



Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan Limbah Ban Karet terhadap Karakteristik Mekanik dan Kemampuan Absorpsi Suara pada Panel Dinding Beton

***Sri Sumarni, Adi Putra Yusti, Chundakus Habsya**

Program Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,
Universitas Sebelas Maret, Surakarta

^{*)}srisumarni@staff.uns.ac.id

Received: 30 Juli 2024 Revised: 13 Februari 2025 Accepted: 26 Februari 2025

Abstract

This study explores the use of waste rubber tires as a substitute for fine aggregate in concrete wall panels to reduce environmental pollution and promote sustainable buildings with lightweight and sound-absorbing properties. This study aims to evaluate the effect of waste rubber tire replacement on bulk density, flexural strength, and sound absorption coefficient, while identifying the optimal percentage for the desired characteristics. The experiment varied the rubber tire content (5%, 10%, 15%, 20%, and 25%) as the independent variable, with specific gravity, flexural strength, and sound absorption as the dependent variables. The results show that increasing the percentage of waste rubber tires will decrease the concrete density, with a minimum concrete density of 1311.63 kg/m³ at 25% replacement. However, higher tire content will weaken the flexural strength, which peaks at 3.02 N/mm² at 5% replacement. On the other hand, the acoustic performance improves with more rubber content, reaching optimal sound absorption at 15% replacement, with a maximum coefficient of 0.22324 at 974 Hz.

Keywords: Bulk weight, flexural strength, sound absorption coefficient, concrete wall panels, crumb rubber

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan limbah ban karet sebagai pengganti agregat halus pada panel dinding beton untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan mendorong bangunan berkelanjutan dengan sifat ringan dan menyerap suara. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggantian limbah ban terhadap berat isi, kekuatan lentur, dan koefisien penyerapan bunyi, sekaligus mengidentifikasi persentase optimal untuk karakteristik yang diinginkan. Percobaan memvariasikan kandungan ban karet (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%) sebagai variabel bebas, dengan berat jenis, kuat lentur, dan serapan bunyi sebagai variabel terikat. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan persentase limbah ban akan menurunkan berat jenis beton, dengan berat jenis beton minimum sebesar 1311,63 kg/m³ pada penggantian 25%. Namun, kandungan ban yang lebih tinggi akan melemahkan kekuatan lentur, yang mencapai puncaknya pada 3,02 N/mm² dengan penggantian 5%. Di sisi lain, kinerja akustik meningkat dengan lebih banyak kandungan karet, mencapai penyerapan suara optimal pada penggantian 15%, dengan koefisien maksimum 0,22324 pada 974 Hz.

Kata kunci: Berat isi, kuat lentur, koefisien absorpsi bunyi, panel dinding beton, serbuk karet

Pendahuluan

Di Indonesia, urbanisasi yang cepat dan juga pembangunan infrastruktur telah meningkatkan permintaan akan bahan konstruksi, khususnya beton. Namun, hal ini menimbulkan kekhawatiran terkait penggunaan sumber daya alam yang

berlebihan dan pengelolaan limbah konstruksi yang tidak memadai (Liyantono *et al.*, 2022). Selain itu, peningkatan kebisingan di perkotaan seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia dan lalu lintas kendaraan menimbulkan kebutuhan mendesak akan material konstruksi yang tidak hanya kuat secara mekanik tetapi juga mempunyai kemampuan

penyerapan bunyi yang baik. Penggunaan bahan alternatif dapat menjadi solusi untuk mengatasi masalah tersebut.

Banyak material alternatif yang sedang diteliti bersumber dari limbah ramah lingkungan. Limbah ramah lingkungan tersebut berperan sebagai bahan pengganti agregat beton yang berpengaruh terhadap karakteristik beton. Inovasi baru serat dari sabut kelapa sebagai penguat komposit (Hastuti *et al.*, 2021). Pengantian agregat kasar dengan limbah batu marmer pada campuran beton perkerasan kaku dapat meningkatkan kekuatan tekan dan lentur beton (Saputro *et al.*, 2022). Bahan tambah serat ijuk pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik belah beton (Zulkarnain *et al.*, 2023). Limbah plastik sebagai ekobrick (Kadarningsih *et al.*, 2021).

Selain limbah tersebut, limbah ban karet di Indonesia melimpah, karena hampir setiap masyarakat di berbagai wilayah memiliki kendaraan untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Dengan demikian permintaan produksi ban di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut data Kementerian Perindustrian, hingga tahun 2019 terdapat 16 produsen ban dengan kapasitas produksi terpasang sebesar 211,49 juta unit untuk ban luar dan 225,13 juta unit untuk ban dalam. Tingkat utilisasi produksi mencapai 87,9% dan 70%, dengan sebagian besar hasil produksinya diekspor (Kartasasmita, 2020).

