

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Material Penyusun Beton

Beton tersusun dari agregat halus dan agregat kasar yang sebelumnya diuji sifat fisis dan sifat mekanisnya. Pengujian sifat-sifat beton dilakukan sebelum perhitungan *mix design*, guna menjadi acuan perhitungan pembuatan beton segar. Hasil pengujian sifat-sifat agregat penyusun beton adalah sebagai berikut.

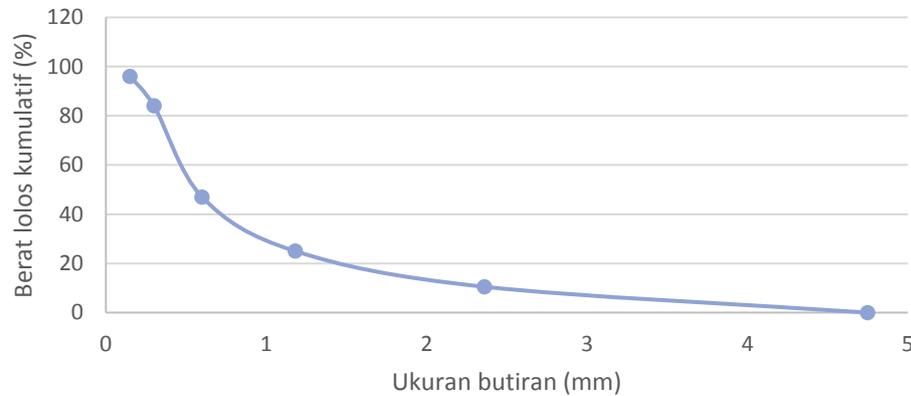
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir)

4.1.1.1 Pengujian Gradasi Butiran

Hasil pengujian analisis gradasi menggunakan saringan menunjukkan bahwa agregat halus memenuhi persyaratan standar agregat halus dari ASTM (2014). Dari data yang diperoleh dari pengujian nilai modulus halus butiran (MHB) sebesar 2,625. Hasil ini sesuai dengan persyaratan MHB yaitu sebesar 1,5 sampai 3,8. Tabel 4.1 menyajikan hasil pemeriksaan gradasi butiran untuk acuan dalam penentuan daerah gradasi. Gambar 4.1 menyajikan grafik dari pengujian gradasi butiran. Perhitungan gradasi butiran agregat halus selengkapnya dijabarkan pada Lampiran 1.

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan gradasi

Ukuran	Lubang Ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)	Berat lolos kumulatif (%)
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	105	10,5	10,5	89,5
No. 16	1,18	145	14,5	25	75
No. 30	0,6	220	22	47	53
No. 50	0,3	370	37	84	16
No. 100	0,15	120	12	96	4
Pan		40	4	100	0
Total		1000	100	362,5	



Gambar 4.1 Hubungan antara ukuran butiran dan berat lolos kumulatif Berdasarkan SK SNI T-15-1990-3 gradasi butiran memiliki syarat-syarat tertentu yang dibagi dalam 4 jenis daerah atau zona dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Batas gradasi agregat halus

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Keterangan:

