

Perilaku Daya Redaman Beton Menggunakan Serutan Karet Ban Bekas Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Beton

The Behavior Damping Capacity of Concrete using Rubber Tire Crumb as Aggregate Replacement of Concrete

Dhanang Deddy Handoko, Restu Faizah, Guntur Nugroho

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Indonesia merupakan negara yang sering terjadi gempa karena letaknya yang dikelilingi oleh patahan aktif dan berada di cincin api pasifik (*ring of fire*). Hal ini yang menyebabkan para peneliti harus terus berinovasi dalam menciptakan struktur bangunan seperti membuat beton dengan memanfaatkan bahan limbah yang mampu meredam getaran pada konstruksi bangunan. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental terhadap benda uji beton silinder dan balok yang telah berumur 28 hari untuk diuji kekuatan tekan dan koefisien redaman terhadap campuran serutan karet ban bekas. Hasil analisis berupa nilai kekuatan tekan pada beton, *damping ratio*, dan persentase rata-rata koefisien redaman. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan pada benda uji terjadi penurunan seiring dengan bertambahnya campuran serutan karet ban bekas dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Untuk koefisien redaman dari beton menunjukkan bahwa semakin banyak campuran karet ban bekas terjadi kenaikan pada koefisien redamannya, hal ini dikarenakan peningkatan gesekan antara serutan karet ban, pasir, krikil dan semen dalam campuran beton. Ini dapat ditunjukkan melalui pengamatan visual, seperti yang ditunjukkan oleh kepadatan yang lebih tinggi dari balok normal dibandingkan dengan balok yang mengandung serutan karet ban, sebagai hasil dari rendahnya daya rekat antara serutan karet ban dengan pasir dan semen.

Kata Kunci: Serutan karet ban bekas, agregat halus, kuat tekan, daya redaman beton.

Abstract. *Indonesia is a country that often has earthquakes caused by active faults and is in the Pacific Ring of Fire. This is why researchers must continue to innovate in building structures such as making concrete using waste materials that can reduce vibrations in building construction. This research was conducted with an experimental method of concrete specimens and beams which had been released 28 days to ask for the strength of the press and the damping coefficient of the mixture of shaved rubber tires. The results of the analysis of the compressive strength values of the concrete, the damping ratio, and the average percentage of the damping coefficient. The results of this study indicate that the value of the decrease in test specimens occurs with increasing mixture of used rubber shavings with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. For the damping coefficient of concrete shows more used rubber mixed tires there is an increase in the damping coefficient, this is due to an increase in the coefficient between shaved rubber tires, sand, gravel and cement in the concrete mixture. This can be seen through visual observation, as shown by the higher density of normal beams compared to beams containing shaved rubber tires, as a result of the low adhesion between the shaved rubber tires with sand and cement.*

Key words: *Used tire powder, fine aggregate, compressive strength, concrete damping power.*

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang sering terjadi gempa dikarenakan letak wilayahnya dikelilingi oleh patahan aktif dan berada di cincin api pasifik (*ring of fire*). Hal ini juga yang menjadi salah satu faktor utama yang harus diperhatikan dalam proses pembangunan, sebagaimana kita ketahui Indonesia merupakan negara berkembang terutama dalam hal infrastruktur pembangunannya. Saat ini banyak sekali proyek pembangunan yang sedang berlangsung maupun telah selesai dilakukan. Pesatnya pembangunan dan kondisi geografis negara yang rawan gempa membuat Indonesia banyak berupaya menciptakan inovasi baru dalam suatu konstruksi bangunan seperti membuat struktur gedung tahan gempa yang mampu menahan daya redam dari getaran gempa tersebut. Salah satu struktur utama dalam suatu konstruksi bangunan adalah beton. Beton merupakan bahan material yang paling umum digunakan sebagai penyusun struktural bangunan. Bahan penyusun beton terdiri dari pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar), semen, air.