Material ramah lingkungan yang banyak diteliti hingga saat ini yaitu pemanfaatan material limbah ban karet untuk konstruksi yang mampu berperan sebagai bahan pengganti agregat pada material aspal (Faruqi *et al.*, 2023), (Mulyani *et al.*, 2019) maupun beton (Ren *et al.*, 2022a), (Faruqi *et al.*, 2023). *Crumb rubber* sendiri merupakan serbuk limbah ban karet dengan modulus elastisitas sekitar 0,77 – 1,33 MPa dan densitas rendah antara 1,08 – 1,27 t/m³, material ini berpotensi menjadi alternatif agregat beton yang ramah lingkungan (Irmawaty & Muhaimin, 2015). Ada kelebihan dan kekurangan dengan pemanfaatan material tersebut. Beton yang dimodifikasi dengan serbuk karet memiliki porositas tinggi dan faktor ketahanan beku-cair tinggi, namun tidak memiliki efek positif pada ketahanan sulfat, kuat tekan dan modulus elastisitas (Grinys *et al.*, 2020).

Beton dengan bahan serbuk karet sangat tahan terhadap lingkungan yang agresif (Fathy *et al.*, 2023), penyerapan air tinggi (Assaggaf *et al.*, 2022a), kinerja ketahanan beton baik pada komposisi serbuk karet 5% (Ataria & Wang, 2022). Ditinjau dari resistivitas termal dan penyerapan suara, beton dengan campuran serbuk karet dapat

meningkatkan kinerja (Bala & Gupta, 2021), (Svoboda *et al.*, 2021), (Algaifi *et al.*, 2024). Meskipun telah dilakukan banyak penelitian untuk menemukan solusi yang lebih ramah lingkungan dalam industri beton, sebagian besar studi fokus untuk bahan bangunan struktural saja karena memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan bangunan yang lainnya, sedangkan untuk bahan bangunan non struktural masih terbatas.

Panel dinding beton adalah salah satu contoh pemanfaatan beton sebagai material konstruksi non-struktural yang umum digunakan. Penelitian ini menawarkan solusi dengan memanfaatkan limbah ban karet sebagai substitusi agregat halus dalam campuran panel dinding beton, untuk mengevaluasi sifat mekanik dan akustik secara bersamaan. Penggunaan limbah ban karet diharapkan tidak hanya mengurangi ketergantungan pada sumber daya alam dan volume limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir, tetapi juga dapat meningkatkan kemampuan penyerapan bunyi dari beton, menjadikannya lebih efektif untuk aplikasi di lingkungan perkotaan yang padat dan bising.

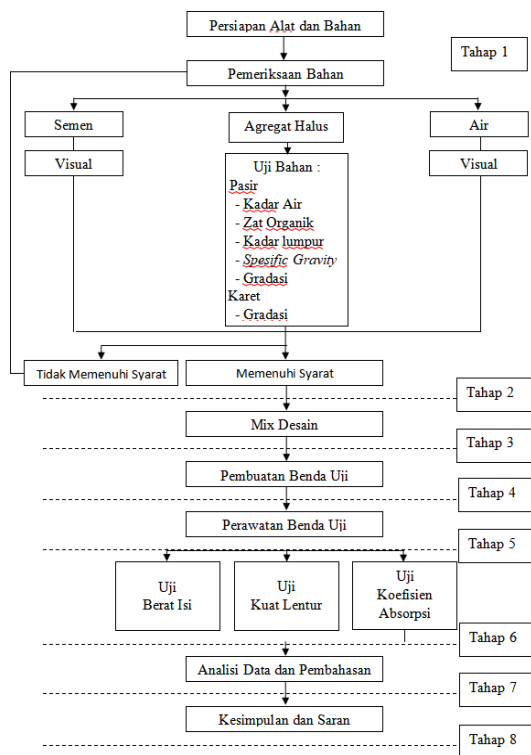
Urbanisasi yang pesat di Indonesia meningkatkan kebutuhan beton, menyebabkan eksploitasi sumber daya alam dan akumulasi limbah konstruksi, termasuk limbah ban karet yang masih kurang dimanfaatkan. Selain aspek keberlanjutan, beton berbahan serbuk karet berpotensi meningkatkan penyerapan bunyi dan resistivitas termal, namun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan sifat mekaniknya. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan solusi inovatif untuk mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi material konstruksi, serta mengatasi masalah kebisingan di lingkungan perkotaan yang padat.

Penelitian ini memberikan beberapa kontribusi. Pertama, menyediakan alternatif bahan konstruksi yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah ban karet. Kedua, menyediakan data empiris mengenai dampak penggantian limbah ban karet pada sifat mekanik dan akustik beton. Ketiga, menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi masalah kebisingan di daerah perkotaan dengan menggunakan beton yang memiliki kemampuan penyerapan bunyi yang lebih baik. Sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung praktik konstruksi yang berkelanjutan dan meningkatkan kualitas hidup di lingkungan perkotaan.

Metode

Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan tahap penelitian meliputi: pengujian bahan, pembuatan, perawatan, dan pengujian sampel, seperti pada Gambar 1. Variasi

persentase penambahan limbah ban karet sebagai pengganti agregat halus pada panel dinding beton merupakan variabel bebas. Variasi persentase penambahan limbah ban karet yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat agregat halus. Variabel terikat berupa benda uji hasil pengujian berat isi, kekuatan lentur dan koefisien serapan bunyi beton pada umur 28 hari. Sedangkan benda uji yang dibuat tanpa menambahkan serat limbah dari ban karet merupakan variabel.



