

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET SOL SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KUAT LENTUR

Ismi Hasna Aرسالani¹, Asep Kurnia Hidayat¹, Rosi Nursani¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Kota Tasikmalaya, Indonesia

*)Penulis korespondensi: Ismi Hasna Aرسالani (ismihasma88@gmail.com)

Received: 14 Januari 2023 Revised: 19 Januari 2023 Accepted: 17 Januari 2023

Abstract—Concrete is the most widely consumed building material product besides water. More environmentally friendly concrete (green concrete) is defined as concrete that at least uses waste materials as one of its components, or its production does not cause environmental damage. In rigid pavements the strength against traffic loads is expressed by the flexural tensile strength of the concrete. If reinforcement is used, it is for crack control only and not for traffic loading. Rubber sole waste is used as a substitute for coarse aggregate in concrete mixtures. This research was conducted to determine the effect of the addition of rubber sole waste on the flexural strength of concrete. The test specimens were in the form of blocks with dimensions of 15 x 15 x 60 cm with variations in the addition of rubber sole waste of 0%, 4%, 8% and 12% of the volume of coarse aggregate. The design concrete quality is 25 MPa with flexure tests at the ages of 7, 14, 21 and 28 days. The results of the study at 28 days of concrete flexural strength showed that a mixture with a percentage of rubber sole waste 4% of coarse aggregate produced a flexural strength value of 5.44 MPa 6.88% higher than normal concrete which produced a flexural strength value of 5.09 MPa. While the percentage of 8% and 12% experienced a decrease in flexural strength compared to normal concrete which resulted in flexural strength values of 4.71 MPa and 4.18 MPa. Substitution of rubber sole waste in the concrete mixture of 4% by weight of coarse aggregate can increase the value of the flexural strength of concrete and is a mixture that produces optimal strength in concrete.

Keywords — Concrete, Flexural Strength, Rubber Sole Waste.

Abstrak—Beton merupakan produk bahan bangunan yang paling banyak dikonsumsi selain air. Beton yang lebih ramah lingkungan (green concrete) didefinisikan sebagai beton yang setidaknya menggunakan bahan limbah sebagai salah satu komponennya, atau produksinya tidak menyebabkan kerusakan lingkungan. Dalam perkerasan kaku kekuatan terhadap beban lalu lintas dinyatakan dengan kuat tarik lentur dari beton. Jika penulangan digunakan, penulangan hanya untuk mengontrol retak dan bukan untuk memikul beban lalu lintas. Limbah karet sol digunakan untuk substitusi agregat kasar pada campuran beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah karet sol terhadap kuat lentur beton. Benda uji berupa balok dengan dimensi 15 x 15 x 60 cm dengan variasi penambahan limbah karet sol sebesar 0%, 4%, 8% dan 12% dari volume agregat kasar. Mutu beton rencana yaitu 25 Mpa dengan uji lentur pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Hasil penelitian pada umur 28 hari, kuat lentur beton menunjukkan bahwa campuran dengan persentase limbah karet sol 4% dari agregat kasar menghasilkan nilai kuat lentur 5,44 Mpa lebih tinggi 6,88% dibandingkan dengan beton normal yang menghasilkan nilai kuat lentur 5,09 Mpa. Sedangkan presentase 8% dan 12% mengalami penurunan kuat lentur dibandingkan dengan beton normal, yang menghasilkan nilai kuat lentur 4,71 Mpa dan 4,18 Mpa. Substitusi limbah karet sol pada campuran beton sebesar 4% dari berat agregat kasar dapat meningkatkan nilai kuat lentur beton dan merupakan campuran yang menghasilkan kekuatan optimal pada beton.

Kata kunci—Beton, Kuat Lentur, Limbah Karet Sol.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah pekerjaan konstruksi di Indonesia menyebabkan peningkatan permintaan bahan konstruksi. Beton digunakan di hampir setiap aspek teknik sipil, setidaknya dalam pekerjaan pondasi. Penggunaan beton menjadi pilihan utama karena memiliki kekuatan yang baik, bahan dasar yang mudah didapat, tahan lama dan ekonomis dibandingkan material lainnya.