Menurut Tjokrodimulyo (1996) pembuatan beton tidak hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Apabila ingin membuat beton yang baik maka perlu memperhatikan persyaratan yang lebih ketat dikarenakan tuntutan yang lebih tinggi, sehingga harus diperhitungkan secara seksama bagaimana cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan menghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat dituang, dapat diangkut, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi pemisahan kerikil dari adukan maupun pemisahan air dan semen pada adukan tersebut. Beton keras yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama, kedap air, tahan aus, dan kembang susutnya kecil.

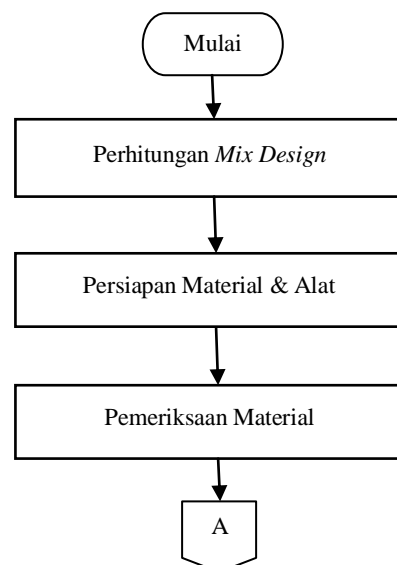
Beton masih banyak digunakan karena memiliki beberapa keunggulan seperti kuat

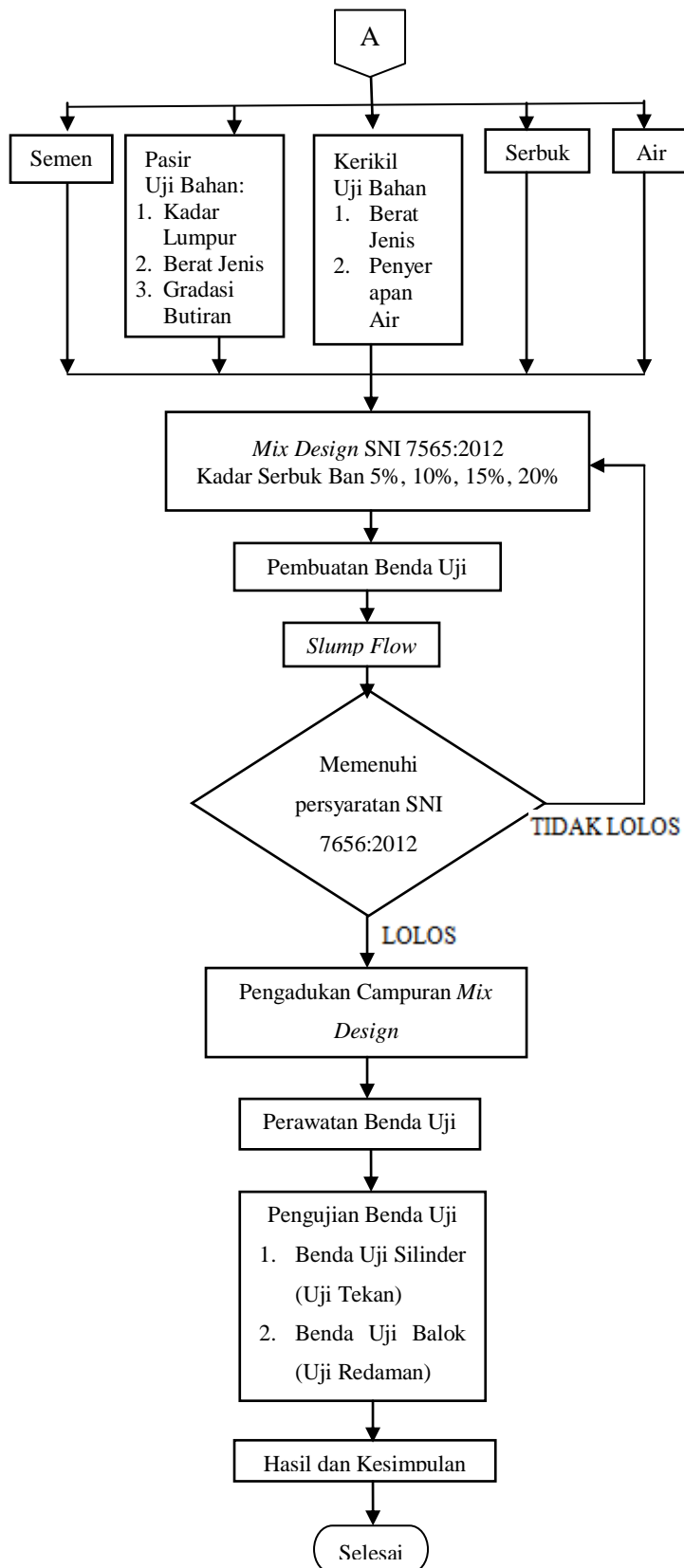
dalam menahan beban tekan, perawatannya sederhana, awet, dan mudah dibuat. Seiring berjalannya waktu beton banyak mengalami perubahan dalam proses pembuatannya seperti dengan mengganti atau menambah suatu bahan pada campuran beton. Beberapa peneliti ada yang mengganti campuran penyusun beton dengan salah satu limbah seperti serat ban bekas. Sebagaimana kita tahu limbah ban bekas jarang dimanfaatkan karena limbah tersebut sulit untuk terurai sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini dilakukan sebagai usaha pemecahan masalah limbah tersebut, dan diharapkan dapat menjadi alternatif beton ramah lingkungan dan memiliki daya kemampuan serta kualitas yang jauh lebih baik, sehingga manfaat dan nilai tambah serta kontribusinya dapat digunakan sesuai dengan situasi dan kondisi yang ada.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari pencampuran serbuk karet ban bekas sebagai pengganti agregat halus terhadap rasio redaman pada beton.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode eksperimental laboratorium. metode eksperimental laboratorium yaitu suatu penelitian atau percobaan untuk mencari dan mengkaji pengaruh suatu variable tertentu terhadap variable lainnya. Adapun tahapan metode penelitian dapat dilihat pada bagan alir berikut ini.