Gambar 1. Prosedur penelitian

Pengujian bahan

Pengujian agregat halus meliputi: uji kadar air, uji kadar zat organik, uji kadar lumpur, berat jenis, absorpsi, dan gradasi. Data hasil pengujian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengujian pasir

Uji bahan	Nilai	Standar
Kadar air	2,93%	1 - 3%
Kadar zat organik	0%	-
Kadar lumpur	2,83%	< 5%
Bulk specific gravity SSD	2,52	2,5-2,7
Absorpsi	1,09%	Max 5%
Modulus kehalusan	3,8	1,5-3,8
Gradasi	Daerah II	

Nilai modulus kehalusan pasir sebesar 3,8 telah memenuhi persyaratan, dan hasil pengujian gradasi menunjukkan bahwa pasir termasuk dalam Zona II,

sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1. Seluruh hasil pengujian agregat halus, dapat disimpulkan bahwa pasir tersebut layak digunakan sebagai bahan campuran untuk pembuatan panel dinding beton.

Mix desain

Perhitungan rencana adukan menggunakan metode perancangan menurut Road Note No.4. Sampel penelitian adalah benda uji dengan bentuk silinder sebanyak 24 buah dengan dimensi diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sesuai standar (SNI-1974, 2011), untuk pengujian berat isi. Benda uji dengan bentuk balok sebanyak 24 buah dengan dimensi lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60 cm sesuai standar (SNI-03-4154, 1996) untuk pengujian kuat lentur. Benda uji dengan bentuk silinder sebanyak 4 buah dengan dimensi diameter 10 cm dan tinggi 3 cm sesuai standar (ASTM E 1050, 1998) pada pengujian koefisien absorpsi bunyi. Kode sampel seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kode benda uji

Penambahan limbah ban karet (%)	Berat isi	Kuat lentur	Koefisien absorpsi bunyi
0	A-1	A-1	A-1
	A-2	A-2	
	A-3	A-3	
	A-4	A-4	
5	B-1	B-1	B-1
	B-2	B-2	
	B-3	B-3	
	B-4	B-4	
10	C-1	C-1	C-1
	C-2	C-2	
	C-3	C-3	
	C-4	C-4	
15	D-1	D-1	D-1
	D-2	D-2	
	D-3	D-3	
	D-4	D-4	
20	E-1	E-1	E-1
	E-2	E-2	
	E-3	E-3	
	E-4	E-4	
25	F-1	F-1	F-1
	F-2	F-2	
	F-3	F-3	
	F-4	F-4	

Pembuatan benda uji

Untuk uji berat isi, benda uji berupa silinder beton sebanyak 24 dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (SNI-1973:2008), untuk uji kuat lentur, benda uji berupa balok sebanyak 24 dengan dimensi lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60 cm (SNI 03-2493-1991) dan untuk uji koefisien absorpsi bunyi,

benda uji berupa silinder beton sebanyak 24 benda uji dengan diameter 10 cm dan tinggi 3 cm (ASTME E-1050-98).

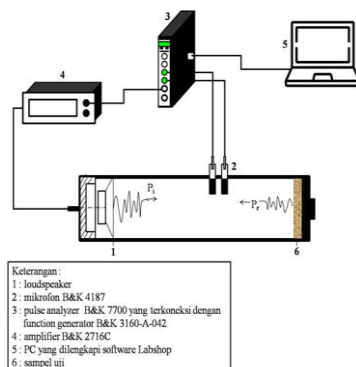
Perawatan

Pada tahap ini dilakukan perawatan benda uji sesuai SNI-03-2493-1991. Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan.

Pengujian

Pengujian mekanik beton berguna untuk mengetahui karakteristik beton yang meliputi berat jenis, kuat lentur, dan absorpsi bunyi, sedangkan pengujian koefisien absorpsi bunyi beton untuk mengetahui daya serapan bunyi yang mampu ditahan oleh beton sesuai standar SNI dan ASTM.

Langkah-langkah pengujian koefisien absorpsi bunyi panel disajikan dalam Gambar 2 dengan uraian sebagai berikut: menyiapkan alat uji dan benda uji, meletakkan benda uji di dalam alat uji, menyalakan alat uji, melakukan pengujian dengan tahap-tahap sebagai berikut : 1) Mengoprasikan *software labshop* pada PC, 2) Random noise dari frekuensi 0 – 1600 Hz dibangkitkan dari *function generator* B&K 3160-A-042. 3) *Random noise* diperkuat oleh *amplifier* B&K tipe 2716C. 4) Tahap empat dan *detail loudspeaker*, gelombang bunyi di keluarkan oleh *loudspeaker* mengarah ke benda uji. Tahap empat dan detail benda uji, sebagian energi bunyi diserap benda uji dan sebagian lagi dipantulkan. Tahap empat dan detail mikrofon B&K 4187, sebagian energi bunyi yang dipantulkan akan ditangkap oleh dua buah mikrofon B&K 4187. (5) Hasil pengukuran mikrofon akan diteruskan ke *pulse analyser* 7700 dan kemudian diolah. (6) Data hasil oleh *software labshop* pada PC.



Gambar 2. Pengujian koefisien absorpsi bunyi

Dalam penelitian ini dilakukan tiga buah pengujian. Pengujian berat isi panel dinding beton menggunakan standar SNI 1973:2008. Pengujian

kuat lentur panel dinding beton menggunakan standar SNI 03- 4154-1996 dan pengujian koefisien absorpsi bunyi panel dinding beton menggunakan standar ASTM E-1050-98.