Jika diambil secara terus menerus, maka bahan penyusun campuran beton dari alam akan berkurang. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan bahan alternatif yang dapat menggantikan bahan untuk pembuatan beton baik agregat halus, agregat kasar dan semen dengan bahan lain untuk mencapai infrastruktur yang berkelanjutan tanpa merusak alam. Salah satu manfaat substitusi material beton adalah dapat memanfaatkan limbah anorganik.

Limbah karet sol digunakan sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton. Limbah karet sol adalah sisa potongan sol karet untuk pembuatan sandal. Limbah karet sol ini sudah tidak dimanfaatkan lagi, sehingga limbahnya banyak dan dapat dimanfaatkan sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton.

Luis Ode Putra melakukan penelitian dengan judul “Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat”. Penelitian ini menggunakan crumb rubber dan tire chips sebagai limbah ban dengan variasi substitusi crumb rubber pada pasir dan tire chips pada kerikil dalam beton yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%. Selain itu untuk meningkatkan lekatan crumb rubber digunakan NaOH 10%. Penelitian yang bersifat eksperimental ini melibatkan perancangan campuran beton untuk mencari kuat lentur dengan sampel berukuran 40 x 10 x 10 cm. Hasil Penelitian kuat lentur beton pada umur 28 hari menunjukkan bahwa substitusi crumb rubber dan tire chips pada variasi 10% lebih tinggi yaitu sebesar 5,33 Mpa dibandingkan beton normal sebesar 4,99 Mpa. Namun jika substitusi karet lebih besar dari 10% maka akan mengurangi kekuatan lentur beton tersebut. Kurva pembacaan lendutan cenderung membentuk garis lurus, semakin besar beban maka semakin besar pula kenaikan nilai lendutan. (Putra, 2015)

M. Irpan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Hancuran Karet (Crumb Rubber) pada Campuran Beton terhadap Sifat Mekanik Beton”. Penelitian ini menggunakan crumb rubber sebagai pengganti sebagian pasir dengan variasi volume yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% ukuran crumb rubber lolos saringan 5 mm. Kuat tekan beton rencana adalah 20 Mpa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk setiap penambahan 5% crumb rubber, berat satuan beton berkurang sekitar 0,95%. Kuat tekan, kuat tarik belah dan keruntuhan juga menurun dengan bertambahnya kadar crumb rubber, sedangkan kuat tarik belah menurun 10,85% dan kuat geser menurun sekitar 19,35%. Namun demikian modulus runtuh mengalami peningkatan hingga variasi campuran 10% yaitu sebesar 9,56%. (Irpan, 2017)

Maria Goreti melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Sandal Karet sebagai Material Substitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton”. Penelitian ini menggunakan material alternatif limbah sandal karet sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton. agregat kasar pada dalam campuran beton digantikan dengan bahan alternatif dari limbah sandal karet dengan variasi 0%, 10%, 20% dan 30% yang dicampur pada silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan kuat tarik belah pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa campuran beton yang mengandung limbah sandal karet sebanyak 10% berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 21,008 Mpa lebih tinggi 3,63% dari beton normal yang menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 20,244 Mpa. Kuat tarik belah beton limbah sandal karet yang dicampur dengan 10% berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tarik belah sebesar 4,35 Mpa, lebih tinggi 15,86% dari beton normal yaitu 3,66 Mpa. Penggantian limbah sandal karet ke dalam campuran beton dengan agregat kasar 10% berat dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah serta merupakan campuran kekuatan terbaik dalam beton. (Fernandez, 2021)

Moh. Ainun Najib melakukan penelitian dengan judul “Beton Normal dengan menggunakan Ban Bekas sebagai Pengganti Agregat Kasar”. Ban bekas yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan volume 0%, 5%, 10% dan 15% dengan ukuran ban bekas 1 cm³. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah K 225 (f^c 18,68 Mpa). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggantian sebagian agregat kasar dengan beton yang dicampur ban bekas tidak meningkatkan mutu beton, bahkan cenderung menurun dengan bertambahnya proporsi ban bekas. Kekuatan tekan menurun sebesar 34% sampai 60%. (Najib, 2014)