Gambar 1 Bagan Alir Tahapan Penelitian

Bahan Penyusun Beton Semen

Menurut Bagio dkk (2019) semen adalah inti atau material dasar yang digunakan untuk pengikatan dalam beton, serta ditentukan oleh specific gravity dari semen itu sendiri. Sedangkan semen menurut Andriani dkk (2012) dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu semen non hidrolis dan semen hidrolis, dimana semen non hidrolis adalah semen yang sukar atau tidak dapat stabil di dalam air. Sedangkan semen hidrolis adalah bahan pengikat yang mengeras apabila bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Contohnya semen portland dan semen putih.

Air

Air merupakan campuran yang penting pada beton untuk melangsungkan proses hidrasi (reaksi kimia) antara semen dan air yang sehingga campuran ini menjadi keras setelah beberapa saat (Sutandar, 2013). Air pada beton harus yang bersih, tidak mengandung minyak, alkali, asam, garam zat organik atau bahan lain yang dapat merusak beton dan baja tulangan (Nadia dkk, 2011).

Limbah Karet Ban Bekas

Jenis limbah karet yaitu Crumb Rubber, berfungsi sebagai pengganti agregat halus, yang memiliki ukuran berkisar 4,75 mm – 0,075 mm. Proses Crumb Rubber sendiri yaitu cracker mill process, granular process, micro mill process yang menghasilkan ukuran crumb rubber berbeda-beda. Ukuran micro mill process menghasilkan crumb rubber 0,075 mm – 0,475 mm (Putra, 2015).

Agregat Halus

Agregat halus merupakan pasir alam hasil dari integrasi alami batuan atau pasir dari industri pemecah batu, dan memiliki ukuran butir sebesar 5 mm (SNI 03-2847-2002). Agregat halus digunakan bersama-sama dengan pasta semen untuk mengisi rongga pada agregat kasar (Bagio dkk, 2019). Agregat halus (pasir) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Sungai Progo.

Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan sebaiknya memiliki butiran yang keras, bersih dan permukaannya tidak tertutupi oleh lapisan, bebas dari retakan. Agregat kasar (kerikil)

yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Clereng.