Teknik analisis data

Analisis data menggunakan analisis regresi linear sederhana untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh limbah dari ban karet sebagai pengganti agregat halus terhadap berat jenis dan kuat lentur panel dinding beton. Sedangkan analisis data nilai berat jenis, kekuatan lentur, dan koefisien absorpsi bunyi pada panel dinding beton menggunakan analisis deskriptif.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian berat isi panel dinding beton

Berat isi panel dinding beton merupakan berat panel dinding beton segar yang terdapat pada cetakan atau bekisting setelah adukan panel dinding beton dituangkan. Pengujian berat isi panel dinding beton diperoleh dari benda uji panel dinding beton berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji yang digunakan sebanyak 24 buah. Hasil pengujian berat isi panel dinding beton disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji berat isi

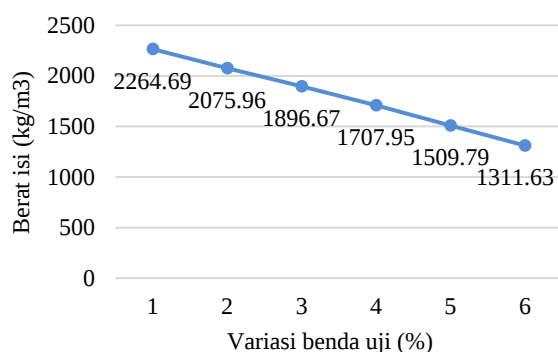
Kode Benda uji	Limbah ban karet (%)	Berat isi (kg/m^3)	Rata-rata berat isi (kg/m^3)
A-1	0	2245,81	2264,69
A-2	0	2245,81	
A-3	0	2283,56	
A-4	0	2283,56	
B-1	5	2057,09	2075,96
B-2	5	2075,96	
B-3	5	2075,96	
B-4	5	2094,83	
C-1	10	1906,11	1896,67
C-2	10	1887,24	
C-3	10	1887,24	
C-4	10	1906,11	
D-1	15	1679,64	1707,95
D-2	15	1717,39	
D-3	15	1755,13	
D-4	15	1679,64	
E-1	20	1490,92	1509,79
E-2	20	1509,79	
E-3	20	1490,92	
E-4	20	1547,53	
F-1	25	1283,32	1311,63
F-2	25	1302,19	
F-3	25	1377,68	
F-4	25	1283,32	

Tabel 4. Hasil regresi linier sederhana berat isi

Model summary and parameter estimates					
Dependent Variable: limbah ban karet					
Model summary					
	R				
Equation	Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.994	3593.01	1	22	.000
The independent variable is berat isi					

Berdasarkan hasil analisis regresi linier sederhana (Tabel 4) diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($3593,008 > 4,301$) dan signifikansi $0,00 < 0,05$, artinya bahwa limbah ban karet sebagai pengganti sebagian agregat halus dengan variasi yang berbeda-beda (variabel bebas) berpengaruh signifikan terhadap berat isi pada panel dinding beton (variabel terikat). Dari nilai R_{square} yang diperoleh yaitu 0,994 dapat diketahui penggantian limbah ban karet mampu mempengaruhi berat isi panel dinding beton sebesar 99,4%. Dengan R^2 yang sangat tinggi menunjukkan bahwa penggantian agregat halus dengan limbah ban karet merupakan faktor yang sangat dominan dalam memengaruhi berat isi panel beton. Ini menegaskan bahwa limbah ban karet dapat menjadi bahan alternatif yang efektif, terutama untuk mencapai berat beton yang lebih ringan atau sesuai kebutuhan proyek konstruksi tertentu.

Hasil pengujian berat isi menunjukkan bahwa variasi limbah ban karet berpengaruh negatif terhadap nilai berat isi (Gambar 3). Nilai berat isi untuk setiap variasi menunjukkan bahwa semakin besar variasi limbah dari ban karet maka berat isi pada panel dinding beton yang dihasilkan akan semakin menurun.



Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi persentase limbah ban karet dengan berat isi

Menurut (SNI 03 – 2847, 2002), substitusi agregat halus dengan serbuk limbah ban karet pada variasi 0% dan 5% belum memenuhi syarat batas berat isi beton ringan. Sementara itu, variasi 10%, 15%, 20%, dan 25% memenuhi persyaratan berat isi beton ringan, yaitu kurang dari 1900 kg/m³. Penyebab terjadinya penurunan berat isi panel dinding beton adalah berat isi karet yang lebih kecil

daripada agregat halus (pasir). Berat isi ban karet adalah 1,27 t/m³ (Najib & Nadia, 2014), sedangkan berat isi agregat halus adalah 1,85 t/m³, sehingga semakin besar variasi penggantian agregat halus dengan limbah ban karet maka akan semakin kecil berat isi panel dinding beton yang dihasilkan. Berat isi beton mengalami penurunan seiring dengan penambahan crumb rubber, karena berat jenis *crumb rubber* lebih ringan dibandingkan dengan agregat halus (Nurchasanah *et al.*, 2022; Setiawan *et al.*, 2021; Assaggaf *et al.*, 2022b).