Secara struktural beton mempunyai kekuatan yang cukup besar dalam menahan gaya tekan. Kelemahan beton adalah kekuatannya yang rendah karena beton merupakan bahan yang rapuh. Kerapuhan beton memungkinkannya retak dengan cepat saat mengalami tegangan sedang. Pada perkerasan kaku, kekuatan terhadap beban lalu lintas ditunjukkan oleh kuat lentur beton. Jika tulangan digunakan itu hanya untuk pengendalian retak dan bukan untuk menahan beban lalu lintas. (Pekerjaan Umum, 2017)

Usaha yang memanfaatkan limbah karet sol diharapkan akan mengurangi masalah terhadap lingkungan dan memberikan nilai ekonomi pada konstruksi serta upaya pelestarian sumber daya alam. Sifat karet yang lentur

diharapkan dapat meningkatkan kuat lentur beton dibandingkan dengan beton normal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah karet sol sebagai substitusi agregat kasar terhadap kuat lentur beton dan untuk mengetahui persentase penambahan limbah karet sol yang menghasilkan kuat lentur beton yang paling optimal.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton PT. Azka Sejahtera. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini adalah membuat benda uji dengan bentuk balok dengan komposisi pembuatan betonnya menggunakan campuran limbah karet sol sebagai material substitusi agregat kasar dengan persentase 4%, 8%, 12% dengan pembandingan beton normal tanpa campuran limbah karet sol. Pengujian beton ini dilakukan pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Beton yang digunakan adalah beton $f'c = 25$ Mpa. Secara garis besar, tahapan penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada bagan berikut ini :