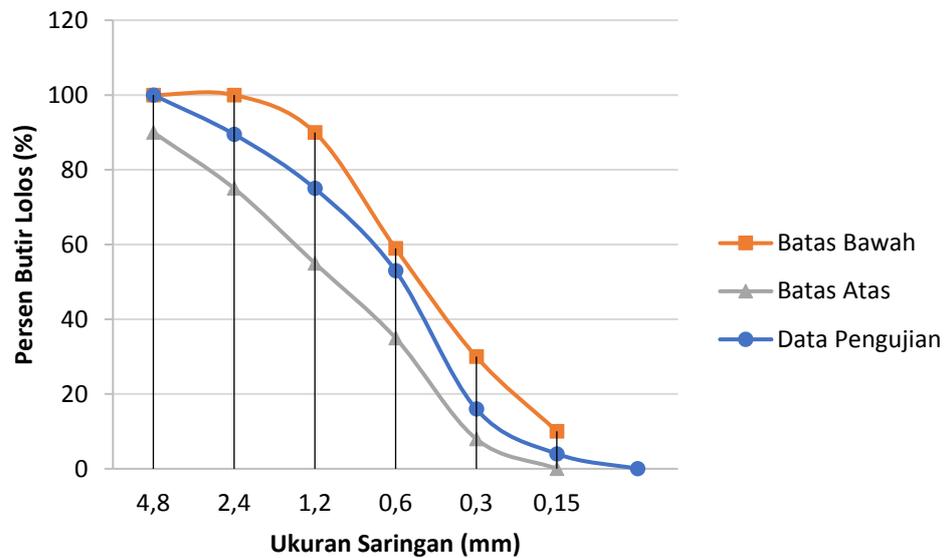
Daerah gradasi 1 = Pasir kasar

Daerah gradasi 3 = Pasir halus

Daerah gradasi 2 = Pasir agak kasar

Daerah gradasi 4 = Pasir agak halus

Dari hasil pengujian gradasi agregat halus yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan tergolong pada daerah gradasi 2 yaitu pasir agak kasar, ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Gardasi butiran daerah 2 dan hasil pengujian

4.1.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan menunjukkan bahwa agregat halus diperoleh nilai jenis agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan sebesar 2,468 dan penyerapan air sebesar 7,53. Hasil pemeriksaan dan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus selengkapnya terdapat pada Lampiran 2.

4.1.1.3 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus menunjukkan bahwa agregat halus memiliki nilai kadar lumpur rata-rata sebesar 4,4 %. Nilai ini berada dibawah ketentuan maksimal 5% kandungan lumpur agregat halus pada SK SNI S-04-1989_F. Hasil pemeriksaan dan perhitungan kadar lumpur agregat halus selengkapnya terdapat pada Lampiran 3.

1.1.2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan menunjukkan bahwa agregat kasar diperoleh nilai berat jenis agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan sebesar 2,924 dan penyerapan air sebesar 3,667. Hasil pemeriksaan dan perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

4.1 Hasil Pengujian Beton

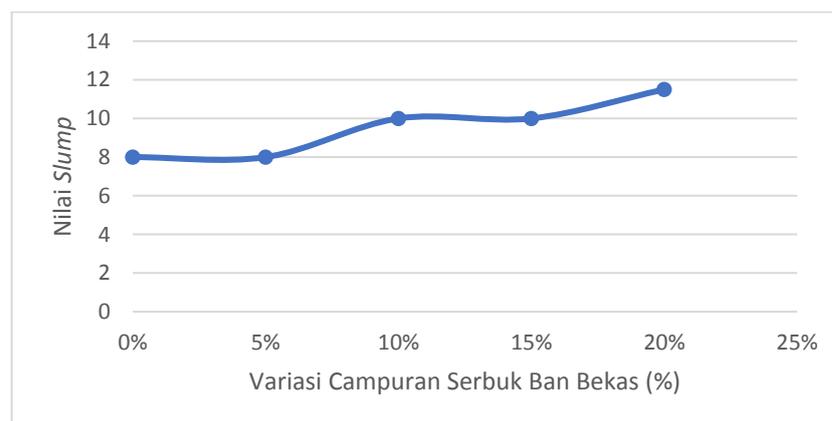
4.2.1. Slump

Campuran beton yang berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) beton yang mengacu pada ASTM C330. Hasil dari pengujian *slump* dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Hasil uji *slump*

No	Volume Campuran Agregat Ban Bekas (%)	Nilai <i>Slump</i> (cm)
1	0%	8
2	5%	8
3	10%	10
4	15%	10
5	20%	11.5

Dari tabel 4.3 dapat diketahui bahwa seiring bertambahnya campuran ban bekas pada campuran beton maka semakin menurun pula nilai *slump* pada campuran beton. Hal ini mengakibatkan tingkat pengerjaannya rendah atau sulit dilaksanakan.



