

bermotor menyebabkan penumpukan limbah ban bekas.

Di negara berkembang seperti Indonesia, limbah karet ban bekas adalah masalah yang sering dijumpai. Limbah karet ban bekas memiliki kandungan material yang berbahaya bagi lingkungan karena sulit terurai (Susanti, 2013). Pembuangan karet ban bekas di tempat pembuangan akhir akan menjadi masalah serius karena ukuran karet ban yang cukup besar dapat memenuhi ruang dari tempat pembuangan tersebut. Pengolahan limbah karet ban harus diupayakan agar dapat mereduksi jumlah limbah ban bekas di Indonesia.

Limbah ban bekas dapat didaur ulang menjadi material yang memiliki nilai jual tinggi, seperti mendaur ulang limbah menjadi berbagai macam kerajinan, contohnya sepatu, tas, sandal, dan lain sebagainya. Selain dapat dimanfaatkan menjadi olahan kerajinan, limbah ban bekas dapat diolah sebagai bahan campuran material di bidang konstruksi (Kusumastuti dkk, 2020).

Dalam dunia konstruksi, limbah ban bekas dapat digunakan sebagai alternatif pengganti material bangunan. Salah satu upaya pemanfaatan limbah ban bekas adalah sebagai bahan pengganti agregat kasar dan agregat halus pada beton. Limbah ban bekas perlu diolah menjadi serbuk karet terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan tambah pengganti agregat halus pada beton.

Penelitian eksperimen pembuatan beton dengan menggunakan serbuk karet sebagai pengganti sebagian agregat halus perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan. Penelitian campuran beton menggunakan serbuk ban bekas pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Kurnia dkk. (2019) telah melakukan penelitian mengenai kuat tekan beton dengan substitusi agregat halus terhadap penambahan serbuk ban bekas sebesar 0,5%, 0,75% dan 1%. Nugroho dkk (2022) telah mengembangkan penggunaan serbuk karet ban bekas dengan persentase substitusi campuran serbuk karet pada agregat halus sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% untuk melihat rasio redaman yang dihasilkan. Penelitian menunjukkan campuran beton dengan substitusi serbuk karet mampu meningkatkan rasio redaman. Meskipun rasio redaman meningkat, kuat tekan beton juga perlu dikasji. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melihat kuat tekan beton, khususnya sebagai beton struktural pada campuran serbuk karet ban sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Beton struktural adalah jenis beton yang mampu menanggung beban dari suatu struktur, dan juga biasanya dalam proses pengecoran disertai dengan penulangan. Fungsi dari beton struktural ini adalah untuk pengecoran pondasi, ring balok, kolom, dan lain sebagainya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah serbuk karet dalam bidang konstruksi, khususnya sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus yang dapat dikembangkan untuk pembuatan beton normal. Beton normal merupakan jenis beton dengan berat satuan sebesar 2.200-2500 kg/m³.

2 METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui pengujian eksperimen di Laboratorium Struktur, Program Studi Teknik Sipil,

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pembuatan benda uji beton dimulai dari pemeriksaan material agregat halus, agregat kasar dan serbuk ban bekas. Setelah datamaterial di dapatkan dilanjutkan dengan *mix design* beton, pengujian slump beton segar, pembuatan benda uji, perawatan dan pelaksanaan pengujian tekan beton.

2.1 Pengujian material

Material yang digunakan adalah semen, pasir, kerikil dan serbuk karet ban bekas. Pengujian material yang dilakukan meliputi, uji gradasi butiran agregat halus, pengujian agregat kasar dan uji berat jenis serbuk karet ban bekas. Detail material yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sampai Gambar 4.



Gambar 1 Semen



Gambar 2. Agregat halus



Gambar 3. Agregat kasar



Gambar 4. Serbuk karet ban bekas

2.2.1 Perencanaan mix design beton.

Metode penentuan campuran bahan pada pembuatan beton menggunakan SNI 7656:2012. Hasil mix desain diperlukan untuk mengetahui banyaknya campuran yang diperlukan dalam satu adukan beton. Perhitungan mix desain menggunakan proporsi 0%, 5%, dan 15% sebagai substitusi pasir.