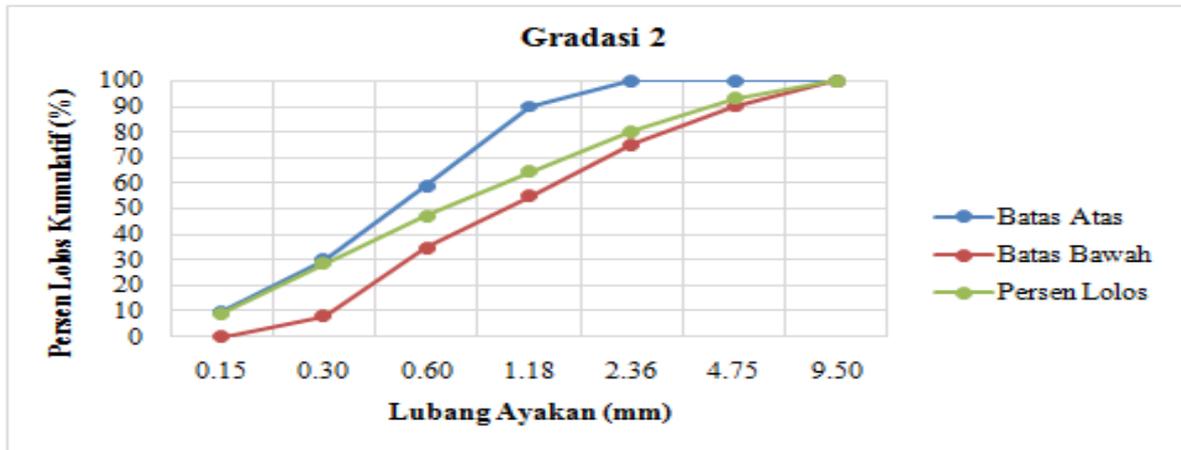
Gambar 1 Alur Penelitian

Sumber : Dokumen Pribadi

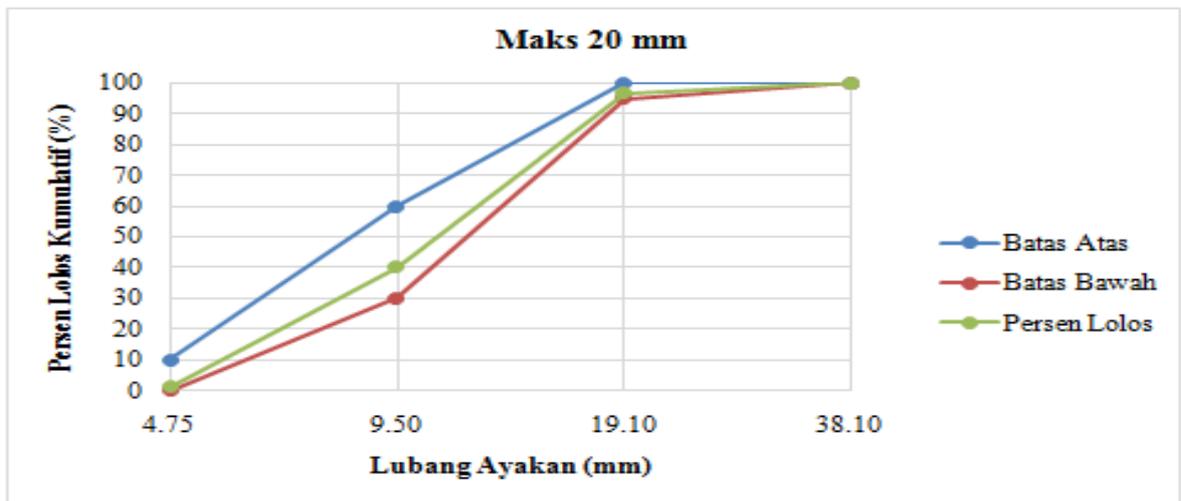
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Bahan

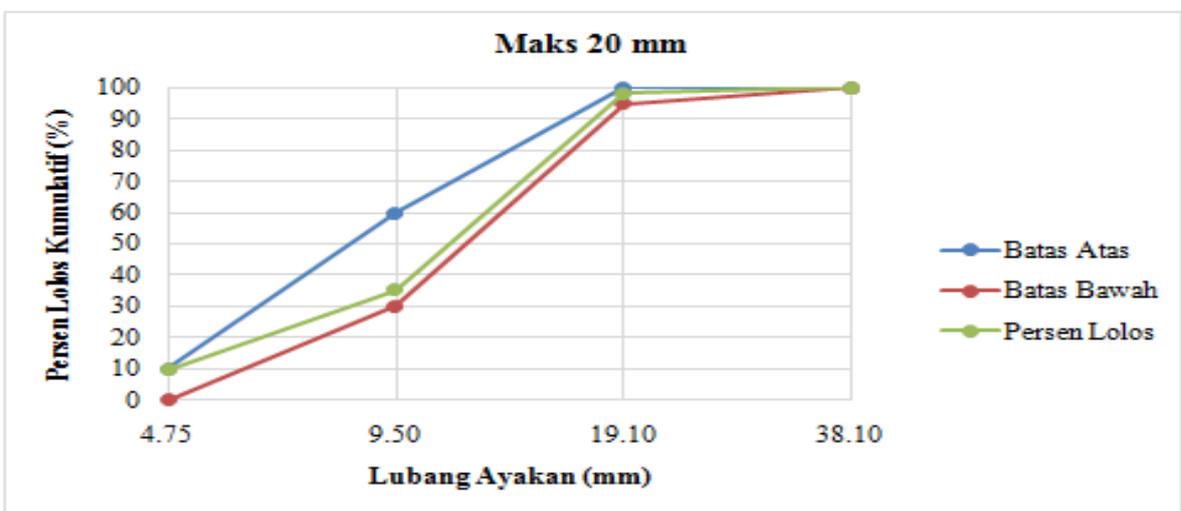
Hasil pengujian bahan yang diperoleh dari hasil pemeriksaan di Laboratorium selama penelitian.