Gambar 4.3 Hubungan antara variasi campuran serutan ban bekas dan nilai *slump*

Semakin tinggi nilai slump pada suatu campuran beton segar, akan menimbulkan pula *bleeding* pada benda uji saat pencetakan, hal tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Bleeding* pada beton segar saat pencetakan benda uji

4.2.2. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder yang memiliki ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat tekan beton yaitu *Universal Compression Tester Machine* yang mengacu pada SNI 1974:2011 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengujian kuat tekan beton

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4. Pada campuran 5% terjadi penurunan sebesar 37,9% dari beton normal, yaitu 33,06 MPa menjadi 20,53 MPa. Hal ini dikarenakan pada saat pengadukan beton segar, agregat tidak dapat tercampur dengan sempurna karena serutan karet ban bekas yang menyebabkan ikatan antar agregat tidak terjadi. Pada campuran 10% terjadi penurunan sebesar 23,1% terhadap campuran 5%, yaitu 20,53 MPa menjadi 15,79 MPa. Hal ini diakibatkan ketika proses pencetakan benda uji, air yang terdapat pada beton segar mengalir keluar melalui celah cetakan silinder beton, dan mengakibatkan ketidakterpapatan beton segar yang berada pada cetakan. Pada campuran 15% juga mengalami penurunan sebesar 18,3% terhadap campuran 10%, yaitu 15,79 menjadi 12,90. Penurunan ini diakibatkan pada proses penumbukan atau pemadatan beton segar pada campuran mengalami kesulitan, karena tingkat kelecakan yang semakin sulit, dan beton segar mengalami pengeringan lebih cepat. Begitu pula dengan campuran 20% mengalami penurunan sebesar 4,41%, hasilnya tidak jauh dari campuran 15%, yaitu 12,33 MPa.

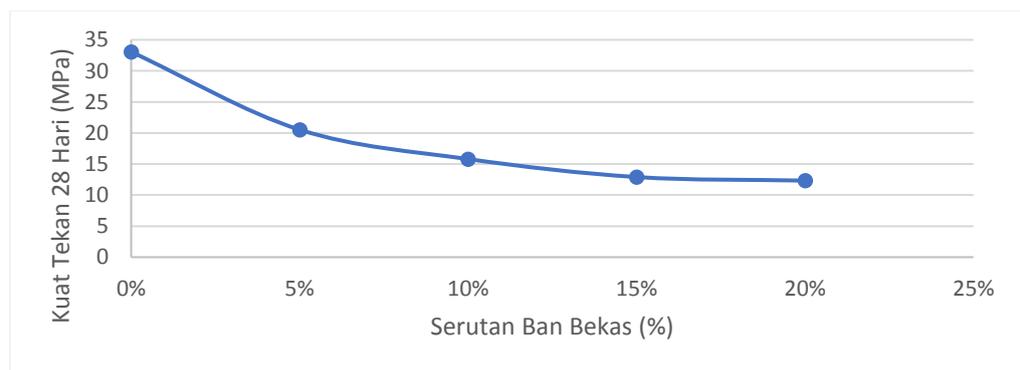
Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, dapat diketahui bahwa semakin besar volume serutan karet ban bekas yang digunakan atau dicampurkan pada campuran beton maka semakin menurun nilai kuat tekan yang dimiliki dibandingkan dengan beton normal. Hal ini diakibatkan tingkat kerapatan antar agregat tidak mengikat dengan baik, serta nilai *slump* yang rendah.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat tekan

Kode Benda Uji	Usia (hari)	Kadar Serutan Ban Bekas (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
PGB (1)	28	0	31,82	
PGB (2)	28	0	30,79	33,06
PGB (3)	28	0	36,56	
PGB 5%	28	5	19,61	
PGB 5%	28	5	21,13	20,53
PGB 5%	28	5	20,53	
PGB 10%	28	10	14,53	
PGB 10%	28	10	16,14	15,79

