

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun infrastruktur. Beton mempunyai karakteristik seperti kekuatan tekan tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, dan biaya untuk perawatan yang rendah. Kebutuhan akan beton meningkat sejalan dengan kebutuhan sarana dan prasarana dasar manusia. Meningkatnya kebutuhan beton akan menimbulkan emisi CO₂ dari hasil produksi semen yang dapat mengancam kesehatan manusia dan berdampak negatif bagi lingkungan sekitarnya (Wasim *et al.*, 2022). Adanya pernyataan tersebut maka, perlu dilakukan tindakan untuk mencegah peningkatan emisi CO₂ dengan mengurangi elemen utama beton menggunakan beton ramah lingkungan dari hasil pemanfaatan limbah seperti *fly-ash*, abu sekam padi, *silica fume*, agregat kasar daur ulang, dan lain-lain (Hashmi *et al.*, 2022).

Menurut Nafees *et al.* (2021) *silica fume* menjadi salah satu material yang dapat dijadikan sebagai komponen pengganti semen ke dalam beton, dengan memiliki banyak keuntungan seperti pengurangan emisi CO₂, hemat biaya, peningkatan daya tahan, dan sifat mekanik beton. Penambahan *silica fume* pada beton akibat dari reaksi silikon dioksida (SiO₂) yang mengambil kalsium hidroksida dari hidrasi semen akan menyebabkan berkurangnya permeabilitas dan porositas (Gagandep dan Rishi, 2018). Menurut ACI 234R-06 (ACI, 2006), penggunaan *silica fume* dapat menunda timbulnya korosi dan mengurangi laju korosi setelah reaksi korosi dimulai, tergantung dari proporsi campuran *silica fume* yang tepat. Namun, penambahan *silica fume* pada beton tetap memiliki kemungkinan terjadinya korosi apabila beton berada pada lingkungan yang ekstrim.

Salah satu faktor utama kerusakan struktur adalah korosi. Berdasarkan ACI 222R-19 (ACI, 2019) korosi logam pada beton dapat menjadi masalah serius karena sering terjadi pada jenis struktur tertentu dan tingginya biaya perbaikan struktur tersebut. Beton menyediakan lingkungan yang sangat basa dan menghasilkan pembentukan lapisan pasif yang melindungi baja dari korosi namun, lapisan pelindung tersebut akan rusak apabila beton tidak memiliki daya tahan yang baik. Penyebab utama korosi adalah terpaparnya beton bertulang terhadap klorida dan

karbonasi beton atau kondisi paparan lainnya yang mengurangi alkalinitas beton. Pada penelitian Patil *et al.* (2017), korosi tulangan baja pada beton akan mempengaruhi ketahanan dan kekuatan beton karena tulangan baja dapat mengembang hingga beberapa kali ukuran aslinya, menimbulkan tekanan tinggi di dalam beton, yang menyebabkan retak, pengelupasan selimut beton, dan dapat memaparkan tulangan pada aktivitas korosi lebih lanjut. Korosi tulangan baja pada beton mampu membuat badan beton menjadi rusak dan mengakibatkan daya layan beton berkurang (Ghewa, 2022).

Kemajuan teknologi dan pengetahuan dalam dunia konstruksi semakin berkembang. Banyak metode yang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan kerusakan pada beton, salah satunya dengan menggunakan *Self-healing concrete*. *Self-healing concrete* (SHC) merupakan penambahan mikroorganisme ke dalam campuran beton yang mana mikroorganisme tersebut dapat menyembuhkan beton yang mengalami retakan. Salah satu mikroorganisme yang digunakan dalam metode *self-healing concrete* adalah *bacillus subtilis* yang mampu mengisi rongga, pori-pori dan retakan mikro disebabkan oleh efektivitas bakteri dalam mendepositkan lapisan kalsium karbonat (Hussein *et al.*, 2019). Pada pengujian yang dilakukan oleh Nguyen dan Ghorbel (2019) membuktikan bahwa penambahan *bacillus subtilis* meningkatkan kekuatan tekan dan mengurangi porositas serta permeabilitas klorida beton, hal ini dikarenakan pengendapan mikroba (CaCO_3) yang disebabkan oleh metabolisme bakteri. Selain dapat mengisi celah retakan pada beton, bakteri *bacillus subtilis* juga dapat memproteksi beton terhadap korosi akibat dari endapan kalsium karbonat dengan mengisi pori-pori beton dan mengurangi porositas yang membuat beton lebih padat.