Gambar 2 Grafik Batas Gradasi Agregat Halus
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 3 Grafik Batas Gradasi Agregat Kasar
Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 4 Grafik Batas Gradasi Limbah Karet Sol
Sumber : Dokumen Pribadi

Analisis saringan agregat ialah penentuan presentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka presentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah presentase butiran. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan bahwa agregat halus termasuk ke dalam daerah gradasi/zona 2 atau pasir bergradasi sedang. Sedangkan agregat kasar termasuk ke dalam agregat dengan ukuran maksimum 20 mm. (SNI 03-1968-1990).

Tabel 1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

		A	B	Rata-rata
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (Bj)	gram	500	500	500
Berat benda uji kering oven (Bk)	gram	489	489	489
Berat piknometer + air (B)	gram	659	660	659,5
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (Bt)	gram	966	970	968
Berat Jenis(Bulk)	$\frac{BK}{(B + Bj - Bt)}$	2,53	2,57	2,55
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,59	2,63	2,61
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,69	2,73	2,71
Penyerapan (Absorption)	$\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$	2,25	2,25	2,25

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

		A	B	Rata-rata
Berat benda uji kering oven (Bk)	gram	8138	8202	8170
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (Bj)	gram	8250	8342	8296
Berat benda uji di dalam air	gram	5135	5172	5153,5
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{BK}{(Bj - Ba)}$	2,61	2,59	2,6
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$	2,65	2,63	2,64
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{BK}{(Bk - Ba)}$	2,71	2,71	2,71
Penyerapan (Absorption)	$\frac{Bj-bk}{Bk} \times 100\%$	1,38	1,71	1,54

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 3 Hasil Pengujian Berat Jenis Limbah Karet Sol

		A	B	Rata-rata
Berat benda uji kering oven (Bk)	gram	4348	4382	4365
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD) (Bj)	gram	4360	4396	4378
Berat benda uji di dalam air	gram	1057	1079	1068
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{BK}{(Bj - Ba)}$	1,32	1,32	1,32
Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)	$\frac{Bj}{(Bj - Ba)}$	1,32	1,33	1,32
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{BK}{(Bk - Ba)}$	1,32	1,33	1,32
Penyerapan (Absorption)	$\frac{Bj-bk}{Bk} \times 100\%$	0,28	0,32	0,30

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian berat jenis dan penyerapan air dimaksudkan untuk memperoleh angka berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan dari agregat. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air bahwa didapatkan nilai berat jenis SSD agregat halus yaitu 2,61. Sedangkan nilai berat jenis SSD agregat kasar dan limbah karet sol yaitu 2,64 dan 1,32. (SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990)

Tabel 4 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Berat talam + contoh basah	gram	1223	1223
2	Berat talam + contoh kering	gram	1194	1197
3	Berat air = 1-2	gram	29	26
4	Berat talam	gram	223	223
5	Berat contoh kering = 2-4	gram	971	974
6	Kadar air = 3:5	%	2,99	2,67
Kadar air rata-rata			2,83	

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 5 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Berat talam + contoh basah	gram	1723	1723
2	Berat talam + contoh kering	gram	1698	1697
3	Berat air = 1-2	gram	25	26
4	Berat talam	gram	223	223
5	Berat contoh kering = 2-4	gram	1475	1474
6	Kadar air = 3:5	%	1,69	1,76
Kadar air rata-rata			1,73	

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 6 Hasil Pengujian Kadar Air Limbah Karet Sol

No	Keterangan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Berat talam + contoh basah	gram	1723	1723
2	Berat talam + contoh kering	gram	1719	1720
3	Berat air = 1-2	gram	4	3
4	Berat talam	gram	223	223
5	Berat contoh kering = 2-4	gram	1496	1497
6	Kadar air = 3:5	%	0,27	0,20
Kadar air rata-rata			0,23	

Sumber : Dokumen Pribadi

Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung dalam agregat. Berdasarkan hasil pengujian kadar air bahwa didapatkan nilai kadar air agregat halus yaitu 2,83. Sedangkan nilai kadar air agregat kasar dan limbah karet sol yaitu 1,73 dan 0,23. (SNI 03-1971-1990)

