

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai infrastruktur bangunan baik struktural maupun non-struktural dewasa ini masih populer dibangun menggunakan material beton yang awet dan berkelanjutan. Material ini sering digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan karena memiliki ketahanan yang baik, mudah dibentuk, dan relatif terjangkau. Beton konvensional umumnya menggunakan campuran bahan-bahan seperti kerikil, pasir, semen, dan air. Karena kurangnya kekuatan terhadap tarikan, beton biasanya diperkuat dengan menggabungkan baja tulangan kedalamannya yang dirangkai sedemikian rupa sebelum pengecoran (Prayuda *et al.*, 2020). Beton bertulang merupakan kombinasi antara karakteristik beton dan baja sehingga menghasilkan material komposit yang bekerja secara optimal dalam memikul beban maupun gaya-gaya pada suatu struktur.

Terlepas dari berbagai keunggulan yang ada, beton bertulang sangat rentan terhadap korosi. Korosi tulangan baja merupakan mekanisme penurunan mutu logam akibat reaksi kimia yang terjadi pada beton bertulang (Peng *et al.*, 2021). Tulangan pada beton secara alami terlindungi dari korosi karena adanya lapisan pasif yang terbentuk dari tingginya alkalinitas beton (Yodsudjai dan Rakvanich, 2020). Lapisan pasif beton inilah yang mencegah perkembangan laju korosi beton. Pada kondisi tertentu keseimbangan ini dapat rusak oleh karbonasi beton atau kandungan klorida kritis pada tulangan yang menyebabkan fenomena depassivasi baja dan inisiasi korosi. Dalam kedua kasus tersebut, penghancuran film pasif dan degradasi logam melibatkan mekanisme sel elektrokimia dengan zona anoda, zona katoda, dan media elektrolitik yang dibentuk oleh larutan interstisial beton (Anterrieu *et al.*, 2019).

Fenomena korosi adalah masalah utama di dunia konstruksi. Korosi tulangan merusak struktur beton bertulang dengan mengurangi luas penampang tulangan batang dan menghasilkan produk korosi dengan volume yang lebih besar dari tulangan itu sendiri. Penambahan volume ini menginduksi tegangan-tegangan pada beton yang menyebabkan keretakan dan kegagalan struktur (Choi *et al.*, 2014).

Studi oleh *National Association of Corrosion Engineers* menunjukkan bahwa kerugian akibat korosi diperkirakan mencapai US\$2.505 miliar, yang setara dengan 3,4% Produk Domestik Bruto (PDB) global (Koch *et al.*, 2016). Korosi pada level yang kritis tidak hanya menyebabkan kegagalan material, tetapi juga dapat menyebabkan kecelakaan besar yang tidak terduga (Hou dan Lu, 2018). Dalam banyak kasus, biaya perbaikan dan renovasi bangunan yang terpapar korosi sama seperti membangun kembali (Laurens dan Deby, 2017). Penelitian mengenai laju korosi dan mekanisme korosi beton harus terus dikembangkan untuk menghasilkan beton bertulang yang lebih tahan dan awet serta untuk memprediksi masa layannya.

Produksi beton kini sudah menggunakan bahan dari limbah industri seperti *silica fume*, *fly ash*, dan *bottom ash* seiring berkembangnya inovasi keilmuan di bidang teknologi beton. Penggunaan *silica fume* pada beton bertulang memberikan nilai ketahanan dan kekuatan yang lebih baik dibandingkan beton normal (Anwar dan Hussein, 2023). Penelitian lebih lanjut menunjukkan beton bertulang berbasis *silica fume* yang direndam larutan NaCl 3,5 wt% memberikan perilaku ketahanan terhadap korosi karena kemampuannya untuk mengurangi porositas beton sehingga menurunkan permeabilitas ion klorida (Baltazar-Zamora *et al.*, 2019). *Silica fume* berasal dari produk sampingan paduan silikon dan ferosilikon. Kinerja baik dari beton berbasis *silica fume* dapat memberikan masa layan yang lebih lama dan menjadi sebuah solusi untuk mengurangi ketergantungan menggunakan semen *Portland* (Lewis, 2018).

Bottom Ash adalah produk sampingan yang sebagian besar dihasilkan dari pembangkit listrik bertenaga batu bara. Pemanfaatan material ini sebagai campuran pada beton dianggap dapat menjadi metode yang ekonomis dan berkelanjutan dalam industri beton (Singh *et al.*, 2020). Diamati bahwa *bottom ash* secara alami berpori, namun setelah melalui proses penggilingan bahan ini memiliki sifat *pozzolan* yang baik, dapat meningkatkan kekuatan beton jangka panjang, dan mengurangi permeabilitas. *Bottom Ash* juga meningkatkan kinerja durabilitas beton dalam hal ketahanan terhadap serangan asam sulfat (H_2SO_4) (Mangi *et al.*, 2019). Namun penelitian terkait korosi beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash* ini tergolong masih sedikit di Indonesia, sehingga penelitian lebih lanjut perlu dilakukan.

