /MTMS dan komposit minyak sereh/ TiO_2 -MTMS. Kedua variasi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh terhadap sudut kontak air yang dihasilkan. Pelapisan dilakukan dengan metode *dip coating*. Karakterisasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu *Fourier Transformed-Infrared* (FTIR). Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dan ikatan yang terbentuk pada sol TiO_2 , MTMS, dan komposit TiO_2 -MTMS. Untuk uji yang dilakukan pada batu andesit yaitu uji sudut kontak air. Pengukuran sudut kontak air menggunakan *software ImageJ*. Dengan demikian, penelitian ini dilakukan agar dapat mengetahui efek *pelapisan* menggunakan emulsi minyak sereh, sol TiO_2 dan sol MTMS pada substrat batu andesit terhadap *wettability*-nya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh mol TiO_2 dan MTMS pada pelapisan batu andesit menggunakan minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sudut kontak yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh waktu *dip coating* pada pelapisan batu andesit secara *layer by layer* minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sudut kontak yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh teknik pelapisan *layer by layer* dan komposit pada pelapisan batu andesit menggunakan minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sudut kontak yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh mol TiO_2 dan MTMS pada pelapisan batu andesit menggunakan minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sifat hidrofobik yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh waktu *dip coating* pada pelapisan batu andesit menggunakan minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sifat hidrofobik yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh teknik pelapisan layer by layer dan komposit pada pelapisan batu andesit menggunakan minyak sereh, TTIP, dan MTMS terhadap sifat hidrofobik yang dihasilkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada ilmu pengetahuan kimia mengenai pelapisan hidrofobik dengan emulsi minyak sereh, silan dan TiO_2 dari prekursor MTMS dan TTIP sebagai teknik *self-cleaning* untuk pemeliharaan batuan candi.