Tabel 7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Volume penakar	cm ³	5301,44	5301,44
2	Berat penakar	gram	10800	10800
3	Berat penakar + benda Uji	gram	19950	19930
4	Berat benda uji = 3-2	gram	9150	9130
5	Berat volume = 4:1	gram/m ³	1,73	1,72
Berat volume rata-rata			1,72	

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 8 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

No	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Volume penakar	cm ³	5301,44	5301,44
2	Berat penakar	gram	10800	10800
3	Berat penakar + benda Uji	gram	18580	18620
4	Berat benda uji = 3-2	gram	7780	7820
5	Berat volume = 4:1	gram/m ³	1,47	1,48
Berat volume rata-rata			1,47	

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 9 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus

No	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Volume penakar	cm ³	5301,44	5301,44
2	Berat penakar	gram	10800	10800
3	Berat penakar + benda Uji	gram	19380	19420
4	Berat benda uji = 3-2	gram	8580	8620
5	Berat volume = 4:1	gram/m ³	1,62	1,63
Berat volume rata-rata			1,62	

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 10 Hasil Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar

No	Pemeriksaan	Satuan	Benda Uji	
			A	B
1	Volume penakar	cm ³	5301,44	5301,44
2	Berat penakar	gram	10800	10800
3	Berat penakar + benda Uji	gram	18310	18330
4	Berat benda uji = 3-2	gram	7510	7530
5	Berat volume = 4:1	gram/m ³	1,42	1,42
Berat volume rata-rata			1,42	

Sumber: Dokumen Pribadi

Berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi. Berdasarkan hasil pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat bahwa berat isi padat agregat halus dan kasar yaitu 1,72 dan 1,47. Sedangkan berat isi lepas agregat halus dan kasar yaitu 1,62 dan 1,42. (SNI 03-4804-1998)

Tabel 11 Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	
	I	II
Tinggi pasir + lumpur	490	475
Tinggi pasir (V_1)	475	460
Tinggi lumpur (V_2)	15	15
Kadar Lumpur $\frac{V_2}{V_1+V_2} \times 100\%$	3,06	3,16
Kadar lumpur rata-rata	3,11	

Sumber: Dokumen Pribadi

Pengujian kadar lumpur agregat halus bertujuan untuk menentukan presentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton. Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur dalam agregat halus yaitu 3,11%.

Tabel 12 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 Putaran		Keterangan	I	II	Satuan
		I	II				
Lolos	Tertahan	Berat	Berat				
19.1 (3/4")	12.7 (1/2")	2500 gram	2500 gram	Berat sebelumnya	5000	5000	gram
				Berat tertahan saringan No 12	3607,5	3546,5	gram
				Berat sesudah (A - B)	1392,5	1453,5	gram
				Keausan = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$	27,85	29,07	%
				Keausan rata-rata	28,46		%

Sumber : Dokumen Pribadi

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan yang hilang atau tergerus (akibat benturan bola-bola baja) terhadap berat bahan awal (semula). Tujuan pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* adalah untuk mengetahui angka keausan tersebut, yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan nomor 12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen. Berdasarkan hasil pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* bahwa nilai keausan agregat kasar yaitu 28,46% dengan semikiam, agregat kasar baik digunakan untuk campuran beton karena memenuhi spesifikasi maksimum yaitu 40%. (SNI 2417:2008)

3.2 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) ini dihitung berdasarkan metode SNI 03-2834-2000. Hasil perencanaan campuran untuk beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 13 Hasil Perencanaan Campuran Beton

Proporsi Campuran (Tiap M ³)	Semen (kg)	Air (lg/lt)	Agregat kondisi jenuh kering Permukaan (Kg)		
			Halus	Kasar	Karet
0 %	4 10	205	725,05	1022,05	0
4 %	4 10	205	678,53	918,22	38,26
8 %	4 10	205	671,68	871,08	75,75
12 %	4 10	205	663,67	823,27	112,26

