

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena memiliki berbagai keunggulan, seperti kekuatan tekan yang tinggi, daya tahan yang baik terhadap lingkungan, serta biaya produksi yang relatif lebih ekonomis dibandingkan dengan material konstruksi lainnya. Berkat sifat-sifat tersebut, beton banyak diaplikasikan dalam berbagai jenis konstruksi, termasuk bangunan gedung, jembatan, jalan raya, bendungan, serta infrastruktur lainnya yang membutuhkan struktur kokoh dan tahan lama.

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena sifatnya yang dapat disesuaikan, kuat, dan tahan lama (Khan et al., 2023). Beton umumnya terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar seperti kerikil, dan agregat halus seperti pasir. Menurut Badan Standardisasi Nasional (Badan Standardisasi Nasional, 2019), beton merupakan campuran antara semen *Portland* atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, yang dapat ditambahkan dengan bahan tambahan untuk membentuk massa padat. Semen *Portland* merupakan jenis semen yang paling umum digunakan dalam pembuatan beton. Proses hidrasi antara semen dan air menghasilkan pasta semen, yang berfungsi sebagai pengikat untuk mengikat agregat kasar dan halus, mengisi rongga-rongga selama proses pengerasan. Campuran ini membentuk massa plastis yang

bersifat semi-cair dan semi-padat, memungkinkan kemudahan dalam pencetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

Campuran beton yang optimal akan menghasilkan material dengan karakteristik mekanis yang unggul, seperti kuat tarik, kuat tekan, dan kuat lekat yang tinggi, serta sifat kedap air, ketahanan terhadap aus, cuaca, dan zat kimia. Selain itu, beton yang baik juga memiliki susut pengerasan yang minimal dan elastisitas yang tinggi. Berdasarkan definisi dari Khan et al (2023) dan BSN (2019), beton dapat dipahami sebagai material buatan yang terdiri dari semen, air, dan agregat, yang membentuk pasta semen bersifat plastis, memfasilitasi proses pencetakan dalam berbagai bentuk struktur.

Beton memiliki kelemahan utama, yaitu rentan terhadap retak. Retak pada beton dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti beban berlebih yang melebihi kapasitas struktur, perubahan suhu yang menyebabkan ekspansi dan kontraksi, penyusutan selama proses pengerasan, serta hidrasi semen yang tidak merata yang dapat menimbulkan tegangan dalam material. Jika retak tidak segera ditangani, maka dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktur, mempercepat korosi tulangan baja di dalam beton, serta mengurangi umur usia bangunan atau infrastruktur secara keseluruhan (Mehta dan Monteiro, 2001).

Retak pada beton merupakan permasalahan serius dalam konstruksi yang dapat mengurangi umur layan suatu struktur serta meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan. Jika retak tidak segera diperbaiki, air, ion klorida, dan zat kimia agresif lainnya dapat meresap ke dalam beton, menyebabkan korosi pada tulangan baja yang tertanam di dalamnya. Proses korosi ini tidak

hanya memperlemah daya tahan beton tetapi juga meningkatkan risiko kegagalan struktural dalam jangka panjang, yang dapat berdampak pada keselamatan serta biaya rehabilitasi yang tinggi (Habibie et al., 2023).

Untuk mengatasi masalah retak pada beton, berbagai metode telah dikembangkan, seperti injeksi material pengisi, penggunaan *sealant*, serta aplikasi epoksi. Namun, metode-metode konvensional ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain biaya yang relatif tinggi, kesulitan dalam menjangkau retakan mikro, serta ketergantungan pada tenaga kerja terampil untuk memastikan efektivitas perbaikan (Sulardi, 2018). Selain itu, metode perbaikan manual sering kali hanya bersifat sementara, sehingga diperlukan pendekatan yang lebih inovatif dan berkelanjutan.

Salah satu inovasi terbaru dalam teknologi beton adalah *self healing concrete*, yaitu beton yang memiliki kemampuan untuk memperbaiki retaknya sendiri secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manusia. Teknologi ini dikembangkan dengan berbagai mekanisme, termasuk penggunaan bakteri *Bacillus subtilis* yang mampu mengendapkan kalsium karbonat (CaCO_3) untuk menutup retakan, serta pemanfaatan kapsul mikro yang berisi material perekat yang dapat aktif ketika terjadi kerusakan pada beton (Mors dan Jonkers, 2019). Dengan kemampuan ini, *self healing concrete* menawarkan solusi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam meningkatkan ketahanan struktur beton terhadap degradasi akibat retak.