2.2 Pengujian Slump

Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams dan mengacu pada standar SNI. Pengujian slump bertujuan untuk mengukur tingkat kelecakan pada campuran beton sebelum dicetak pada cetakan benda uji. Detail pengujian slump beton segar dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji slump beton

2.3 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Pembuatan benda uji kuat tekan beton menggunakan cetakan silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm dengan masing-masing 3 sample pada setiap variasi pencampuran *mix design* 0%, 5%, dan 15% yang dapat dilihat pada Gambar 6. Perawatan benda uji setelah dikaukan pembongkaran cetakan adalah dengan direndam dalam air selama 28 hari. Perendaman benda uji silinder beton dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Pembuatan benda uji silinder beton

2.4 Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan pada beton dilakukan pada usia 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan (*Concrete Compression Tester Machine*). Persamaan untuk menghitung kuat tekan beton dapat dilihat pada Persamaan 1:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \quad (1)$$

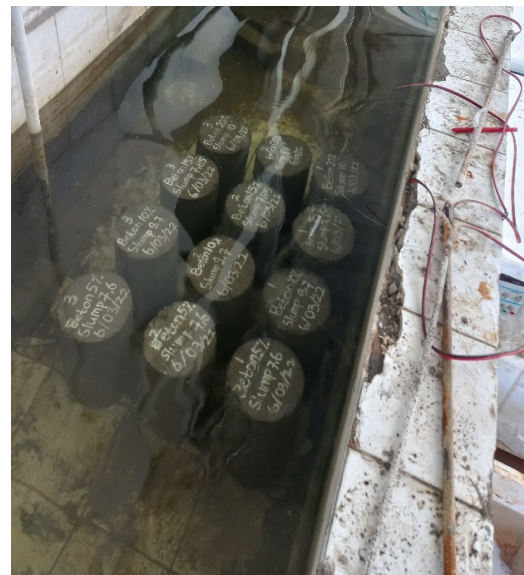
Dimana f_c' adalah kuat tekan beton dinyatakan dalam (MPa atau N/mm^2), P adalah gaya tekan aksial dinyatakan dalam (N), dan A adalah luas penampang melintang pada benda uji dinyatakan (mm^2)

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

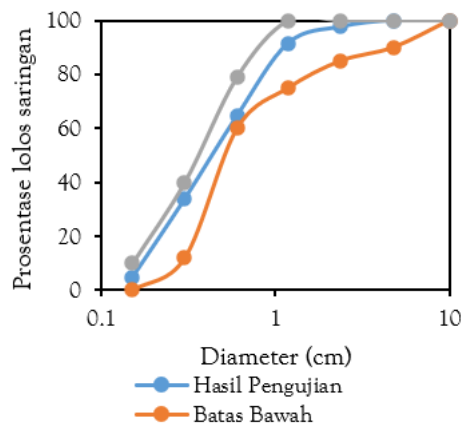
3.1 Pengujian agregat halus

Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus berupa uji kadar lumpur dan gradasi. Pengujian kadar lumpur pada pasir bertujuan untuk memeriksa pasir dalam keadaan bersih atau kotor. Hasil rata-rata kadar lumpur yang diperoleh sebesar 2,67%. Kandungan lumpur maksimum pada pasir yang diperbolehkan adalah sebesar 5%, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jenis pasir yang digunakan telah memenuhi persyaratan.

Hasil pengujian gradasi butiran agregat halus yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 8. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa hasil MHB yang diperoleh sebesar 2,08. Gradasi butiran pasir tersebut masuk ke dalam daerah nomor 3. Nilai MHB memenuhi spesifikasi ASTM C136-2014 yaitu dengan rentang nilai 1,5 sampai 3,8, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa jenis pasir yang digunakan memenuhi persyaratan ASTM C136-2014.



Gambar 7. Perawatan benda uji silinder beton



Gambar 8. Grafik gradasi butiran agregat halus

3.2 Pengujian agregat kasar

Pengujian terhadap agregat kasar berupa uji berat jenis, penyerapan air, dan keausan. Hasil pengujian agregat kasar ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan peraturan SNI 1969:2008, berat jenis kerikil kondisi SSD yang dapat digunakan dalam campuran beton yaitu berada pada rentang 2,5-2,7, dengan demikian jenis kerikil yang digunakan sudah memenuhi persyaratan. Kadar keausan yang dianggap memenuhi spesifikasi SNI 2417:2008 adalah kurang dari 40%, Pengujian keausan bertujuan mengetahui kadar ketahanan kerikil terhadap penghancuran. Dengan hasil pengujian sebesar 32%, dapat disimpulkan bahwa jenis kerikil yang digunakan memenuhi persyaratan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Parameter	Nilai
Berat jenis curah	2,58
Berat jenis kering	2,65
Berat jenis tampak	2,63
Penyerapan air	0,77
Kadar keausan	32%

