

## Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Beton Tidak Bertulang

Defri Suganda<sup>1</sup>, Tengku Muhammad Fahri<sup>2</sup>, Adinda Juwita Nasution<sup>3</sup>,  
Muhammad Abdi Ridha<sup>4</sup>, Syafrida Hanum Hutasuhut<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Al Azhar Medan.  
[Sugandadefri90@gmail.com](mailto:Sugandadefri90@gmail.com) , [desemberbintang22@gmail.com](mailto:desemberbintang22@gmail.com)

### Abstract

*This study aims to analyze the effect of using crumb rubber (used tire powder) as a partial substitution of fine aggregate in unreinforced concrete. especially compressive strength and concrete weight. Crumb rubber variations used were 0%, 5%, 15%, and 25% of the volume of fine aggregate. Tests were conducted on 15 cm × 30 cm cylindrical specimens treated for 28 days. The main parameters tested included compressive strength and water absorption. The results showed that the addition of crumb rubber decreased the compressive strength of concrete significantly, the highest compressive strength was obtained in normal concrete (25.8 MPa), while the mixture of 25% crumb rubber produced the lowest compressive strength (3.9 MPa). However, it provides advantages in terms of lighter specific gravity and better water absorption. However, the addition of crumb rubber reduced the weight of the concrete by 19.4%. The use of crumb rubber at 5% is considered the most optimal alternative with a decrease in compressive strength that is still within the tolerance limit for non-structural concrete. This research supports the utilization of waste tires as an effort to support sustainable development.*

**Keywords:** crumb rubber, non-reinforced concrete, waste tires, compressive strength, lightweight concrete

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan crumb rubber (serbuk ban bekas) sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus dalam beton tidak bertulang. khususnya kuat tekan dan berat beton. Variasi Crumb rubber yang digunakan adalah 0%, 5%, 15%, dan 25% dari volume agregat halus. Pengujian dilakukan pada benda uji berbentuk silinder berukuran 15 cm × 30 cm yang dirawat selama 28 hari. Parameter utama yang diuji meliputi kuat tekan dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan crumb rubber menurunkan kuat tekan beton secara signifikan, Kuat tekan tertinggi diperoleh pada beton normal (25,8 MPa), sedangkan campuran 25% crumb rubber menghasilkan kuat tekan terendah (3,9 MPa). Namun memberikan keunggulan dari segi berat jenis yang lebih ringan dan daya serap air yang lebih baik. Akan tetapi, penambahan crumb rubber mengurangi berat beton hingga 19,4%. Penggunaan crumb rubber sebesar 5% dinilai sebagai alternatif paling optimal dengan penurunan kuat tekan yang masih dalam batas toleransi untuk beton non-struktural. Penelitian ini mendukung pemanfaatan limbah ban sebagai upaya mendukung pembangunan berkelanjutan.

**Kata kunci:** crumb rubber, beton tidak bertulang, limbah ban, kuat tekan, beton ringan

## 1. PENDAHULUAN

Konstruksi modern telah mengarah pada pengembangan bahan inovatif untuk lingkungan, seperti beton yang efisien dan tahan lama. Karena kekuatannya, daya

tahannya, dan biaya yang relatif rendah, beton adalah bahan konstruksi yang umum digunakan. Namun, beton konvensional memiliki karakteristik seperti sifat tinggi dan berat sendiri yang tinggi[1]. Selain itu, menurut data dari BPS (Badan Pusat Statistik), jumlah kendaraan di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2022, jumlah kendaraan di Indonesia telah mencapai 148.261.817 unit dan akan terus meningkat,[2] menunjukkan perlunya solusi daur ulang. Salah satu jenis sampel anorganik yang tidak dapat terurai dengan baik dan menyebabkan masalah lingkungan adalah limbah ban bekas. Salah satu alternatif pemanfaatannya adalah dengan mengolah limbah ban menjadi crumb rubber dan mencampurkannya ke dalam beton sebagai substitusi sebagian agregat halus.[3] Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana variasi penggunaan crumb rubber mempengaruhi karakteristik fisik dan mekanik beton tidak bertulang.