Alat

Alat uji *Concrete Mixer*

Concrete Mixer berfungsi sebagai pengaduk atau pencampur agregat, semen, air, serbuk karet ban dan bahan – bahan penyusun beton.

Cetakan Beton

Cetakan berbentuk silinder yang terbuat dari baja memiliki ukuran 15 cm x 30 cm, dan cetakan berbentuk balok dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Cetakan berfungsi sebagai cetakan benda uji.

Mesin *Concrete Compression Tester*

Alat ini berfungsi untuk pengujian kuat tekan beton. Cara kerja alat ini dengan menginput data dimensi benda uji, kemudian alat secara otomatis akan memberikan tekanan terus menerus hingga batas putus (*ultimate*). Data yang diperoleh dari pengujian yaitu data kuat tekan.

Alat Akselerometer

Alat ini berfungsi untuk pengujian daya redam pada beton, alat akan memberikan getaran pada beton yang akan menghasilkan grafik daya redam beton. Cara kerjanya yaitu dengan meletakkan sensor pada benda uji kemudian dikonekkan pada salah satu dari 4 channel yang ada di alat *akselerometer (NI Daq)*, setelah itu alat disambungkan pada laptop untuk dilakukan pembacaan frekuensi getaran dengan *running* melalui program *matlab*.

Prosedur Pengujian

Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Agregat

Pemeriksaan sifat fisis dan mekanis dari material bertujuan untuk mengetahui kelayakan dari material yang akan digunakan sebagai benda uji beton.

Mix Design

Mix design yang digunakan pada penelitian ini menggunakan kuat tekan rencana 17 MPa dengan nilai *fas* 0,587 dan mengacu pada SNI 7656–2012. Persentase serbuk karet ban yang digunakanyaitu 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, dan 20%. *Mix design* untuk tiap benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3 *Mix design* balok per m³

Bahan (kg/m ³)	Persentase Serbuk Karet Ban				
	0%	5%	10%	15%	20%
Semen	4,920	4,920	4,920	4,920	4,920
Air	1,970	1,970	1,970	1,970	1,970
Kerikil	16,826	16,826	16,826	16,826	16,826
Pasir	20,231	19,219	18,208	17,196	16,184

Tabel 4 *Mix design* Silinder per m³

Bahan (kg/m ³)	Persentase Serutan Karet Ban				
	0%	5%	10%	15%	20%
Semen	1,932	1,932	1,932	1,932	1,932
Air	0,773	0,773	0,773	0,773	0,773
Kerikil	6,607	6,607	6,607	6,607	6,607
Pasir	7,944	7,547	7,150	6,753	6,355

Metode Pembuatan Bahan Beton

Penelitian ini dibuat menggunakan serbuk ban bekas yang lolos saringan No.4 (4,25 mm), sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton. Pembuatan benda uji beton mutu *fc'* 17 mpa dengan variasi penambahan serbuk ban 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Menggunakan cetakan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm dengan total benda uji sebanyak 15 sampel serta menggunakan cetakan balok ukuran 15 cm x15 cm x60 cm, dengan total benda uji 5 sampel. Bahan-bahan penyusun beton seperti semen, agregat kasar, dan agregat halus dicampur bersamaan dengan serbuk karet ban yang dituangkan perlahan kedalam mesin *Concrete Mixer*, jika adukan telah tercampur merata kemudian tambahkan air agar agregat beton menyatu.

Pengujian Slump Beton Segar

Campuran beton dimasukkan kedalam kerucut *abrams* dalam 3 lapisan. Setiap lapis dilakukan pemadatan (menusuk) dengan baja besi sebanyak 25 kali. Campuran beton yang melebihi kerucut diratakan, dan dibersihkan. Kerucut *abrams* diangkat secara perlahan, hingga campuran beton turun. Kerucut *abrams* diletakkan disamping beton segar dengan posisi diameter besar dibagian atas, kemudian meletakkan baja besi secara horizontal diatas kerucut *abrams*. Campuran beton diukur menggunakan meteran untuk mengetahui nilai *slump*. Pengujian *slump* disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5 pengujian *slump* beton

No	Volume campuran serbuk ban (%)	Nilai <i>slump</i> (cm) fc' 17 mpa
1	0	10
2	5	11
3	10	11
4	15	11,5
5	20	12

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Universal Compression Tester Machine*. Gambar 2 merupakan penempatan benda uji silinder ketika akan diuji.