Pengujian kekuatan lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan pada panel dinding beton yang telah mencapai umur 28 hari. Benda uji kuat lentur pada panel dinding beton berbentuk balok dengan ukuran diameter 15 x 15 x 60 cm. Jumlah benda uji kuat lentur sebanyak 24 buah. Hasil dari pengujian kekuatan lentur akan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kuat lentur

Kode benda uji	Limbah ban karet (%)	Berat isi (N/mm²)	Rata-rata berat isi (N/mm²)
A-1	0	4,16	4
A-2	0	3,92	
A-3	0	3,84	
A-4	0	4,06	
B-1	5	3,08	3,02
B-2	5	2,96	
B-3	5	3,24	
B-4	5	2,8	
C-1	10	2,58	2,38
C-2	10	2,3	
C-3	10	2,44	
C-4	10	2,2	
D-1	15	1,64	1,83
D-2	15	1,77	
D-3	15	1,99	
D-4	15	1,92	
E-1	20	0,82	1,02
E-2	20	1,14	
E-3	20	1	
E-4	20	1,12	
F-1	25	0,38	0,33
F-2	25	0,32	
F-3	25	0,32	
F-4	25	0,3	

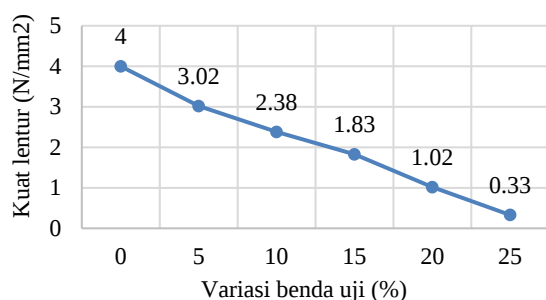
Hasil regresi linier sederhana diperoleh nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($1359,041 > 4,301$) dan signifikansi $0,00 < 0,05$ (Tabel 6), artinya limbah ban karet yang digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus dengan berbagai variasi (variabel bebas) memiliki dampak signifikan terhadap kuat lentur panel dinding beton (variabel terikat). Berdasarkan nilai

R_{square} yaitu 0,984 dapat diketahui penggantian limbah ban karet mampu mempengaruhi kekuatan lentur pada panel dinding beton sebesar 98,4%. Nilai R^2 yang sangat tinggi ini menunjukkan bahwa penggantian agregat halus dengan limbah ban karet merupakan faktor yang sangat dominan dalam memengaruhi kuat lentur panel beton. Hal ini menegaskan bahwa limbah ban karet dapat menjadi bahan alternatif yang efektif, terutama untuk mencapai berat beton yang lebih ringan atau sesuai kebutuhan proyek konstruksi tertentu.

Tabel 6. Hasil regresi linier sederhana kuat lentur

<i>Model Summary and Parameter Estimates</i>					
<i>Dependent Variable: limbah ban karet</i>					
<i>Model summary</i>					
Equation	R Square	F	df1	df2	Sig.
Linear	.984	1359,04	1	22	.000
<i>The independent variable is kuat lentur</i>					

Hasil pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa variasi penambahan limbah ban karet mempunyai pengaruh negatif terhadap nilai kekuatan lentur panel dinding beton. Nilai kuat lentur panel dinding beton untuk setiap variasi 0% sebesar 4,00 MPa, 5% sebesar 3,02 MPa, 10% sebesar 2,38 MPa, 15% sebesar 1,83 MPa, 20% sebesar 1,02 MPa, 25% sebesar 0,33 MPa yaitu artinya semakin besar variasi limbah ban karet maka kuat lentur panel dinding beton yang dihasilkan akan semakin menurun (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik hubungan antara variasi persentase limbah ban karet sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat lentur.

Berdasarkan (SNI-03-3122,1992), didapat bahwa penggantian limbah ban karet sebagai agregat halus dengan variasi mulai 0, 5, 10 15 % termasuk dalam persyaratan kuat lentur panel dinding beton mutu A, sedangkan variasi 20%, 25% tidak termasuk dalam persyaratan kuat lentur panel dinding beton mutu A yaitu sebesar $>1,37$ MPa. Penyebab terjadinya penurunan kuat lentur adalah sifat permukaan halus pada potongan ban karet mengurangi daya rekatnya dengan semen. Berkurangnya rekatannya tersebut yang menyebabkan menurunnya kuat tekan beton.

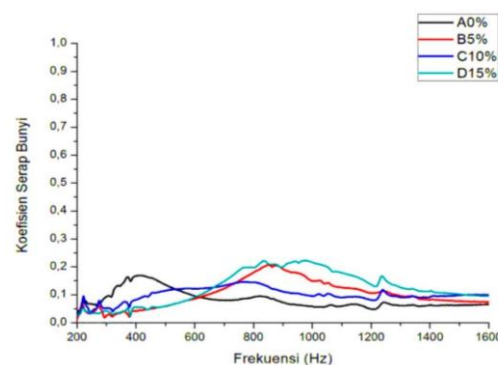
menurunnya kuat lentur panel dinding beton adalah karena ikatan antara partikel karet dan pasta semen tidak sekuat dengan ikatan pasir dengan pasta semen (Thomas *et al.*, 2014); (Yansiku, 2018). Alasan di atas diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang menggunakan limbah ban karet sebagai pengganti pasir alam, dalam penelitiannya mengatakan bahwa adanya penurunan kuat lentur beton dengan penggantian 10% dan 20% karet dari agregat halus yang masing-masing berkurang 3% dan 16% (Ren *et al.*, 2022b), (Yansiku, 2018), (Mo *et al.*, 2022).

