

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sejalan dengan kemajuan penyediaan infrastruktur menuntut penggunaan material konstruksi yang tidak hanya memiliki kapasitas dalam menerima beban struktural, tetapi mampu mempertahankan ketahanan sepanjang umur layan akibat pengaruh berbagai kondisi pembebanan lalu lintas. Salah satu jenis konstruksi jalan yang banyak diterapkan adalah perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu sistem perkerasan yang mengaplikasikan pelat beton semen menjadi komponen struktural utama untuk menerima dan mendistribusikan beban yang ditimbulkan oleh kendaraan. Penggunaan beton pada perkerasan kaku didasarkan pada sejumlah keunggulan yang dimilikinya, seperti memiliki kekuatan tekan yang tinggi untuk menahan beban lalu lintas, mampu mempertahankan kinerjanya pada berbagai kondisi cuaca, memberikan masa pelayanan yang jangka panjang dengan pemeliharaan relatif lebih mudah dibandingkan sistem perkerasan lainnya. Selain itu, material penyusun beton mudah diperoleh dan dapat dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi di lapangan. Namun demikian, beton juga memiliki kelemahan, khususnya pada kemampuan tarik dan lenturnya yang relatif rendah dibandingkan kuat tekannya. Beton hanya memiliki kuat tarik dan lentur sekitar 8%–15% dari kuat tekannya (Aryanti R. & Walujodjati E., 2022). Rendahnya kemampuan beton dalam menahan gaya lentur menyebabkan beton mudah mengalami retak ketika menerima pembebanan berulang. Keretakan pada *rigid pavement* umumnya terjadi karena adanya tegangan tarik lentur yang berkembang di bagian bawah plat beton sebagai respon terhadap beban lalu lintas kendaraan. Apabila retak berkembang secara terus-menerus tanpa adanya kemampuan beton untuk menghambat perambatan retak tersebut, maka dapat terjadi

kerusakan struktural yang berpengaruh terhadap kenyamanan, keamanan, serta umur layan perkerasan jalan.

Pentingnya kemampuan lentur beton pada konstruksi jalan juga tercermin dalam 03/M/BM/2024 oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024). Dalam pedoman tersebut disebutkan bahwa desain perkerasan kaku (*rigid pavement*) menggunakan parameter kuat lentur beton (*flexural strength* atau *modulus of rupture*) sebagai salah satu dasar utama perencanaan. Hal ini disebabkan karena pelat beton jalan menerima beban lalu lintas berat dan berulang dalam jangka panjang sehingga kemampuan beton dalam menahan tegangan lentur menjadi faktor yang sangat penting. Semakin tinggi kemampuan lentur beton, maka semakin baik pula ketahanan pelat beton terhadap retak dan kerusakan akibat pembebanan kendaraan.