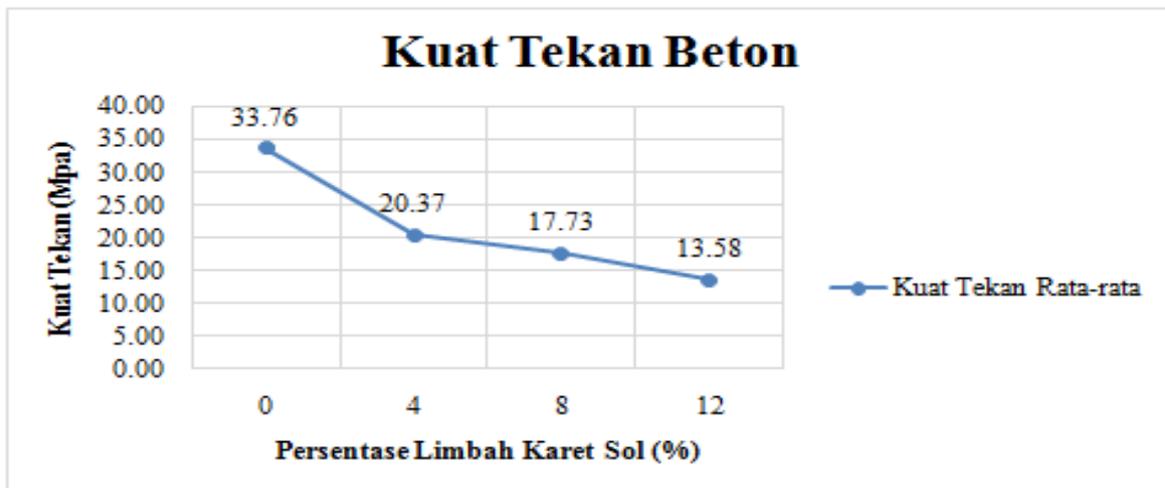
Sumber: Dokumen Pribadi

3.3 Hasil Pengujian Slump

Slump beton adalah besaran kekentalan (*viscosity*) atau plastisitas dan kohesif dari beton segar. Uji Slump merupakan pengujian paling sederhana dan yang paling sering digunakan. Kelecekan atau kemudahan pengerjaan merupakan kinerja utama pada beton segar yang seringkali dinyatakan dalam nilai slump. Nilai slump ini tidak pernah didapat secara tepat. Nilai slump yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 60 – 180 mm. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, maka diperoleh nilai slump antara 110 – 160 mm dengan nilai slump rata-rata yaitu 130 mm. (SNI 03-1972-1990)

3.4 Hasil Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan ini dilakukan sebagai pembanding untuk kuat lentur yang direncanakan, masing-masing variasi benda uji dibuat tiga buah silinder dengan umur rencana yang direncanakan adalah 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan (SNI 1974:2011) dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :

