

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara dengan pertumbuhan populasi penduduk yang terus meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun. Pertumbuhan penduduk ini berdampak langsung pada kebutuhan mobilitas masyarakat yang semakin tinggi untuk mendukung aktivitas ekonomi dan pengembangan daerah. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan transportasi, jumlah kendaraan mengalami lonjakan yang signifikan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kepolisian RI, total kendaraan di Indonesia mencapai 166.465.914 unit pada tahun 2024. Pertumbuhan ini didorong oleh kenaikan tahunan mobil penumpang sebesar 5,52% dan sepeda motor sebesar 3,69%. Lonjakan populasi kendaraan memaksa industri manufaktur ban nasional untuk meningkatkan kapasitas produksi. Produksi ban mobil di Indonesia diperkirakan mencapai 14,4 hingga 15,4 ton per hari. Secara global, produksi ban baru mencapai 2,5 miliar unit setiap tahunnya yang membutuhkan sekitar 12 juta ton karet alam Hashamfirooz et al., (2025).

Permasalahan ban bekas merupakan tantangan lingkungan global yang kompleks dan mendesak untuk ditangani. Berbagai negara telah mengembangkan pendekatan dan solusi yang beragam sesuai dengan kondisi ekonomi, sosial, dan kelembagaan masing-masing. Uni Eropa memberikan aturan seperti melarang penimbunan ban bekas di TPA sejak tahun 1999, baik ban utuh maupun yang sudah dicacah serta menetapkan konsep dan definisi pengelolaan ban bekas berdasarkan hierarki limbah: pencegahan, minimisasi, penggunaan kembali, daur ulang, pemulihan energi, dan pembuangan. Jepang memimpin dalam hal regulasi dan teknologi pengelolaan ban bekas, sementara negara-negara berkembang masih menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan kapasitas pengelolaan mereka. Son et al., (2011).

Di Indonesia, penumpukan ban bekas menjadi masalah lingkungan serius akibat minimnya sistem pengelolaan limbah yang efektif. Sebagai limbah anorganik yang tidak dapat terurai secara alami, ban bekas yang dibuang sembarangan di tempat pembuangan akhir, ruang terbuka, maupun saluran air terus menumpuk dan memicu krisis kesehatan serta lingkungan. Bentuk fisik ban yang melengkung menjadikannya tempat penampungan air hujan yang ideal, sehingga sering menjadi sarang perkembangbiakan nyamuk pembawa penyakit demam berdarah dan malaria. Selain ancaman kesehatan, ban bekas juga berpotensi mencemari lingkungan melalui zat kimia berbahaya seperti seng oksida, timbal, dan kadmium. Ketika

terpapar air hujan, zat-zat tersebut dapat larut menjadi cairan lindi yang meresap ke dalam tanah, sehingga berisiko mencemari sumber air tanah yang dikonsumsi masyarakat. Chandranegara, (2024).

Meskipun menghadapi tantangan, Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan industri hilirisasi ELT. Karet remah (crumb rubber) hasil daur ulang ban bekas kini dipandang sebagai komoditas dengan nilai tambah tinggi. Teknologi rekayasa balik memungkinkan konversi limbah ban menjadi bahan baku industri dengan harga jual sekitar Rp 65.000 per kg. Implementasi kebijakan yang mendukung inovasi daur ulang dapat membuka peluang bagi perusahaan untuk berinovasi, memberikan nilai tambah ekonomi, sekaligus mengurangi beban lingkungan secara signifikan. Santoso et al., (2024)

Empat solusi utama yang telah terbukti efektif secara global adalah pirolisis untuk pemulihan material dan energi, daur ulang untuk berbagai aplikasi rekayasa teknik, *retreading* untuk memperpanjang siklus hidup ban, dan pemulihan energi melalui pembakaran terstruktur. Sistem regulasi *Extended Producer Responsibility* (EPR) terbukti paling efektif dalam mendorong pengelolaan ban bekas yang berkelanjutan dan bertanggung jawab. Dabic-miletic, (2021).

Pemanfaatan kembali limbah melalui proses daur ulang kini dipandang sebagai salah satu strategi untuk menciptakan material yang lebih berkelanjutan. Salah satu contoh penerapan yang paling relevan adalah penggunaan karet dari ban daur ulang, yang difungsikan sebagai pengganti sebagian agregat dalam campuran beton bertulang. Inovasi ini menghasilkan material komposit baru yang dikenal sebagai beton bertulang karet, yang dikembangkan untuk berbagai aplikasi bahan bangunan. Dong et al., (2025).