Penambahan serat (*fiber*) ke dalam campuran beton menjadi salah satu pendekatan yang banyak difungsikan untuk menaikkan kapasitas lentur beton. Penggunaan serat pada beton telah banyak dikembangkan karena terbukti mampu meningkatkan ketangguhan (*toughness*), daktilitas, serta kuat lentur dan kuat tarik beton. Di antara berbagai jenis serat tersebut, serat nilon menjadi salah satu material yang cukup potensial karena memiliki kuat tarik tinggi, sifat elastis yang baik, ringan, serta tahan terhadap lingkungan alkali pada beton. Serat nilon diketahui mampu meningkatkan berbagai sifat mekanis beton, seperti kuat lentur (Pratama & Hisyam, 2016). Di samping meningkatkan kemampuan lentur, penambahan serat nilon juga berkontribusi terhadap peningkatan kekedapan beton, ketahanan saat menerima benturan mendadak, kemampuan untuk meregang sebelum hancur, keandalannya dalam menghadapi beban yang datang terus-menerus, serta ketahanan terhadap abrasi (Sumardi dkk., 2023). Penambahan serat nilon juga berperan dalam mengurangi retak akibat susut, menghambat perkembangan retak, dan membantu melindungi tulangan dari risiko korosi. Dengan adanya serat nilon, beton masih memiliki kemampuan untuk menahan beban meskipun telah mengalami retak awal sehingga perilaku keruntuhannya menjadi lebih daktil dibandingkan beton normal.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan serat nilon mampu menaikkan sifat mekanis beton, khususnya kuat lentur, penambahan 1% serat nilon mampu meningkatkan kuat lentur beton sebesar 24,94% (Mubeen dkk., 2024). Penelitian lain oleh Bheel dkk. (2021) menunjukkan peningkatan kuat lentur hingga 11,04% pada beton dengan campuran serat nilon dan *jute fiber*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Gunawan dkk. (2015) pada beton ringan membuktikan bahwa penambahan serat nilon sebagai material tambahan mampu memperbaiki kinerja mekanis beton. Sebagian besar riset mengenai serat nilon pada beton lebih berfokus pada variasi kadar atau persentase serat yang digunakan. Penelitian mengenai pengaruh perbedaan panjang serat nilon terhadap kuat lentur beton masih relatif terbatas, khususnya pada beton mutu $f'c$ 25 MPa yang umum digunakan pada konstruksi *rigid pavement* untuk jalan dengan lalu lintas ringan hingga sedang. Padahal, panjang serat dapat mempengaruhi kemampuan ikatan antara serat dan matriks beton serta efektivitas mekanisme *bridging* dalam menghambat perambatan retak.

Pemilihan mutu beton $f'c$ 25 MPa pada penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis dan aplikatif dalam konstruksi *rigid pavement*. Penelitian yang dilakukan oleh Wisnumurti dkk. (2024) menyatakan bahwa mutu beton $f'c$ 25 MPa pada *rigid pavement* memiliki kemampuan pengendalian retak yang lebih bagus dibandingkan mutu beton rendah $f'c$ 15 MPa, serta dianggap ekonomis dibandingkan mutu beton tinggi $f'c$ 35 MPa. Selain itu, berdasarkan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2024), perkerasan kaku dirancang untuk menahan beban lalu lintas melalui kekuatan padat beton sehingga mutu beton normal seperti $f'c$ 25 MPa masih banyak diaplikasikan pada jalan dengan lalu lintas rendah hingga menengah. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengaruh variasi panjang serat nilon sebagai bahan tambah terhadap kekuatan lentur beton mutu $f'c$ 25 MPa pada konstruksi *rigid pavement*. Melalui penelitian ini, diperoleh informasi mengenai karakteristik kuat lentur beton pada setiap variasi panjang serat nilon serta pengaruhnya terhadap harga satuan beton. Selain aspek teknis, penggunaan serat

nilon sebagai bahan tambah beton juga berpengaruh terhadap biaya campuran beton. Penambahan serat nilon menambah kebutuhan material sehingga menghasilkan harga satuan yang berbeda dibandingkan beton normal. Di sisi lain, peningkatan sifat mekanis yang dihasilkan memberikan nilai tambah pada kinerja beton. Oleh karena itu, variasi panjang serat nilon tidak hanya memengaruhi kuat lentur beton, tetapi juga menghasilkan perbedaan harga satuan beton mutu $f_c' 25 \text{ MPa}$ yang dapat disandingkan terhadap beton tanpa serat. Informasi dari penelitian diharapkan dapat menambah referensi mengenai pemanfaatan serat nilon sebagai bahan tambah beton dan memberikan alternatif pengembangan material perkerasan kaku yang memiliki kinerja mekanis dan durabilitas yang lebih baik.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan serat nilon menjadi bahan tambah pada campuran beton terhadap peningkatan sifat mekanis, dengan penekanan pada peningkatan kuat lentur. Di samping itu, penelitian ini dirancang untuk mencapai beberapa sasaran sebagai berikut.