Studi Muhammad Yazid menyatakan bahwa penambahan semen tidak selalu dapat meningkatkan kualitas beton. Penambahan semen pada pagi hari dengan suhu adukan 24 °C dan pada siang hari dengan suhu adukan 32 °C [4] menunjukkan peningkatan nilai mutu. Setelah menambah 600 kilogram semen variasi, kekuatan tekan beton turun menjadi 41,16 MPa. Dengan demikian, pada pagi hari dengan suhu adukan 24 °C, campuran beton dapat diaduk dengan lebih baik daripada pada siang hari dengan suhu adukan 32 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan tertinggi beton adalah 25,8 MPa. Dibandingkan dengan beton tanpa tambahan Damdex, campuran dengan penambahan Damdex sebesar 0,2% adalah yang terbaik. Ini karena tambahan Damdex dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Namun, penambahan Damdex lebih dari 0,2% akan menghasilkan modulus dan kuat tekan yang lebih rendah.[5] Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa pada campuran beton umur 28 hari, nilai persentase optimal untuk kuat tekan adalah 0,992%.

## 2. METODOLOGI PENGUJIAN

### 2.1. Pembuatan Benda Uji

Benda uji berupa silinder beton tidak bertulang berukuran 15 cm × 30 cm sebanyak 8 bh, dibuat dengan mutu rencana beton  $f_c' = 20$  MPa dan menggunakan crumb rubber (Limbah karet Ban) sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan proporsi sebesar 0%, 5%, 15% dan 25%.

### 2.2. Karakteristik Material

Sebelum dilakukan penelitian, bahan yang akan dicampurkan seperti agregat kasar dan agregat halus harus diperiksa karakteristiknya, agar diketahui kandungan apa yang ada pada material yang digunakan dan agar terjamin kualitas mutunya.



**Gambar 1.** Crumb rubber



**Gambar 2.** Sampel Beton

**Tabel 1.** Spesifikasi sifat agregat kasar

<b>AGREGAT KASAR</b>				
<b>No.</b>	<b>Karakteristik</b>	<b>Hasil</b>	<b>Interval ASTM</b>	<b>Keterangan</b>
1	Kadar Air	1,482	0.5% - 2.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,929	0.2% - 1.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,677	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	0,664	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1606,429	1400 - 1900 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1463,571	1400 - 1900 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	7,073	5,50 - 8,50	Memenuhi

**Tabel 2.** Spesifikasi sifat agregat Halus

<b>AGREGAT HALUS</b>				
<b>No.</b>	<b>Karakteristik</b>	<b>Hasil</b>	<b>Interval ASTM</b>	<b>Keterangan</b>
1	Kadar Air	3,520	3.0% - 5.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	3,520	0.2% - 6.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,681	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	1,113	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1496,994	1400 - 1900 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1437,107	1400 - 1900 kg/m <sup>3</sup>	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	2,597	5,50 - 8,50	Memenuhi

**Tabel 3.** Spesifikasi *Recycled Crumb Rubber*

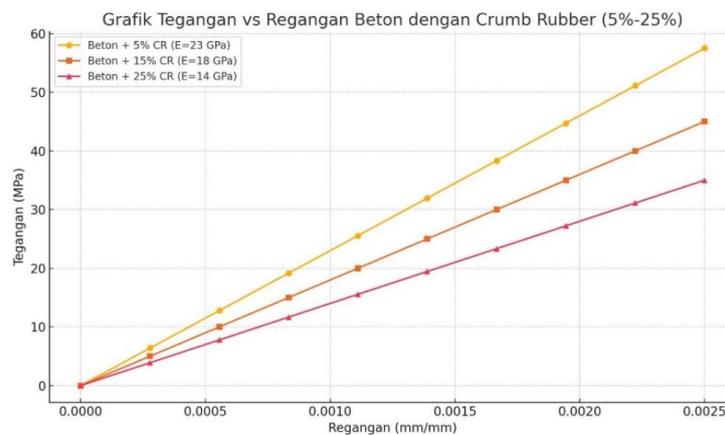
<b>Particle size distribution, w/w%</b>	<b>Crumb rubber 1 (CR1)</b>	<b>Crumb rubber 2 (CR2)</b>
0-0,25mm	64	5
0,25-0,44mm	32	7
0,40-0,63mm	4	53
0,63-1,00mm	-	32
1,00-1,25mm	-	2
1,25-1,60mm	-	1
Adherent moisture content, w/w%	0,4	0,3
Part, soluble in acetone, w/w%	8,5	11,9
Part, soluble chloroform, w/w%	0,3	0
∑ Isoprene content, w/w%	58,5	52,3
NR+IR content, w/w%	36,5	27,7
Carbon black content, w/w%	27,2	26,3
Ash content, w/w%	5,1	9,2
Compability index	2,68	1,31