Gambar 2 Penempatan benda uji pada mesin uji tekan

Pengujian kuat tarik beton dilakukan dengan memberi gaya tekan pada permukaan atas silinder beton yang menyebabkan keruntuhan tekan. Cara perhitungan kuat tekan beton dapat dilihat pada persamaan1 (SNI 1974-2011).

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

dengan:

- P = beban maksimum (kg),
- A = luas penampang benda uji (mm²)

Pengujian Daya Redaman Beton

Menurut Ariyadira (2011) redaman adalah pelepasan energi oleh struktur akibat adanya berbagai macam sebab, seperti pelepasan energi karena adanya gerakan antar molekul di dalam material, pelepasan energi oleh gesekan alat penyambung maupun sistem

dukungan, pelepasan energi karena adanya gesekan dengan udara serta pelepasan energi akibat adanya sendi plastis. Dikarenakan proses pelepasan energi ini, maka dapat mengurangi respon struktur. Sehingga kuat redaman beton ialah dimana beton dapat menahan gerakan atau getaran akibat pelepasan energi seperti tumbukan pada beton. Hal ini dapat menunjukkan struktur beton dapat mempertahankan dirinya atau tidak.

Pengujian daya redaman beton menggunakan benda uji balok dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm. Beton yang digunakan telah berumur 28 hari.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan pukulan getaran pada beton yang sebelumnya telah diletakkan sensor alat *akselerometer*, kemudian pembacaan damping rasio dan frekuensi dilakukan dengan *software matlab*. Cara perhitungan damping rasio pada beton dapat dilihat pada persamaan2.

$$\text{Damping rasio } (\xi) = \frac{\delta}{2\pi n} \dots\dots\dots (2)$$

$$\delta = \ln \frac{y_1}{y_2}$$

dengan:

- δ = *Logarithmic Decrement*
- Y1 = Puncak gelombang pertama
- Y2 = Setengah dari gelombang pertama
- n = Banyaknya gelombang

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari dengan ukuran silinder 15x30 cm, hasil pengujian disajikan pada tabel berikut.

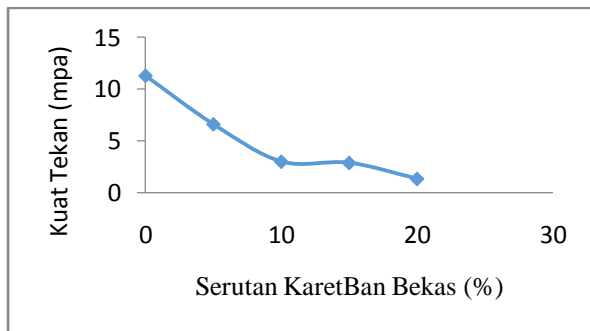
Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode Benda Uji	Umur Beton (hari)	Kadar Serutan Ban Bekas (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
PGB 0% (A)	28	-	9,99	
PGB 0% (B)	28	-	11,17	11,28
PGB 0% (C)	28	-	12,69	
PGB 5% (A)	28	5	6,41	
PGB 5% (B)	28	5	6,76	6,59
PGB 5% (C)	28	5	6,61	
PGB 10%(A)	28	10	3,24	
PGB 10%(B)	28	10	3,46	2,98
PGB 10%(C)	28	10	2,24	

Tabel 6. Hasil Pengujian Kuat Tekan (Lanjutan)

PGB 15% (A)	28	15	3,21	
PGB 15% (B)	28	15	2,74	2,86
PGB 15% (C)	28	15	2,63	
PGB 20% (A)	28	20	1,36	
PGB 20% (B)	28	20	1,27	1,32
PGB 20% (C)	28	20	1,34	

Dari data yang diperoleh pada tabel 6, maka dapat dilihat hasil pada grafik berikut ini