Konsep ini terinspirasi dari mekanisme penyembuhan diri yang terjadi pada organisme hidup, di mana luka dapat sembuh dengan sendirinya. Dalam

dunia konstruksi, prinsip *self healing* pada beton dapat dicapai melalui berbagai metode, salah satunya adalah dengan memanfaatkan bakteri yang mampu mengendapkan kalsium karbonat untuk menutup retakan yang terjadi pada beton.

Self healing concrete bekerja berdasarkan prinsip mikrobiologi dan reaksi kimia yang memungkinkan terbentuknya material baru untuk menutup retakan (Esaker et al., 2024). Salah satu metode yang paling umum digunakan adalah *biogenic self healing*, yaitu pemanfaatan mikroorganisme yang mampu menghasilkan zat perekat alami untuk mengisi retakan. Bakteri *Bacillus Subtilis* merupakan salah satu jenis bakteri yang sering digunakan dalam teknologi ini karena kemampuannya bertahan dalam lingkungan alkalin beton serta kemampuannya menghasilkan kalsium karbonat (CaCO_3) yang dapat menutup retakan secara alami.

Pada saat beton mengalami keretakan, air dan kelembapan dari lingkungan luar dapat meresap ke dalam struktur beton. Kelembapan ini akan mengaktifkan bakteri yang sebelumnya berada dalam kondisi dorman. Setelah aktif, bakteri akan memetabolisme kalsium laktat yang terkandung dalam campuran beton. Reaksi kimia yang terjadi dijelaskan oleh Wang et al. (2012) sebagai berikut:



Endapan CaCO_3 yang terbentuk akan mengisi dan menutup retakan yang ada, sehingga meningkatkan ketahanan beton terhadap penetrasi air dan zat

agresif lainnya. Proses ini dikenal sebagai *biomineralisasi* dan terbukti efektif dalam memperbaiki retakan mikro pada beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan hasil pengamatan visual antara 3 jenis variasi dosis bakteri *Bacillus Subtilis* dalam proses self healing setelah diuji kuat tekan?
2. Bagaimana pengaruh kuat tekan pada penambahan bakteri *Bacillus subtilis* terhadap beton normal?
3. Berapa dosis optimal bakteri *Bacillus subtilis* yang dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap retak?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beton yang digunakan adalah beton mutu 22,5 MPa.
2. Variasi dosis bakteri *Bacillus Subtilis* yang digunakan adalah Dosis 0,01%; 0,10%; 1,00% terhadap silinder beton.
3. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan belah beton, setelah proses curing selama 28 hari.
4. Parameter keretakan yang diteliti adalah retak rambut yang diamati secara visual, dengan fokus pada panjang retak.
5. Pengamatan visual dilakukan untuk menilai kemampuan *self healing* bakteri terhadap beton.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membandingkan hasil pengamatan visual antara 3 jenis variasi dosis bakteri *Bacillus Subtilis* dalam proses self healing setelah diuji kuat tekan.
2. Mengetahui pengaruh kuat tekan pada penambahan bakteri *Bacillus subtilis* terhadap beton normal.
3. Menentukan dosis optimal bakteri *Bacillus subtilis* yang dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap retak.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

A. Manfaat Teoritis

Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang material konstruksi, khususnya mengenai teknologi *self healing concrete*.

1. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai efektivitas penggunaan bakteri dalam beton untuk meningkatkan ketahanan terhadap retak.

B. Manfaat Praktis

1. Bagi Industri Konstruksi, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan inovasi beton yang lebih tahan lama dan hemat biaya perawatan.

2. Bagi Peneliti dan Akademisi, penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang teknologi beton ramah lingkungan.
3. Bagi Kontraktor dan Praktisi Teknik Sipil, dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi biaya pemeliharaan struktur beton yang mengalami retak.
4. Bagi Pemerintah dan Regulator Konstruksi, dapat menjadi bahan pertimbangan dalam merancang regulasi terkait penggunaan *self healing concrete* dalam proyek infrastruktur nasional.