### 2.3. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas suatu bahan adalah ukuran tegangan pada satuan regangan. Berbagai faktor, termasuk umur beton, sifat agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran benda uji, dan batas proporsional material, berkontribusi pada modulus elastisitas suatu bahan. Modulus elastisitas adalah rasio tegangan normal tekan terhadap regangan yang bersangkutan.[7]

**Tabel 4.** Tegangan dan Regangan Beton *Crumb Rubber*

Regangan (mm/mm)	Tegangan			
	Beton Normal (MPa)	CR 5% (MPa)	CR 15% (MPa)	CR 25% (MPa)
0,0003	6,94	6,39	5,00	3,89
0,0006	13,89	12,78	10,00	7,78
0,0008	20,83	19,17	15,00	11,67
0,0011	27,78	25,56	20,00	15,56
0,0014	34,72	31,94	25,00	19,44
0,0017	41,67	38,33	30,00	23,33
0,0019	48,61	44,72	35,00	27,22
0,0022	55,56	51,11	40,00	31,11
0,0025	62,5	57,5	45	35



**Gambar 3.** Grafik Tegangan dan Regangan

#### Prosedur Pengujian

- Kuat tekan menggunakan mesin uji tekan hidrolik (ASTM C39)
- Berat jenis dan daya serap air
- Metode pengujian mengacu pada SNI 03-1974-1990 dan ASTM standar.
- Pengukuran berat beton setelah curing 28 hari.

**Tabel 5.** Proporsi campuran beton

Benda uji	Bahan Penyusun Beton				
	Air (ltr)	Semen (Kg)	Pasir(Kg)	Kerikil(Kg)	Crumbrubber(Kg)
NC 0	2,28	4,7514	7,0742	10,606	0
NCR 5%	2,28	4,7514	7,0742	10,075	0,5303
NCR 15%	2,28	4,7514	7,0742	9,015	1,5909
NCR 25%	2,28	4,7514	7,0742	7,954	2,6515

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

**Tabel 6.** Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Agregat	Berat Satuan (gr/cm <sup>3</sup> )		Berat Jenis		Gradasi MHB	Kadar Lumpur(%)	Keausan Agregat (%)	
	Lepas	Padat	Kering	SSD			100 putaran	500 putaran
Pasir	1.289	1.437	2.406	2.538	2.72	1.179	-	-
Batu Pecah	1.407	1.558	2.549	2.601	6.524	-	6.64	25.44

**Tabel 7.** Hasil Uji Slump

Benda uji	Crumb Rubber (%)	Nilai slump (cm)
NC	0%	9
NCR 5	5%	9
NCR15	15%	9,5
NCR25	25%	10,5

#### 3.1. Kuat Tekan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase crumb rubber yang ditambahkan, semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan. Penurunan signifikan terjadi pada campuran 25%, yang hanya mencapai 3,90 MPa dibandingkan 25,8 MPa pada campuran tanpa crumb rubber.

Penurunan kekuatan ini disebabkan oleh peningkatan porositas dan berkurangnya ikatan antar partikel semen dengan crumb rubber. Meskipun demikian, campuran ini menunjukkan potensi untuk beton non-struktural yang memerlukan fleksibilitas dan tahanan benturan.

Hasil penelitian Murugan dan Natarjan (2015) menunjukkan bahwa dengan menambah Crumb rubber sebesar 0%, 5%, 15%, dan 25% dari volume pasir, kuat tekan berturut-turut meningkat. Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar di atas, penurunan kuat tekan sebesar 0.19%, 19.87%, dan 38.36% terjadi pada beton tanpa crumb karet.[7] Retak di sekitar partikel karet sangat cepat karena kurangnya daya rekat antara partikel karet dan partikel material penyusun beton lainnya, yang menyebabkan penurunan di atas.