Pengujian koefisien absorpsi

Pengujian koefisien absorpsi bunyi dilakukan pada panel dinding beton yang telah mencapai umur 28 hari. Benda uji koefisien absorpsi bunyi dinding beton berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 3 cm. Jumlah benda koefisien absorpsi bunyi sebanyak 4 buah. uji koefisien absorpsi bunyi dengan alat uji tabung impedansi dua mikrofon dengan Data diolah menggunakan perangkat lunak *B&K labshop software* dan *pulse material testing* untuk menganalisis serapan bunyi, serta *Origin 8* untuk penyajian grafik. Pengujian dilakukan pada frekuensi antara 200 Hz – 1600 Hz. Hasil dari pengujian koefisien absorpsi bunyi disajikan pada Tabel 7 dan Gambar 5.

Tabel 7. Koefisien serapan bunyi maksimal

Kode benda uji	Limbah ban karet (%)	Koefisien absorpsi maksimal	Frekuensi (Hz)
A -1	-	0,16906	414
B -1	5%	0,20701	850
C -1	10%	0,14654	758
D -1	15%	0,22324	976



Gambar 5. Hasil pengujian koefisien absorpsi bunyi panel dinding beton.

Dari data tersebut dapat diketahui terdapat perbedaan besar nilai koefisien absorpsi setiap variasi benda uji yang berkinerja pada frekuensi 200 – 1600 Hz, artinya terdapat pengaruh antara variasi penggunaan limbah ban karet dengan kuat lentur

panel dinding beton. Dari deskripsi pada pengujian hipotesis adalah bahwa variasi limbah ban karet berpengaruh positif karena dari setiap variasi benda uji memiliki besar nilai koefisien absorpsi bunyi di atas standar koefisien panel dinding beton yaitu sebesar 0,02. Besar nilai koefisien absorpsi bunyi untuk masing masing variasi yaitu variasi 0% sebesar 0,16906 yang berkinerja pada frekuensi 414 Hz, variasi 5% sebesar 0,20701 yang berkinerja pada frekuensi 850 Hz, variasi 10% sebesar 0,14654 yang berkinerja pada frekuensi 758, variasi 15% sebesar 0,22324 yang berkinerja pada frekuensi 976 Hz. Hal ini artinya semakin besar variasi limbah ban karet maka besar nilai koefisien absorpsi panel dinding beton yang dihasilkan akan semakin besar.

Hal ini seiring dengan hasil riset-riset yang telah dilakukan yaitu bahwa penggunaan *crumb rubber* meningkatkan porositas beton, yang berkontribusi pada peningkatan daya serap bunyi (Assaggaf *et al.*, 2021). Beton dengan *treated crumb rubber* memiliki sifat akustik lebih baik karena distribusi partikel yang meredam gelombang suara (Assaggaf *et al.*, 2022). Beton dengan agregat daur ulang dan *crumb rubber* memiliki performa akustik yang lebih baik dibandingkan beton konvensional (Wang & Du, 2020). Bending beam pada beton *crumb rubber* menghasilkan emisi akustik yang lebih rendah, menunjukkan peningkatan kemampuan beton dalam meredam energi suara (Han *et al.*, 2019). Kombinasi *crumb rubber* dan serat basalt meningkatkan sifat mekanik beton sekaligus memberikan perilaku akustik yang unggul (Liu *et al.*, 2020). Disimpulkan bahwa dengan substitusi *crumb rubber* dapat meningkatkan daya serap bunyi pada beton,

Penyebab naiknya koefisien absorpsi panel dinding beton adalah koefisien absorpsi karet yang lebih besar daripada beton yang hanya menggunakan agregat halus (pasir). Koefisien absorpsi karet yang berkinerja pada frekuensi 200 – 1600 Hz adalah 0,37 sedangkan koefisien absorpsi beton yang berkinerja pada frekuensi 200 – 1600 Hz adalah 0,02, sehingga semakin besar variasi penggantian agregat halus dengan limbah ban karet maka akan semakin besar koefisien absorpsi panel dinding beton yang dihasilkan. Koefisien absorpsi panel dinding beton naik pada setiap penambahan *crumb rubber* dikarenakan koefisien absorpsi karet yang lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien absorpsi beton. Penggantian parsial agregat halus dengan *crumb rubber* meningkatkan kemampuan beton dalam menyerap energi suara karena sifat elastis karet yang meredam gelombang akustik. (Assaggaf *et al.*, 2021), (Assaggaf *et al.*, 2022). Koefisien absorpsi tinggi, seperti karet, efektif dalam meredam gelombang suara. (Reynolds, 1981). Selain itu, semakin tinggi persentase

penggantian agregat halus dengan limbah ban karet, semakin banyak pori yang terbentuk pada panel dinding beton, yang berkontribusi pada peningkatan kemampuan panel dalam meredam gelombang bunyi. Ketika suara memasuki bahan-bahan berserat dan berpori akan menyebabkan amplitudonya menurun karena gesekan gelombang yang bergerak melalui saluran berliku-liku. Dengan demikian energi akustik diubah menjadi energi panas (Siahaan & Darianto, 2020), Bahan berserat dan berpori efektif meredam suara karena struktur internalnya yang kompleks memecah gelombang bunyi dan memfasilitasi konversi energi akustik menjadi panas (Cinthya, 2019).