3.3 Mix design beton

Hasil perencanaan *mix design* benda uji per kebutuhan 1 m³ dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Mix design 1 m³ beton

Kadar Karet	Air (kg)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Serbuk karet (kg)
0%	139,8	459,5	760,9	1029,8	0,0
5%	139,8	459,5	722,8	1029,8	14,2
15%	139,8	459,5	646,8	1029,8	42,6

3.4 Pengujian *slump* beton

Hasil pengujian *slump* beton segar pada setiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai *slump* menunjukkan hasil yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya proporsi karet pada beton. Peningkatan nilai *slump* ini

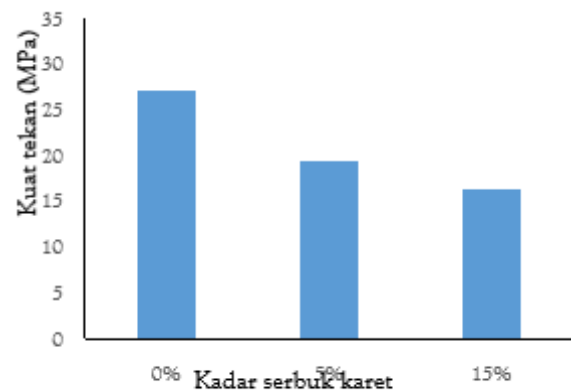
disebabkan karena serbuk karet memiliki sifat yang sulit menyerap air, sehingga campuran beton semakin encer serta mereduksi gesekan antar material yang mengakibatkan nilai *slump* meningkat. Menurut SNI 7656 :2012, hasil uji *slump* dapat digunakan untuk tipe konstruksi balok, kolom dan dinding bertulang bangunan yaitu berada pada rentang 25 sampai 100 mm

Tabel 3. Hasil pengujian *slump* beton

Kadar karet	Nilai <i>slump</i> (cm)
0%	8
5%	9
15%	10

3.5 Pengujian kuat tekan beton

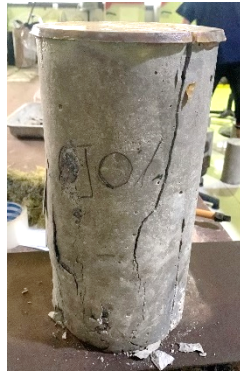
Hasil pengujian kuat tekan rerata benda uji silinder beton pada umur 28 hari ditunjukkan pada Gambar 9. Dari Gambar 9, dapat lihat bahwa hasil uji kuat tekan beton dengan campuran serbuk karet ban bekas sebesar 0%, 5% dan 15% mempunyai nilai sebesar 27,12 MPa, 19,37 MPa dan 16,29 MPa. Tipe kerusakan yang terjadi pada benda uji beton dengan persentase campuran serbuk karet 0% bersifat *brittle* yang ditandai dengan pecahnya di bagian tertentu seperti pada Gambar 10 dengan keruntuhan terjadi secara tiba-tiba (Faizah dkk., 2020). Tipe kerusakan beton dengan persentase campuran karet 5% dan 15% bersifat *ductile* yang ditandai dengan adanya retak halus pada keseluruhan permukaan beton sebelum terjadinya keruntuhan benda uji seperti pada Gambar 11. Beton dengan tambahan karet mampu mencegah kehancuran secara tiba-tiba ketika beton diberikan tekanan.



Gambar 9. Grafik Kuat Tekan Beton

Nilai penurunan kuat tekan beton yang terjadi pada benda uji dengan persentase campuran serbuk karet sebesar 5% dan 15% terhadap beton dengan kadar karet 0% adalah sebesar 27,25% dan 39,93%. Penurunan nilai kuat tekan ini terjadi karena penurunan kualitas ikatan antar komponen beton. Hal tersebut dikarenakan serbuk karet memiliki sifat cenderung sulit menyerap air sehingga menurunkan rekatan antar material beton, sehingga kuat tekan beton semakin menurun seiring dengan penambahan persentase campuran karet pada beton. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 7 tahun 2018, beton memiliki kriteria, mutu dan kegunaan

masing-masing sesuai dengan kuat tekan yang dihasilkan, kriteria penggunaan beton dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 10. Keruntuhan benda uji campuran serbuk karet 0%



Gambar 11. Keruntuhan benda uji campuran serbuk karet 5%



Gambar 12. Keruntuhan benda uji campuran serbuk karet 10%

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa hasil kuat tekan beton dengan kadar karet 5% dan 15% berturut-turut sebesar 19,73 MPa dan 16,29 MPa. Hasil tersebut berada pada rentang 15-20 MPa, dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kuat tekan yang diperoleh memenuhi

persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 7 tahun 2018 sebagai beton mutu rendah dan difungsikan sebagai struktur beton tanpa tulangan.