Penelitian tentang penggunaan karet remah sebagai bahan campuran dalam beton bertulang telah berkembang pesat. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Hernández et al., 2025) karet remah yang diperoleh dari penggilingan ban bekas, dapat digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus atau kasar dalam beton. Dimana karet bersumber dari ELT (*End-of-Life Tires*) adalah istilah untuk ban bekas yang sudah tidak bisa digunakan atau divulkanisir lagi, menjadikannya limbah padat yang menantang lingkungan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa campuran karet remah dapat meningkatkan sifat-sifat beton, seperti daya tahan terhadap retak, penyerapan energi yang lebih baik (sehingga lebih tahan terhadap gempa atau beban dinamis), dan mengubah perilaku beton dari yang semula getas (*brittle*) menjadi lebih ulet (*ductile*). Beton dengan karet remah memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah,

yang mengurangi risiko kerusakan getas, tetapi juga menimbulkan tantangan seperti penurunan kekuatan dan lentur jika proporsi campuran tidak optimal Dong et al., (2025); Noaman et al., (2016).

Beton campuran karet dapat diaplikasikan pada struktur balok beton bertulang. Balok memiliki peranan penting sebagai elemen horizontal yang berfungsi untuk memikul beban dari struktur di atasnya seperti pelat lantai dan menyalurkan beban tersebut ke kolom. Seiring berkembangnya inovasi material, beton konvensional dimodifikasi dengan campuran karet remah (*crumb rubber*). Penambahan karet pada balok beton bertulang ini terdapat kelebihan dan kekurangan yang membuat hal ini sangat penting untuk diteliti lebih lanjut.

Fokus penelitian ini adalah analisis pada perilaku lentur balok beton bertulang yang dicampur dengan campuran karet remah. Perilaku lentur mengacu pada kemampuan balok untuk menahan momen lentur, yang melibatkan interaksi antara beton, tulangan baja, dan bahan campuran. Analisis ini menggunakan *software Response2000*.

1.2. TUJUAN DAN MANFAAT

1.2.1. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan hubungan momen-kurvatur dan beban-perpindahan balok beton bertulang dengan dan tanpa campuran karet akibat beban statik monotonik.
2. Membandingkan kinerja balok beton bertulang dengan dan tanpa campuran karet dengan variasi dimensi penampang dan diameter tulangan tarik berdasarkan parameter kekuatan, kekakuan dan daktilitas.

1.2.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari pengujian ini adalah untuk menambah wawasan dan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil, khususnya mengenai perilaku beton bertulang dengan campuran karet. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dan acuan tambahan dalam perencanaan serta penguatan struktur, khususnya pada balok beton bertulang karet. Penelitian ini mendukung upaya pemanfaatan limbah karet sebagai bahan tambahan dalam campuran beton sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

1.3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Studi ini menggunakan Metoda Analisis Penampang untuk mendapatkan hubungan Momen-Kurvatur dan Beban-Perpindahan yang terdapat dalam *software Response-2000* versi 1.9.6. (Yo'ensi, 2020)
2. Model benda uji berupa struktur balok beton bertulang dengan dan tanpa campuran karet yang diberi beban monotonik dari kondisi elastis linier sampai terjadi keruntuhan.
3. Variasi campuran karet remah 0%, 10%, dan 20% dari volume agregat kasar dan halus berdasarkan dari hasil eksperimental Hernández et al., (2025).
4. Elemen struktur yang diteliti adalah balok berpenampang persegi panjang dengan dua tumpuan yaitu tumpuan sendi dan rol.
5. Tegangan tarik beton diabaikan.
6. Variabel penelitian ini berupa:
 - a. Dimensi penampang.
 - b. Diameter tulangan.

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penyusunan Tugas Akhir ini secara garis besar dibagi dalam beberapa bagian sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bagian ini berisikan tentang latar belakang penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, Batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisikan teori-teori dasar dari referensi ilmiah yang mendukung serta mempunyai relevansi dengan penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini berisikan tahapan pelaksanaan penelitian, teknik pengolahan data, serta metode yang diterapkan dalam proses penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAAN

Bagian ini berisikan analisis hasil penelitian dan pembahasan dari hasil penelitian yang didapatkan tersebut.

BAB V : PENUTUP

Bagian ini berisikan kesimpulan dan saran yang dirumuskan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan.

DAFTAR PUTAKA

LAMPIRAN