Tabel 4.4 Hasil pengujian kuat tekan (lanjutan)

Kode Benda Uji	Usia (hari)	Kadar Serutan Ban Bekas (%)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
PGB 10%	28	10	16,71	
PGB 15%	28	15	13,46	
PGB 15%	28	15	12,19	12,90
PGB 15%	28	15	13,05	
PGB 20%	28	20	12,46	
PGB 20%	28	20	11,60	12,33
PGB 20%	28	20	12,92	



Gambar 4.6 Hubungan presentase ban bekas dan kuat tekan

Tabel 4.5 Mutu Beton dan Penggunaannya (Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7 - 2005)

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk}' (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – < 35	K250 – <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – <20	K175 – <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – <15	K125 – <K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton

Berdasarkan hasil pengujian jika dilihat pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa, pada beton normal dan campuran 5% termasuk pada mutu sedang yang bisa digunakan pada struktur gelagar beton bertulang, kerb beton, dan sebagainya. Pada campuran 10%, 15% dan 20% termasuk pada mutu rendah. Biasa digunakan pada lantai kerja atau penimbunan kembali dengan beton.

4.2.3. Daya redam beton

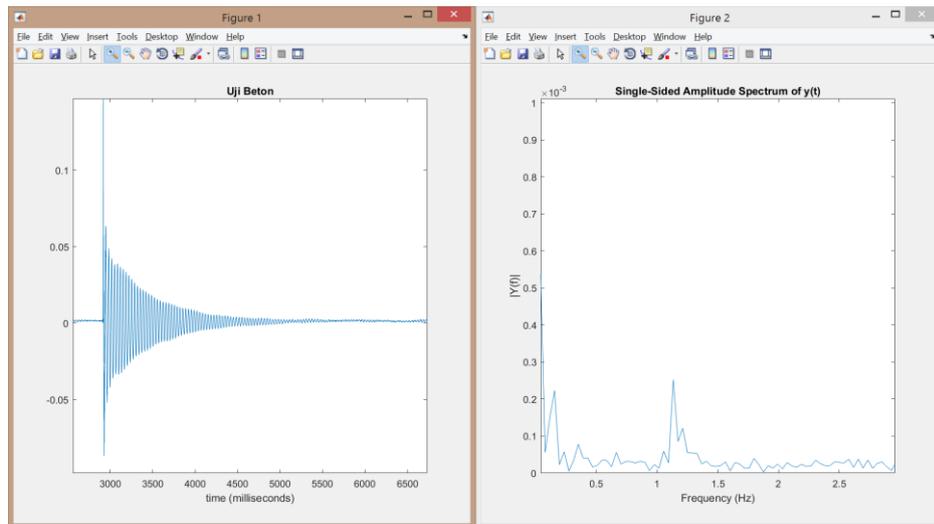
Pengujian daya redam dilakukan pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk balok yang memiliki ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15. Pengujian daya redam dilakukan dengan menggunakan alat uji getar yaitu *akselerometer* getaran, yang dibantu dengan *software matlab* dan *national instrument* sebagai pengambil data dan pengolah data.

Pengujian daya redam dilakukan dengan cara mendirikan benda uji balok diatas lantai yang datar. Cara pengujian ini dilakukan karena untuk mengetahui daya redam yang dimiliki beton secara keseluruhan tanpa adanya gangguan dari faktor lain. Apabila pengujian dilakukan dengan cara menjepit benda uji pada salah satu ujung balok, kemudian balok pada posisi horizontal, maka saat pemberian getaran atau pukulan pada benda uji, penjepit benda uji ikut bergetar sehingga mengganggu pembacaan daya redam.