Pengujian *Non-destructive Testing* (NDT) adalah teknik analisis untuk mengevaluasi beton tanpa merusak fisik dan fungsional dari beton. Ada berbagai metode yang dapat diimplementasikan untuk memantau korosi beton bertulang. Metode-metode yang dikenal saat ini, yaitu inspeksi visual, *open circuit potential* (OCP) monitoring, *resistivity method*, *polarization resistance*, *galvanostatic pulse method* (GPM), *ultrasonic pulse velocity* (UPV), *acoustic emission* (AE), *impact-echo* (IE), *ground penetrating radar* (GPR), *fiber bragg grating* (FBG), dan *infrared thermography* (IRT) (Zaki *et al.*, 2015). Hasil analisis data dari pengujian NDT menunjukkan korosi tulangan pada beton dapat dideteksi dan dinilai secara efektif (Zaki *et al.*, 2018). Pengujian NDT dapat digunakan untuk menilai korosi pada beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash*. Sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan evaluasi kinerja dari beton, memperkirakan masa layannya, dan juga memberikan rujukan untuk penelitian mengenai penanganan dan proteksi beton terhadap korosi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang terdapat pada latar belakang, dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimana pengaruh korosi terhadap beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash* dari pengujian NDT?
- b. Bagaimana pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap kuat tekan beton?
- c. Bagaimana pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap kuat lentur dari beton yang terkorosi?
- d. Bagaimana pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap mikrostruktur beton yang terkorosi?

1.3 Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh korosi terhadap beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash* menggunakan metode *resistivity* dan *impact-echo*. Lingkup penelitian yang akan dilakukan dan dibahas adalah sebagai berikut.

- a. Agregat kasar (kerikil) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari CV. Muncul Karya, Kulon Progo.

- b. Agregat halus (pasir) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari daerah Kulon Progo.
- c. Air yang digunakan sebagai bahan uji merupakan air yang terdapat di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Sipil UMY.
- d. Semen yang digunakan merupakan semen *Portland* komposit dengan merk *Dynamix*.
- e. *Silica fume* yang digunakan adalah merk Sikafume dari PT. Sika Indonesia.
- f. *Bottom Ash* yang digunakan berasal dari PLTU Cilacap.
- g. Tulangan yang digunakan adalah tulangan polos berdiameter 12 mm.
- h. *Mix design* mengacu pada peraturan ACI 211.1-91 untuk proporsi beton normal.
- i. *Curing* beton selama 28 hari.
- j. Spesimen berbentuk balok dengan dimensi 10 x 10 x 50 cm digunakan pada pengujian NDT dan juga kuat lentur.
- k. Spesimen berbentuk silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm digunakan pada pengujian kuat tekan.
- l. Benda uji berjumlah 24 yang terdiri dari, 12 spesimen silinder dan 12 spesimen balok.
- m. Pembagian kategori spesimen didasarkan pada persentase variasi *silica fume* dan *bottom ash* yang optimum dan ekonomis dari penelitian terdahulu. Berikut kategori spesimen yang digunakan:
 - 1) BN : Beton normal (100%) semen *Portland* komposit (PCC).
 - 2) BC1 : Campuran beton dengan kadar penggantian 8% *silica fume* (SF) dari berat total semen dan 10% *bottom ash* (BA) dari berat total agregat halus.
 - 3) BC2 : Campuran beton dengan kadar penggantian 10% *silica fume* (SF) dari berat total semen dan 20% *bottom ash* (BA) dari berat total agregat halus.
 - 4) BC3 : Campuran beton dengan kadar penggantian 12% *silica fume* (SF) dari berat total semen dan 30% *bottom ash* (BA) dari berat total agregat halus.

- n. Akselerasi korosi menggunakan metode Galvanostatis dengan tegangan konstan.
- o. Katalisator korosi menggunakan NaCl dengan salinitas 5%.
- p. Spesimen balok diakselerasi korosi selama 48 jam, 96 jam, dan 168 jam.
- q. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari.
- r. Pengujian NDT menggunakan metode *resistivity* dan *impact-echo*. Spesimen balok diuji saat beton mencapai umur 28 hari sebelum dan setelah akselerasi korosi.
- s. Uji mikroskopis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD). Spesimen balok diuji saat beton mencapai umur 28 hari setelah terkorosi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini didapat berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan di atas adalah sebagai berikut.

- a. Untuk menganalisis pengaruh korosi terhadap beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash* dari pengujian NDT.
- b. Untuk menganalisis pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap nilai kuat tekan beton.
- c. Untuk menganalisis pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap nilai kuat lentur dari beton yang terkorosi.
- d. Untuk mengkaji pengaruh *silica fume* dan *bottom ash* terhadap mikrostruktur beton yang terkorosi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian analisis korosi beton dengan *silica fume* dan *bottom ash* menggunakan metode *resistivity* dan *impact-echo* adalah sebagai berikut.

- a. Menjadi rujukan khususnya terkait penelitian mengenai deteksi korosi pada beton bertulang menggunakan metode *resistivity* dan *impact-echo*.
- b. Mengetahui potensi dari *silica fume* dan *bottom ash* pada campuran beton dalam memberikan ketahanan korosi.

- c. Memberikan perbandingan performa antara beton normal dengan beton berbasis *silica fume* dan *bottom ash* yang terkorosi.
- d. Menjadi rujukan untuk pengembangan beton yang lebih tahan dan awet serta dalam hal penanganan dan proteksi beton terhadap korosi.