Metode NDT (*Non Destructive Testing*) merupakan salah satu metode untuk menginspeksi beton betulang yang mengalami korosi tanpa merusak strukturnya. Menurut Hornbostel *et al.* (2020) metode pengujian *non-destruktif* (NDT) lebih dipilih karena tidak menyebabkan kerusakan apa pun atau hanya sedikit pada beton yang sudah ada untuk menilai keadaan beton yang korosi.

Penelitian yang dilakukan oleh Siddique *et al.* (2017) dan Florence dan Nagendra (2019) pengujian yang dilakukan adalah dengan penambahan *silica fume* dan *self-healing* berupa bakteri pada sifat mekanik beton, namun penelitian tersebut

tidak mengujikan korosi beton dan NDT *method*. Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting untuk evaluasi *silicafume* terhadap *performance self-healing* beton korosi menggunakan NDT *method*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penambahan *silica fume* pada *self-healing concrete* terhadap kuat tekan?
2. Bagaimana pengaruh *silica fume* terhadap *self-healing concrete* dari nilai kuat lentur beton yang terkorosi?
3. Bagaimana pengaruh korosi pada beton *silica fume* dan *self-healing* menggunakan NDT *method*?

1.3 Lingkup Penelitian

1. Mix design berpedoman pada ACI 211.1-91 untuk proporsi beton normal.
2. Nilai mutu rencana beton sebesar 30 MPa dengan umur benda uji 28 hari.
3. Benda uji berupa beton bertulang berbentuk balok berukuran 50 cm × 10 cm × 10 cm dengan diameter tulangan utama Ø 12.
4. Material menggunakan semen portland tipe I, kerikil diperoleh dari Celereng, Kulon Progo, sementara pasir diperoleh dari Kaliprogo.
5. *Silica fume* menggunakan merk Sika fume dari PT. Sika Indonesia.
6. *Self-healing concrete* dengan bakteri *bacillus subtilis* yang dikembangkan di Laboratorium Agrobioteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. *Curing* beton dilakukan selama 28 hari.
8. Spesimen untuk pengujian kuat tekan menggunakan silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm.
9. Benda uji berjumlah 24 yang terdiri dari 12 beton silinder dan 12 balok beton bertulang.
10. Spesimen dibagi berdasarkan persentase dari variasi *silica fume* dan bakteri *bacillus subtilis* berdasarkan penelitian terdahulu.
 - a. BN : Beton normal menggunakan PCC (100%).
 - b. BSF 8 : Beton dengan campuran *silica fume* (8%) dan penambahan bakteri *bacillus subtilis* 10⁵ cfu/ml air.

- c. BSF10 : Beton dengan campuran *silica fume* (10%) dan penambahan bakteri *bacillus subtilis* 10^5 cfu/ml air.
 - d. BSF12 : Beton dengan campuran *silica fume* (12%) dan penambahan bakteri *bacillus subtilis* 10^5 cfu/ml air.
11. Akselerasi korosi menggunakan metode *Galvanostatis*.
 12. Katalisator krosi menggunakan NaCl dengan salinitas 5%
 13. Spesimen balok diakselerasi selama 48, 96, dan 168 jam
 14. Kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada umur beton 28 hari.
 15. Kuat lentur dilakukan setelah pengujian akselerasi korosi.
 16. Penggunaan NDT menggunakan *resistivity* dan *impact echo* pada benda uji balok yang di uji pada saat beton segar mencapai umur 28 hari sebelum dan sesudah.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh penambahan *silica fume* pada *self-healing concrete* terhadap kuat tekan.
2. Mengkaji pengaruh *silica fume* terhadap *self-healing concrete* dari nilai kuat lentur beton yang terkorosi.
3. Mengkaji pengaruh korosi pada beton *silica fume* dan *self-healing* menggunakan NDT *method*.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui efek penggunaan *silica fume* terhadap *self-healing concrete* yang terkorosi.
2. Perkembangan inovasi mengenai *self-healing concrete* untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan.
3. Penggunaan *self-healing* bakteri *bacillus subtillis* sebagai agen penyembuh beton akibat retakan pada beton.
4. Menjadi rujukan khususnya terkait penelitian mengenai deteksi korosi menggunakan NDT *method* dengan alat *resistivity* dan *impact echo* pada beton campuran *silica fume* dan bakteri *bacillus subtilis*.