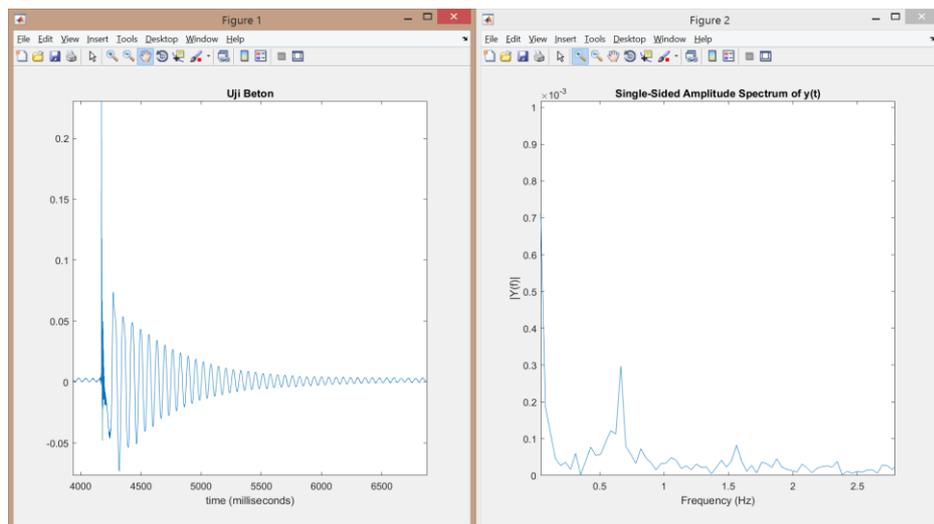


Gambar 4.7 Pengujian Daya Redam Beton

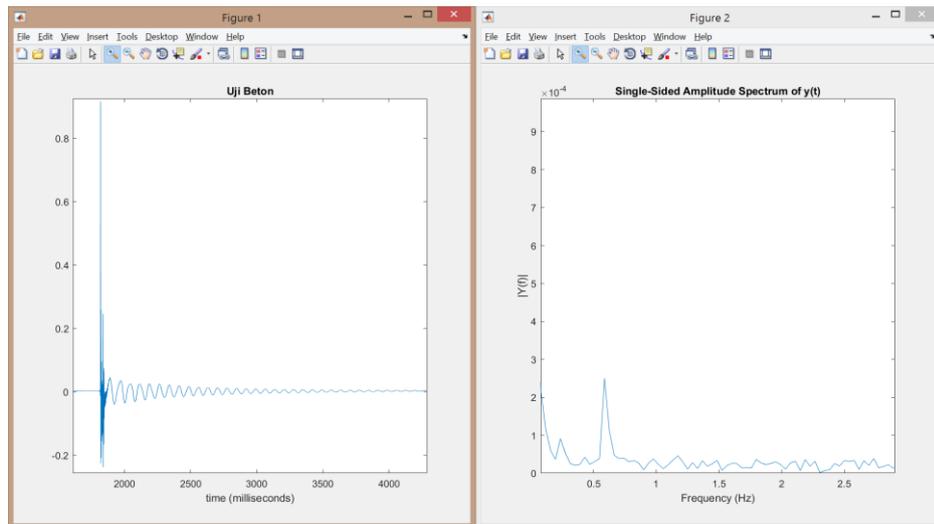
Dari hasil pengujian daya redam beton pada benda uji dapat dilihat pada gambar berikut.



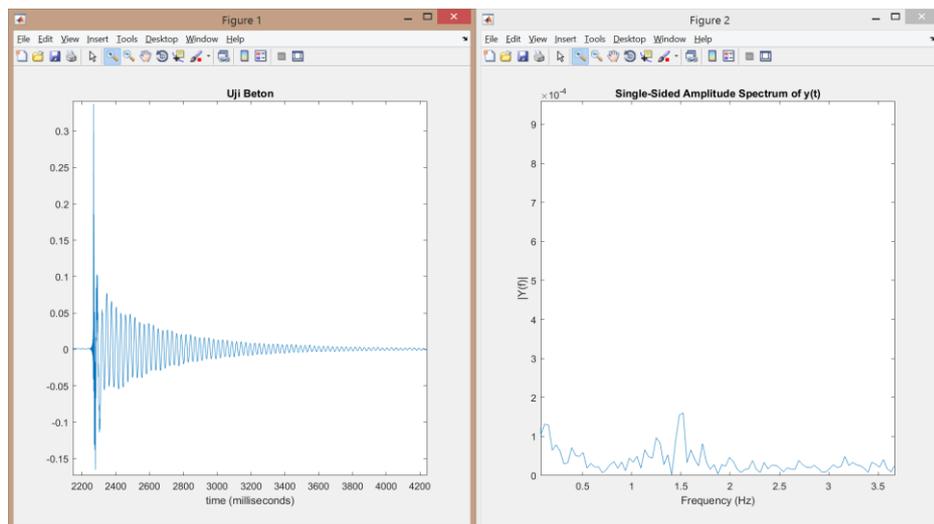
Gambar 4.8 Variasi campuran 0% serutan ban bekas