1. Menganalisis pengaruh penambahan serat nilon terhadap nilai kuat tekan beton dengan mutu rencana $f_c' 25 \text{ Mpa}$.
2. Membandingkan nilai kuat lentur beton yang menggunakan serat nilon dengan variasi panjang 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.
3. Menganalisis pengaruh penggunaan serat nilon dengan variasi panjang 10 mm, 20 mm, dan 30 mm terhadap biaya pembuatan.

1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat, di antaranya sebagai berikut.

1. Menyediakan informasi mengenai pengaruh variasi panjang serat nilon terhadap kuat lentur beton mutu $f_c' = 25$ MPa sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan beton yang digunakan pada konstruksi *rigid pavement*.
2. Menyajikan data mengenai perubahan harga satuan beton akibat penambahan variasi panjang serat nilon sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dari aspek teknis dan ekonomis.
3. Menambah referensi mengenai pemanfaatan serat nilon sebagai bahan tambah pada beton, khususnya yang berkaitan dengan pengaruh panjang serat terhadap sifat mekanis beton.
4. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam pengembangan penelitian mengenai beton serat, baik melalui penggunaan jenis serat, panjang serat, maupun mutu beton yang berbeda.

1.4. Perumusan Masalah

Uraian pada bagian latar belakang menjadi dasar dalam penyusunan rumusan masalah penelitian. Oleh karena itu, beberapa permasalahan yang akan dianalisis dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan serat nilon terhadap nilai kuat tekan beton yang dirancang dengan mutu $f_c' = 25$ MPa?
2. Bagaimana pengaruh variasi panjang serat nilon 10 mm, 20 mm, dan 30 mm terhadap nilai kuat lentur beton dengan mutu rencana $f_c' = 25$ MPa?
3. Bagaimana pengaruh variasi panjang serat nilon 10 mm, 20 mm, dan 30 mm pada beton mutu $f_c' = 25$ MPa terhadap kebutuhan biaya dalam proses pembuatannya?

1.5. Batasan Masalah

Agar sistematis dan tidak terlalu meluas, maka penelitian ini diperlukan memiliki batasan-batasan permasalahan, berikut batasan masalahnya:

1. Penambahan serat nilon hanya menggunakan persentase 1% dari berat semen.
2. Penambahan serat nilon menggunakan variasi panjang 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.
3. Serat yang digunakan pada penelitian ini berupa benang *nylon multifilament twine* komersial merek ARIDA dengan spesifikasi 210D/9L diameter 0,6 mm. Penelitian ini tidak mencakup identifikasi atau pengujian terhadap komposisi maupun persentase kandungan nilon pada benang yang digunakan, sehingga karakteristik material mengacu pada spesifikasi produk dari produsen.
4. Perhitungan *mix design* yang digunakan untuk menghitung material penyusun beton pada penelitian ini, yaitu SNI 7656:2012. Penyesuaian volume akibat penambahan benang nilon pada penelitian ini dilakukan dengan mengurangi sebagian volume agregat halus.
5. Penelitian ini mengabaikan pengaruh perubahan kadar air material akibat kondisi penyimpanan di luar ruangan terhadap karakteristik beton. Material yang disimpan di luar ruangan hanya dilindungi menggunakan terpal selama pelaksanaan penelitian, karena keterbatasan tempat.
6. Ruang lingkup penelitian ini hanya mencakup analisis pengaruh penambahan serat nilon terhadap kuat lentur beton pada umur pengujian 28 hari.
7. Pengujian kekuatan tekan dilakukan sebagai verifikasi terhadap pencapaian kuat tekan beton dibandingkan dengan mutu rencana yang telah ditetapkan.

1.6. Identifikasi Masalah

Beton memiliki kuat tarik maupun kuat lentur relatif lebih kecil, yaitu hanya sekitar 8% - 15% dari kekuatan tekannya sehingga dapat menimbulkan permasalahan dalam struktural bangunan. Pada saat kuat lentur rendah, beton tidak dapat menahan gaya tarik retak awal. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan sebagai alternatif untuk memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut melalui analisis pengaruh penambahan serat nilon terhadap kuat lentur beton dengan menggunakan metode penelitian eksperimental kuantitatif.