**Tabel 8.** Kuat Tekan

Umur (Hari)	Variasi	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
28	0%	25,8
28	5%	12,7
28	15%	4,9
28	25%	3,9

**3.2. Modulus Elastisitas Beton**

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan bersamaan dengan pengujian kekuatan tekan silinder beton dengan menggunakan ekstensometer, juga dikenal sebagai dial gauge. Nilai modulus elastisitas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}, \text{ untuk beton normal.....(1)}$$

Dimana :  $E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa),  $f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa).  $W_c$  = Berat satuan beton ( $\text{kg/m}^3$ ).

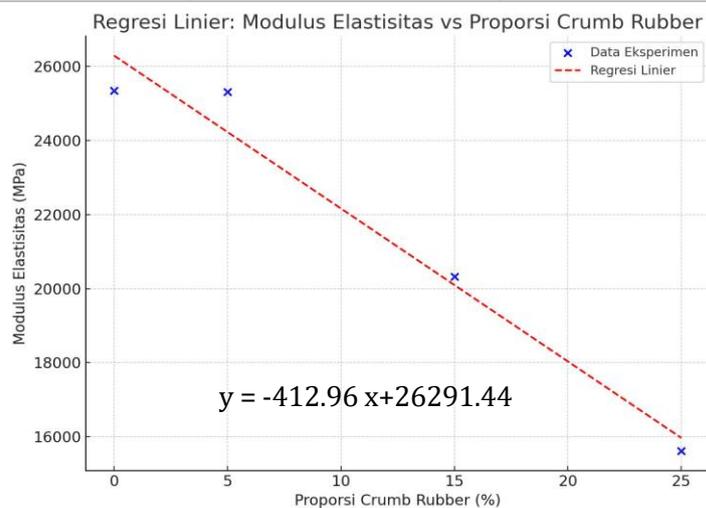
Menggunakan acuan ASTM C469 (2010) untuk pengujian standar modulus. elastisitas beton statis dan rasio poissons beton dalam kompresi. Gambar 4. menunjukkan dokumentasi dan hasil pengujian.



**Gambar 4.** Pengujian Modulus Elastisitas

**Tabel 9.** Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

No	Benda Uji		Ec (Mpa)	Penurunan (%)
1	NC 0%		25339.9	-
2	NCR 5 %	25306.3	0.192	
3	NCR 15%	20316.6	19.871	
4	NCR 25%	15619.8	38.360	



**Gambar 5.** Hubungan Modulus Elastisitas dengan Proporsi

### 3.3. Hasil Analisis Regresi

**Tabel 10.** Hasil Analisis regresi Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
KuatTekan	11,83	9,362960459781327	8
semen	4,75	0,001685	8
pasir	7,07	0,001488	8
crumb rubber	1,71	1,9697732	8
air	2,1587	0,0499821	8
Hari		28	

**Tabel 11.** Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimte	Change	Statistics	df1	df2
					R Square Change	F Change		
1	0,9	0,992	0,981		,992	92,09	4	3

Selection Criteria				
Sig. F Change	Akaike Information Criterion	Amemiya Prediction Criterion	Mallows' Prediction Criterion	Schwarz Bayesian Criterion
,002	6,172	,035	5,000	6,569

**Tabel 12.** ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	608,698	4	152,174	92,087	,002 <sup>b</sup>
	Residual	4,958	3	1,653		
	Total	613,655	7			

#### 3.3.1. Hasil dan Interpretasi Regresi Linier Berganda

Penelitian ini menyelidiki pengaruh variabel bebas seperti semen, pasir, crumb rubber, dan air terhadap kekuatan tekan beton. Perangkat lunak SPSS digunakan untuk melakukan analisis dengan menggunakan regresi linier berganda

#### 3.3.2. Ringasan Model

Menurut model, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,992 menunjukkan bahwa variasi kuat tekan beton sebesar 99,2% dapat disebabkan oleh perubahan pada keempat variabel bebas. Meskipun disesuaikan terhadap jumlah variabel prediktor, model tetap kuat, seperti yang ditunjukkan oleh nilai  $R^2$  yang disesuaikan sebesar 0,981. Selain itu, penyimpangan antara nilai aktual dan prediksi relatif kecil, seperti yang ditunjukkan oleh nilai standar kesalahan estimasi sebesar 1,285. Dengan nilai F 92,087 dan signifikansi p 0,002, model regresi ini dianggap signifikan secara statistik.