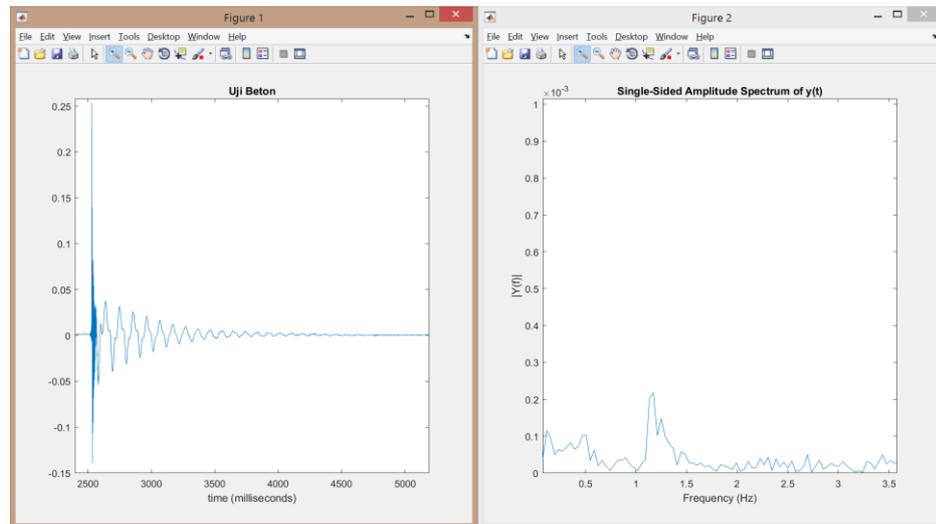
Gambar 4.9 Variasi campuran 5% serutan ban bekas



Gambar 4.10 Variasi campuran 10% serutan ban bekas



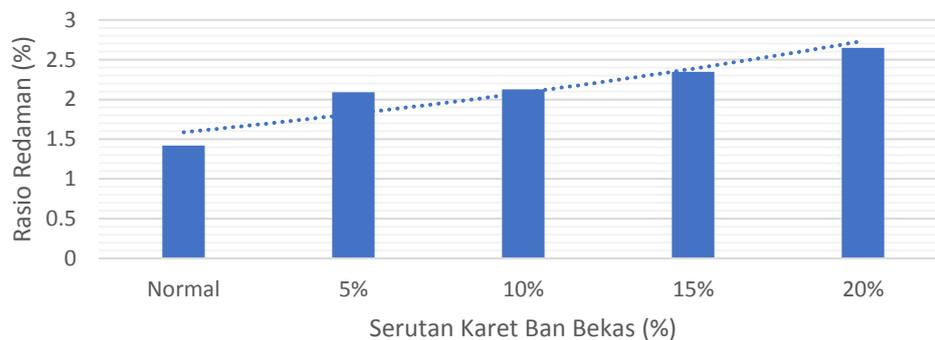
Gambar 4.11 Variasi campuran 15% serutan ban bekas