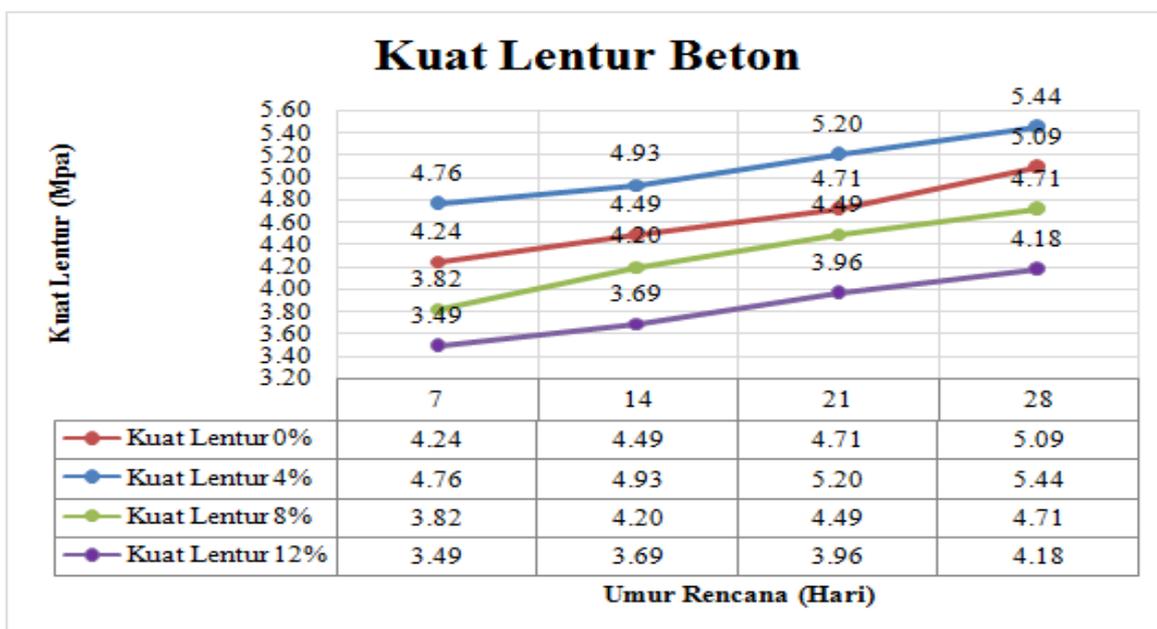


Gambar 5 Grafik Kuat Tekan Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan data di atas, menunjukkan bahwa pengaruh penambahan limbah karet sol sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton umur 28 hari mengalami penurunan kuat tekan seiring bertambahnya presentase limbah karet sol.

3.5 Hasil Kuat Lentur Beton

Kuat lentur beton dengan sistem pembebanan dua titik adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan kepadanya sampai benda uji patah, dinyatakan dengan *Mega Pascal (Mpa)* gaya persatuan luas. Hasil kuat lentur ini pengujiannya direncanakan berdasarkan umur beton yaitu 7, 14, 21 dan 28 hari. Variasi persentase limbah karet sol antara lain 0%, 4%, 8% dan 12%. Hasil pengujian kuat lentur (SNI 4431:2011) dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 6 Grafik Rekapitulasi Kuat Lentur Beton
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan data di atas, diperoleh hasil bahwa semakin besar volume limbah karet sol pada beton, maka kuat lenturnya akan mengalami penurunan. Namun khusus untuk beton dengan substitusi limbah karet sol variasi 4% memiliki nilai kuat lentur lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal (variasi 0%).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : pengaruh penambahan limbah karet sol berpengaruh pada kuat lentur, berdasarkan hasil pengujian kuat lentur bahwa nilai kuat lentur persentase 4% lebih tinggi 6,88% dibandingkan dengan beton normal, sedangkan persentase 8% dan 12% mengalami penurunan kuat lentur dibandingkan dengan beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Fernandez, M. G., & Khatulistiani, U. (2021). Pemanfaatan Limbah Sandal Karet sebagai Material Substitusi Agregat Kasar pada Campuran Beton. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, Vol 9, 041-050.
- Irpan, M. (2017). *Pengaruh Penambahan Hancuran Karet (Crumb Rubber) pada Campuran Beton terhadap Sifat Mekanik Beton*. Mataram.
- Mulyono, T. (2019). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.
- Najib, M. A. (2014). Beton Normal dengan Menggunakan Ban Bekas sebagai Pengganti Agregat Kasar. *Jurnal Konstruksia*, Vol 6 No 1, 95-102.
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Andi.
- Pd T-14-2003 "Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen"*. Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Pedoman Pekerjaan Beton*. PT. Wijaya Karya.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. (1971). Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik Direktorat Jendral Cipta Karya Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Putra, L. O. (2015). *Perilaku Lentur Beton yang menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat*. Makassar.
- SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- SNI 03-1969-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- SNI 03-1970-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- SNI 03-1971-1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*.
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- SNI 03-4804-1998. *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*.
- SNI 1974:2011. *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*.
- SNI 2417:2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*.
- SNI 2493:2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*.
- SNI 4431:2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*.
- Tjokrodimulyo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Nafitri.
- Umum, K. P. (2017). *Diklat Perkerasan Kaku*. In *Modul 2 Bahan dan Pengujian Bahan Perkerasan Kaku*. Bandung.
- Umum, K. P. (2017). *Diklat Perkerasan Kaku*. In *Modul 3 Rancangan Campuran Beton*. Bandung.