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan limbah ban karet sebagai pengganti agregat halus berdampak positif pada peningkatan berat isi panel dinding beton hingga 99,4%. Sebaliknya, substitusi ini memberikan pengaruh negatif terhadap kuat lentur panel, dengan penurunan sebesar 98,4%. Proporsi optimal penggantian agregat halus dengan limbah ban karet sebesar 25% menghasilkan berat isi minimum panel dinding beton, yakni 1311,63 kg/m³. Persentase optimal penggantian agregat halus dengan limbah ban karet untuk mencapai kuat lentur tertinggi pada panel dinding beton adalah 5%, dengan kuat lentur yang dihasilkan sebesar 3,02 N/mm². Penggantian agregat halus dengan limbah ban karet berpengaruh positif terhadap koefisien absorpsi panel dinding beton. Persentase penggantian agregat halus dengan limbah ban karet untuk mencapai koefisien absorpsi maksimal panel dinding beton pada persentase 15% dengan menghasilkan koefisien absorpsi panel dinding beton sebesar 0,22324.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Universitas Sebelas Maret atas fasilitas yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Agus Gumiwang Kartasasmita. (2020). *Investasi Industri Ban Bergeliat*.
https://www.kemenperin.go.id/artikel/21983/Investasi-Industri-Ban-Bergeliat?utm_source=chatgpt.com
- Algaifi, H. A., Syamsir, A., Baharom, S., Alrshoudi, F., Qaid, A., Al-Fakih, A. M., Mhaya, A. M., & Salah, H. A. (2024). Assessment of acoustic and mechanical properties in modified rubberized concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 20(March), e03063.

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03063>

Assaggaf, R. A., Al-Dulaijan, S. U., Maslehuddin, M., Al-Amoudi, O. S. B., Ahmad, S., & Ibrahim, M. (2022a). Effect of different treatments of crumb rubber on the durability characteristics of rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 318, 126030.

Assaggaf, R. A., Ali, M. R., Al-Dulaijan, S. U., & Maslehuddin, M. (2021). Properties of concrete with untreated and treated crumb rubber – A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 11, 1753–1798.

<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.02.019>

Assaggaf, R., Maslehuddin, M., Al-Osta, M. A., Al-Dulaijan, S. U., & Ahmad, S. (2022b). Properties and sustainability of treated crumb rubber concrete. *Journal of Building Engineering*, 51(December 2021), 104250.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104250>

ASTM E 1050. (1998). Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system. *American Society for Testing of Materials, C*, 1–12.

Ataria, R. B., & Wang, Y. C. (2022). Mechanical Properties and Durability Performance of Recycled Aggregate Concrete Containing Crumb Rubber. *Materials*, 15(5).

<https://doi.org/10.3390/ma15051776>

Bala, A., & Gupta, S. (2021). Thermal resistivity, sound absorption and vibration damping of concrete composite doped with waste tire Rubber: A review. *Construction and Building Materials*, 299, 123939.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123939>

Cinthyia, A. (2019). *Akustik Interior Tandan Pisang Sebagai Panel Akustik untuk Interior*. Fakultas Seni Rupa Dan Desain Universitas Tarumanagara.

Faruqi, M. A., Mohammed, B. S., Anwar, A., Dharmawansyah, D., & Hermansyah, H. (2023). The Influence of Crumb Rubber and Cement Inclusions Containing Graphene Oxide on the Physical and Mechanical Properties of Soil. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 29(1), 123–131.

<https://doi.org/10.14710/mkts.v29i1.38232>

Fathy, F., Mansour, Y., Sabry, H., Refat, M., & Wagdy, A. (2023). Virtual reality and machine learning for predicting visual attention in a daylight exhibition space: A proof of concept. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102098.

<https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.102098>

Grinys, A., Augonis, A., Daukšys, M., & Pupeikis, D. (2020). Mechanical properties and durability of rubberized and SBR latex modified rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 248, 118584.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118584>

Han, Q., Yang, G., Xu, J., Fu, Z., Lacidogna, G., & Carpinteri, A. (2019). Acoustic emission data analyses based on crumb rubber concrete beam bending tests. *Engineering Fracture Mechanics*, 210(February 2018), 189–202.

<https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2018.05.016>

Hastuti, S., Budiono, H. S., Ivadiyanto, D. I., & Nahar, M. N. (2021). Peningkatan Sifat Mekanik Komposit Serat Alam Limbah Sabut Kelapa (Cocofiber) yang Biodegradable. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 6(1), 30–37.

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v6i1.2257>

Irmawaty, R., & Muhaimin, A. A. (2015). *Studi Perilaku Mekanik Beton Crumb Rubber* [Universitas Hasanuddin, Makasar].