Tabel 4. Mutu dan Penggunaan Beton (Bina Marga, 2018)

Jenis Beton	f_c' (MPa)	Penggunaan
Mutu tinggi	$x \geq 45$	Beton prategang, tiang pancang prategang, pelat beton prategang, dan jenis beton prategang lainnya.
Mutu sedang	$20 \leq x < 45$	Kereb beton pracetak, gelagar beton bertulang, bangunan bawah jembatan, dan jenis beton bertulang lainnya.
Mutu rendah	$15 \leq x < 20$	Trotoar, beton siklop, pasangan batu, dan struktur beton tanpa tulangan lainnya.
	$10 \leq x < 15$	Penimbunan kembali dan lantai kerja menggunakan beton.

4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa material agregat halus dan agregat kasar yang digunakan sudah memenuhi persyaratan modulus halus butir dengan nilai MHB sebesar 3 dan persyaratan keausan agregat yaitu sebesar 32%. Hasil pengujian nilai slump benda uji menunjukkan bahwa beton dapat digunakan untuk tipe konstruksi balok, kolom dan dinding bertulang bangunan yaitu dengan nilai slump berada pada rentang 25 sampai 100 mm. Penambahan serbuk karet ban bekas sebagai pengganti agregat halus ternyata justru menurunkan nilai kuat tekan beton. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih dalam untuk mengetahui kada serbuk karet optimum yang bisa menghasilkan kuat tekan beton yang tinggi.

5 DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (2014) C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
- BSN (2012). SNI 7656:2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat, dan Beton Massa. Jakarta.
- BSN (2008). SNI 2417:2008 Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta.
- BSN (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta.
- Dianita Ratna Kusumastuti, Supriyadi, Tjokro Hadi, U. (2020). *Go Green Inovasi Tikar Dari Limbah Ban Bekas Untuk Meningkatkan Daya Dukung Tanah*. 231-246.
- DPU (2018). Pd 7-07-2018-B Struktur. Spesifikasi Umum Bina Marga.
- Faizah, R., Priyosulistyo, H., & Aminullah, A. (2020). Sifat Fisik dan Mekanik Mortar dengan Campuran Serutan Karet Ban Bekas Berbagai Merk. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(2), 117-125. <https://doi.org/10.5614/jts.2020.27.2.2>

- Nugroho, G., Restu Faizah, Danang, D. H. (2022). Pemanfaatan Serbuk Karet Terhadap Kuat Tekan dan Daya Redam Beton non Struktural. *Bulletin of Civil Engineering*, 2(1), 45-48. <https://journal.umy.ac.id/index.php/bce/article/view/13777>
- Husen, A., dan Baranyanan, A. S. (2021). Pengaruh Pembangunan Infrastruktur Pelabuhan, Infrastruktur Jalan dan Infrastruktur Jembatan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Maluku Utara. *Jurnal Poros Ekonomi*, 10(1), 20-34.
- Ida Susanti S, A. A. (2013). Pengaruh Perkembangan Pembangunan Infrastruktur Jalan Raya Terhadap Pertumbuhan Pemanfaatan Lahan Kota. Penelitian dilaksanakan di Wilayah Kota Bandar Lampung Provinsi Lampung. *Data. Rekayasa*, 17(1), 49-58.
- Kaban, A. A. R., dan Kusumastuti, S. Y. (2019). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perjualan Mobil Sedan di Indonesia dan Memprediksi Penerimaan Pajak Penjualan atas Barang Mewah (PPnBM) Kendaraan Mobil Periode 2013-2017. *Jurnal Ekonomi KIAM*, 30(1), 44. [https://doi.org/10.25299/kiat.2019.vol30\(1\).3880](https://doi.org/10.25299/kiat.2019.vol30(1).3880)
- Kurnia, R. D. I., Azis, I., & Faisal. (2019). Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Dengan Faktor Air Semen 0, 5, 3(1), 36-46. <http://journal.umuslim.ac.id/index.php/rkt/article/view/688>