Gambar 3. Hubungan Presentase Serutan Karet Ban Bekas dan Kuat Tekan

semakin besar volume ban bekas yang digunakan atau dicampurkan pada campuran beton maka semakin menurun nilai kuat tekan yang dimiliki dibandingkan dengan beton normal. Untuk variasi serbuk 5% nilai kuat tekan menurun signifikan yaitu sebesar 6,59 MPa, variasi 10 % dengan nilai kuat tekan sebesar 2,98, sampai pada variasi terbesar 20% dengan nilai kuat tekan sebesar 1,32 MPa. Hal ini diakibatkan tingkat kerapatan antar molekul agregat tidak mengikat dengan baik sehingga banyak terdapat rongga pada beton, serta nilai *slump* yang tinggi. Dari hasil yang diperoleh setelah uji kuat tekan dapat disimpulkan bahwa beton tidak dapat digunakan untuk bangunan struktural karena nilai kuat tekan tidak lebih dari 10 mpa.

Pengujian Daya Redaman Beton

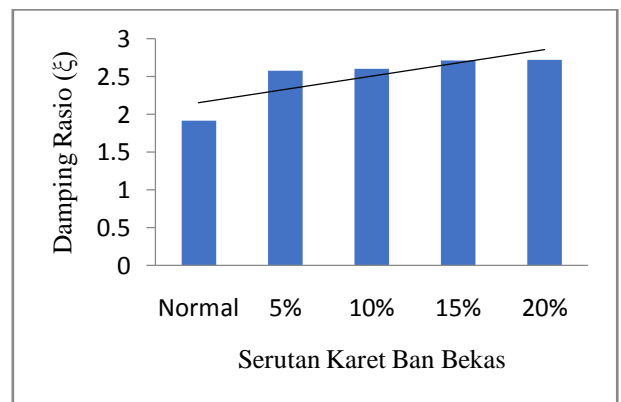
Pengujian daya redam getaran dilakukan dengan menggunakan alat *akselerometer*. Benda uji berupa beton berbentuk balok yang

diberikan impact sehingga beton bergetar, getaran akan masuk ke sensor yang telah diletakkan pada salah satu titik, kemudian pembacaan dilakukan dengan menggunakan *software matlab*. Hasil Pengujian Redaman dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7 Hasil Pengujian Daya Redaman

No	Variasi Serbuk	Y1	Y2	n	Logarithmic Decrement (δ)	Damping Ratio (ξ)	%	Rata-rata	Frekuensi	
									X	Y
1	Normal	0,068	0,032	6	0.7637	0.0203	2.0259		0.508	0.000379
2	Normal	0,054	0,026	6	0.7499	0.0199	1.9893	1.9171	0.508	0.000130
3	Normal	0,054	0,028	6	0.6545	0.0174	1.7360		0.547	0.000177
4	5%	0,047	0,024	4	0.6729	0.0268	2.6775		1.016	0.000288
5	5%	0,069	0,035	4	0.6602	0.0263	2.6267	2.5723	1.094	0.000604
6	5%	0,076	0,036	5	0.7580	0.0241	2.4127		1.094	0.000463
7	10%	0,082	0,042	4	0.6700	0.0267	2.6657		0.078	0.000321
8	10%	0,073	0,038	4	0.6549	0.0261	2.6058	2.6026	0.508	0.000210
9	10%	0,089	0,047	4	0.6374	0.0254	2.5361		0.078	0.000498
10	15%	0,185	0,09	5	0.7215	0.0230	2.2966		1.172	0.000332
11	15%	0,191	0,09	4	0.7514	0.0299	2.9897	2.7152	1.133	0.000441
12	15%	0,104	0,051	4	0.7186	0.0286	2.8592		1.133	0.000592
13	20%	0,184	0,088	4	0.7415	0.0295	2.9502		1.133	0.000222
14	20%	0,105	0,056	4	0.6262	0.0249	2.4915	2.7197	1.211	0.000116
15	20%	0,189	0,096	4	0.6830	0.0272	2.7174		1.211	0.000207

Dari data yang diperoleh pada tabel 7, maka dapat dilihat hasil pada grafik berikut ini