<https://core.ac.uk/download/pdf/77624555.pdf>

Kadarningsih, R., Patuti, I. M., & Alitu, A. (2021). Pemanfaatan Botol Plastik Bekas Dan Sampah Plastik Untuk Bahan Konstruksi (Ecobrick) Sebagai Upaya Pengurangan Limbah Plastik. *Jurnal Sibermas (Sinergi Pemberdayaan Masyarakat)*, 10(1), 230–237.

<https://doi.org/10.37905/sibermas.v10i1.8286>

Liu, H., Li, W., Luo, G., Liu, S., & Lyu, X. (2020). Mechanical properties and fracture behavior of crumb rubber basalt fiber concrete based on acoustic emission technology. *Sensors (Switzerland)*, 20(12), 1–21.

<https://doi.org/10.3390/s20123513>

Liyantono, Setiawan, Y., Lasriama Siahaan, Permatasari, P. A., Trissanti, V. N., Firmansyah, F. S., Amalo, L. F., Prayoga, G., Prasetyo, L. B., Abidin, Z., & Syartinilia. (2022). Status Lingkungan Hidup Indonesia 2022. In *Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia*.

Mo, J., Ren, F., Ye, Y., Tian, S., & Lai, C. (2022). Effect of different crumb rubber particle sizes on the flexural properties of crumb rubber concrete. *Materials Letters*, 326(August), 132960.

<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132960>

Mulyani, S., Nono, N., & Suaryana, N. (2019). Kajian Penambahan RejIRE pada Aspal Modifikasi Crumb Rubber serta Kinerjanya pada Campuran

- Beraspal Panas. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 24(2), 148.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v24i2.18996>
- Najib, M. A., & Nadia. (2014). Beton Normal Dengan Menggunakan Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Konstruksia*, 6, 95–102.
- Nurchasanah, Y., Rochman, A., Handayani, N. K., Irianto, R. A., & Sulisty, A. T. (2022). Pemanfaatan Crumb Rubber Dan Rubber Chip Dari Limbah Ban Bekas terhadap Sifat Mekanis Beton. *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, 194-197.
- Ren, F., Mo, J., Wang, Q., & Ho, J. C. M. (2022a). Crumb rubber as partial replacement for fine aggregate in concrete: An overview. *Construction and Building Materials*, 343(June), 128049.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128049>
- Ren, F., Mo, J., Wang, Q., & Ho, J. C. M. (2022b). Crumb rubber as partial replacement for fine aggregate in concrete: An overview. *Construction and Building Materials*, 343(March), 128049.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.128049>
- Reynolds, D. D. (1981). *Engineering Principles of Acoustics, Noise and Vibration Control*. Allyn and Bacon,.
<http://archive.org/details/engineeringprincOOreyn>
- Saputro, M. Y. E., Hasanuddin, A., & Nurtanto, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Agregat Kasar pada Campuran Beton Perkerasan Kaku yang Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 7(1), 93–103.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33366/rekabua.na.v7i1.3091>
- Setiawan, A., Sugiarto, A., & Riyanto, S. (2021). Penggunaan Limbah Ban Bekas Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Bata Beton Ringan Ditinjau Kuat Tekannya. *Jurnal JOS-MRK*, 2(3), 156–161.
<https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2021.02.03.156-161>
- Siahaan, M. Y. R., & Darianto, D. (2020). Karakteristik Koefisien Serap Suara Material Concrete Foam Dicampur Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Impedance Tube. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, 4(1), 85–93.
<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i1.3823>
- SNI-03-3122. (1992). Panel Beton Ringan Berserat. *Badan Standardisasi Nasional*, 10.
- SNI-03-4154. (1996). Metode Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Balok Uji Sederhana yang di bebani Terpusat Langsung. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 37–72.
- SNI-1974. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder, SNI 1974-2011. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 03 – 2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. *Bandung: Badan Standardisasi Nasional*, 251.
- Svoboda, J., Dvorský, T., Václavík, V., Charvát, J., Máčalová, K., Heviánková, S., & Janurová, E. (2021). Sound-absorbing and thermal-insulating properties of cement composite based on recycled rubber from waste tires. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6).
<https://doi.org/10.3390/app11062725>
- Thomas, B. S., Gupta, R. C., Kalla, P., & Cseteneyi, L. (2014). Strength, abrasion and permeation characteristics of cement concrete containing discarded rubber fine aggregates. *Construction and Building Materials*, 59, 204–212.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.074>
- Wang, J., & Du, B. (2020). Experimental studies of thermal and acoustic properties of recycled aggregate crumb rubber concrete. *Journal of Building Engineering*, 32(September), 101836.
<https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101836>
- Yansiku, S. I. (2018). Perilaku Kekuatan Beton dengan Partikel Gelas dan Karet Ban Bekas Sebagai Pengganti Pasir Alam. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 03(01), 1–10.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsil/article/view/15280>
- Zulkarnain, F., Enzelya, D., & Lubis, A. (2023). Pemanfaatan Serat Ijuk dan Sikacim Concrete Additive sebagai Bahan Tambah pada Campuran Beton ditinjau dari Kuat Tarik Belah (Utilization of Palm Fiber and Sikacim Concrete Additive as Additional Materials in Concrete Mixtures Viewed From the Strength of . 8(1), 1–15.
<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.3371>