### 3.3.3. Anova (F Test)

Hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa model regresi secara keseluruhan signifikan pada taraf kepercayaan 95%, sebagaimana terlihat dari nilai  $\text{sig} = 0,002 < 0,05$ . Ini mengindikasikan bahwa setidaknya satu dari variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan beton.

**Tabel 13.** Koefisien Regresi dan Signifikansi

Variabel	Koefisien B	Sig.	Interpretasi
Semen	-1.041,114	0,175	Tidak signifikan pengaruh negatif
Pasir	-510,706	0,389	Tidak signifikan pengaruh negatif
Crumb rubber	-4,449	0,001	Signifikan pengaruh negatif
Air	94,665	0,010	Signifikan pengaruh positif

### 3.3.4. Multikolinieritas

Pengujian multikolinieritas dilakukan melalui analisis Tolerance dan Variance Inflation Factor (VIF). Semua nilai VIF berada di bawah 5, dengan nilai maksimum pada variabel semen sebesar 4,174, menunjukkan tidak terdapat multikolinieritas yang mengganggu dalam model.

### 3.3.5. Statistik Residual dan Asumsi Normalitas

Berdasarkan analisis residual:

- Residual berkisar dari -0,987 hingga +0,992 dengan rata-rata mendekati nol
- Standardized dan studentized residual dalam rentang aman (-2 hingga +2)
- Cook's Distance maksimum  $0,834 < 1$
- Leverage maksimum 0,647 masih dalam batas wajar

Grafik Normal P-P Plot menunjukkan titik residual mengikuti garis diagonal, sehingga asumsi normalitas residual terpenuhi.

Menurut hasil regresi, dua faktor utama yang memengaruhi kuat tekan beton adalah crumb rubber dan air. Crumb rubber memberikan pengaruh negatif, yang berarti bahwa semakin banyak crumb rubber yang ditambahkan, kuat tekan beton cenderung menurun. Ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menemukan bahwa sifat elastis crumb rubber mengurangi kohesi campuran beton. Sebaliknya, air memberikan pengaruh yang signifikan.

Namun, variabel yang berkaitan dengan semen dan pasir dalam model ini tidak menunjukkan efek yang signifikan. Adanya korelasi internal antara variabel bebas tersebut atau distribusi data yang terbatas dapat menyebabkan hal ini terjadi. Meskipun pasir dan semen secara teoritis memainkan peran penting dalam pembentukan beton yang kuat tekan, kontribusi mereka tidak terlihat signifikan secara statistik dalam model ini. Oleh karena itu, sangat disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan jumlah data yang lebih besar dan variasi yang lebih luas. Oleh karena itu, asumsi normalitas residual dapat diterima, dan model regresi yang digunakan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

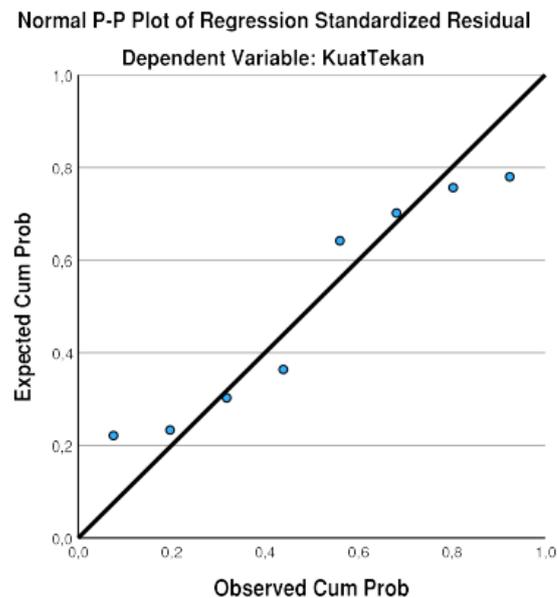
Kuat tekan beton dapat diprediksi dengan sangat akurat menggunakan model regresi linier berganda yang digunakan dalam penelitian ini. Sementara semen dan pasir tidak signifikan secara statistik, variabel crumb rubber dan air terbukti signifikan. Tidak ada gejala multikolinieritas yang signifikan, dan model memenuhi asumsi normalitas. Oleh karena itu, model ini dapat digunakan saat membangun campuran beton yang menggunakan crumb karet sebagai bahan pengganti.