Gambar 4.12 Variasi campuran 20% serutan ban bekas

4.2.3.1 Analisa Rasio Redaman

Dari hasil pengujian redam beton dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Tabel 4.5. Pada grafik, jika dilihat menggunakan garis *trend eksponensial* terlihat terjadi peningkatan pada setiap penambahan persen campuran serutan ban bekas pada beton segar. Pada campuran 5% mengalami peningkatan 47% jika dibandingkan dengan beton normal, hal ini dikarenakan serutan karet ban bekas dalam beton membuat beton dapat meredam getaran yang diterima beton. Pada campuran 10%, sedikit mengalami penurunan 1,73% jika dibandingkan dengan campuran 5%. Penyebab penurunan ini karena benda uji yang sudah mengalami sedikit kerusakan pada bagian tepi beton, sehingga ketika dilakukan pengujian redam, beton tidak menyentuh sempurna di permukaan lantai. Pada campuran 15% dan 20% mengalami peningkatan yang cukup tinggi sekitar 11,6%, sehingga kemampuan redam semakin membaik.



Gambar 4.13 Hubungan antara variasi campuran serutan ban bekas dan rasio redam

Tabel 4.6 Hasil pengujian redaman

No	Variasi	y1	y2	N	Logarithmic Decrement (δ)	Damping Rasio (ϵ)	(%)	Rata- rata (%)	Frekuensi (Hz)
1	Normal	0.2817	0.1375	8	0.717	0.0149	1,429		
2	Normal	0.212	0.1027	7	0.625	0.01421	1.421	1.421	1,159
3	Normal	0.0635	0.03118	8	0.711	0.01415	1.415		
4	Serutan 5%	0.04375	0.02008	6	0.7788	0.02065	2.065		
5	Serutan 5%	0.07395	0.03426	5	0.7694	0.02449	2.449	2.09	0,677
6	Serutan 5%	0.04101	0.02116	6	0.6617	0.01755	1.755		
7	Serutan 10%	0.0332	0.0167	5	0.6907	0.02198	2.198		
8	Serutan 10%	0.04532	0.02132	6	0.7541	0.02000	2.000	2.1262	0,586
9	Serutan 10%	0.05087	0.02565	5	0.6847	0.02179	2.179		

Tabel 4.6 Hasil pengujian redaman (lanjutan)

No	Variasi	y1	y2	N	Logarithmic Decrement (δ)	Damping Rasio (ϵ)	(%)	Rata- rata (%)	Frekuensi (Hz)
10	Serutan15%	0.11	0.04964	6	0.7957	0.0211	2.11		
11	Serutan15%	0.1034	0.05016	5	0.7234	0.02303	2.303	2.3458	1,484
12	Serutan15%	0.06788	0.0351	4	0.6596	0.02624	2.624		
13	Serutan20%	0.04872	0.02167	5	0.8102	0.02579	2.579		
14	Serutan20%	0.03773	0.0166	4	0.8211	0.03267	3.267	2.6496	0,938
15	Serutan20%	0.03942	0.01784	6	0.7928	0.0213	2.103		

Menurut Newmark dan Hall (1982) telah menentukan rekomendasi nilai rasio redaman untuk tipe-tipe bangunan struktur, dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.7 Rekomendasi nilai rasio redaman untuk berbagai macam tipe struktur

Stress Level	Type and Condition of Structure	Damping Ratio (%)
Working stress, no more than about $\frac{1}{2}$ yield point	Welded steel, prestressed concrete, well-reinforced concrete (only slight cracking)	2-3
	Reinforced concrete with considerable cracking	3-5
	Bolted and/or riveted steel, wood structures with nailed or bolted joints.	5-7
At or just below yield point	Welded steel, prestressed concrete (without complete loss in prestess)	5-7
	Prestressed concrete with no prestessed left	7-10
	Reinforced concrete	7-10
	Bolted and/or riveted steel, wood structures with bolted joints	10-15
	Wood structrues with nailed joints	15-20

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa, beton dalam pengujian kali ini termasuk pada kategori yang baik menurut Newmark dan Hall dengan nilai rasio redaman 2-3% .