Dapat dilihat pada gambar grafik diatas bahwa semakin banyak serbuk karet ban bekas yang digunakan atau dicampurkan pada campuran beton maka semakin besar nilai rasio redaman yang dihasilkan. Dapat dilihat untuk beton normal dari tiga kali pengambilan data nilai rasio redamannya sebesar 1,9171, untuk beton dengan campuran serutan karet ban 5% rasio redamannya meningkat dengan nilai sebesar 2,5723, campuran 10% dengan nilai rasio redaman sebesar 2.6026, campuran 15% dengan nilai rasio redaman sebesar 2.7152, dan campuran 20% dengan rasio redamannya 2.7197. Hal ini diakibatkan

dengan bertambahnya karet maka benda uji beton akan semakin ringan dan tingkat kekakuannya semakin berkurang, sehingga beton mudah bergetar dan lama untuk mencapai titik kesetimbangan ketika diberi pukulan getaran.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diuraikan sebelumnya tentang pembuatan beton dengan campuran serbuk ban bekas pada variasi 5%, 10%, 15%, dan 20% sebagai pengganti agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Pemanfaatan serutan karet ban bekas dalam bidang konstruksi digunakan sebagai campuran dari beton, tetapi beton tidak bertahan lama karena serutan karet tidak menyatu dengan baik.
2. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 7 tentang Mutu Beton dan Penggunaannya dapat disimpulkan bahwa mutu beton kurang dari 10 MPa tidak dapat digunakan untuk bangunan struktural.
3. Penggunaan serutan karet ban dapat menyebabkan penurunan nilai kuat tekan pada beton, untuk beton normal ke beton dengan campuran serutan karet ban 5% mengalami penurunan yang terjadi sebesar 41%, sedangkan untuk campuran variasi lainnya mengalami penurunan sebesar 54%, 4,02%, 53% penurunan terjadi pada masing-masing variasi campuran serutan karet ban. Penurunan kekuatan beton terjadi karena serbuk karet cepat mengering dan tidak dapat menyatu dengan baik pada adonan beton, sehingga beton terdapat banyak rongga.
4. Nilai dari rasio redaman semakin meningkat seiring dengan penambahan campuran serutan karet ban, untuk beton normal ke beton dengan campuran serutan karet ban 5% mengalami kenaikan rasio redaman sebanyak 34%, sedangkan untuk campuran variasi lainnya mengalami peningkatan sebesar 1,16%, 4,15%, 0,17% peningkatan terjadi pada masing-masing variasi campuran serutan karet ban, hasil pengujian ini sesuai dengan hasil pengujian Faizah (2019) dimana peningkatan terjadi karena bertambahnya komposisi antara serutan karet ban dalam campuran beton. Seperti yang ditunjukkan oleh kepadatan yang lebih tinggi pada balok

normal dibandingkan dengan balok yang mengandung serutan karet ban, sebagai hasil dari kurangnya rekatan antara serutan karet ban dengan agregat campuran beton lainnya.

5. Daftar Pustaka

- Andriani., Yuliet, R., dan Fernandez, F.L. 2012. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap nilai CBR Tanah. Vol. 8 (1), ISSN: 1858-2133.
- Ariyadira, R. 2011. Analisis Periode Getar dan Redaman Struktur Gedung Engineering Center Berdasarkan Data Pengukuran Vibrasi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Bagio, T.H., dan Tavio. 2019. *Dasar-Dasar Beton Bertulang*. Andi Offset. Yogyakarta
- BSN. 2002. *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional,
- BSN. 2012. *SNI 7656: 2012 Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Nadia. Dan Fauzi, A. 2011. Pengaruh Kadar Silika pada Agregat Halus Campuran Beton terhadap Peningkatan Kuat Tekan. *Jurnal Konstruksia*. Vol. 3 (1).
- Putra, L.O. 2015. Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat. Jurusan Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Tjokrodimulyo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Nafiri. Yogyakarta
- Sutandar, E. 2013. Pengaruh Pemeliharaan (Curing) pada Kuat Tekan Beton Normal. *Vokasi*. Vol. 9 (2). ISSN 1693-9085