### 3.4. Berat Jenis Daya Serap

Crumb rubber menurunkan berat jenis beton, menjadikannya lebih ringan dan meningkatkan daya serap air karena sifat material karet yang lebih porous dibanding agregat alami. Berat beton berkurang dari 12,6 kg (0%) menjadi 10,2 kg (25%). Pengurangan berat mencapai 19,4%, menjadikan beton lebih ringan untuk aplikasi non-struktural.

### 3.5. Analisis Visual

Retakan pada beton crumb rubber bersifat elastis, berbeda dengan retakan getas pada beton normal. Hal ini menunjukkan potensi crumb rubber dalam meningkatkan ketahanan terhadap deformasi.



**Gambar 6.** Hubungan Variabel dengan Kuat Tekan

Meskipun ada beberapa penyimpangan, sebagian besar titik dalam grafik ini terletak cukup dekat dengan diagonal. Namun, penyimpangan ini masih dalam rentang yang luas, terutama menunjukkan bahwa hanya ada 8 (N=8) sampel, sehingga variasi kecil dapat ditoleransi.

Interpretasi Grafik:

- Garis lurus diagonal pada grafik merupakan garis referensi (garis normal teoritis).
- Titik-titik biru menunjukkan distribusi residual standar dari model regresi.
- Jika titik-titik tersebut mendekati atau mengikuti garis lurus, maka asumsi bahwa residual menyebar secara normal terpenuhi.

## 4. KESIMPULAN

Penggunaan crumb rubber sebagai substitusi agregat halus dalam beton tidak bertulang memberikan dampak terhadap penurunan kuat tekan, namun memberikan keuntungan dari segi berat dan kemampuan menyerap air. Substitusi crumb rubber hingga 25% mengurangi berat beton hingga 19,4%. Penggunaan optimal berada pada variasi 5%, karena masih memenuhi kriteria beton non-struktural dengan keunggulan efisiensi material dan ramah lingkungan.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan crumb rubber menurunkan kuat tekan beton secara signifikan, namun memberikan manfaat pada fleksibilitas dan daya redam. Oleh karena itu, crumb rubber lebih cocok digunakan untuk beton non-struktural, seperti paving block, trotoar, atau dinding partisi.

## 5. REFERENSI

- [1] Badan Standardisasi Nasional, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002," *Bandung Badan Stand. Nas.*, p. 251, 2002.
- [2] Badan Pusat Statistic, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan (unit), 2022," Badan pusat Statistic. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VjJ3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFUMDkjMw==/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan--unit---2022.html?year=2022>
- [3] D. H. Setiaji, S. Riyanto, and D. Novianto, "Pengaruh Limbah Ban Karet Sebagai Substitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton," *J. JOS-MRK*, vol. 2, no. 2, pp. 175–181, 2021, doi: 10.55404/jos-mrk.2021.02.02.175-181.
- [4] D. R. Basri, A. H. Liontin, and M. Yazid, "Pengaruh Variasi Penambahan Semen Dan Perbedaan Suhu Saat Pencampuran Terhadap Mutu Beton," *Racic Rab Constr. Res.*, vol. 8, no. 2, pp. 344–351, 2023, doi: 10.36341/racic.v8i2.4014.
- [5] W. Ardiano Prakayuda, A. Halim, and C. Aditya, "Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton," *BOUWPLANK J. Ilm. Tek. Sipil dan Lingkung.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–47, 2022, doi: 10.31328/bouwplank.v1i2.222.
- [6] E. Tri, J. Simon, F. Phengkarsa, and O. J. Sanggaria, "Pengaruh Penambahan Remahan Karet ( Crumb Rubber ) Pada Campuran Beton Normal," vol. 6, no. 3, pp. 381–391, 2024.
- [7] M. Irpan, *Pengaruh Penambahan Hancuran Karet ( Crumb Rubber ) Pada Campuran Beton Terhadap Sifat*. 2021.