

PENGARUH LIMBAH BAN KARET SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR TERHADAP KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON

Dica Hermawan Setiaji¹, Sugeng Riyanto², Dandung Novianto³

¹Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang
¹dhermawans85@gmail.com, ²gusriyan74@yahoo.com, ³d.novianto64@gmail.com

ABSTRAK

Seiring berkembangnya zaman, meningkatnya industri otomotif beriringan juga dengan meningkatnya produksi ban yang menyebabkan akan terus bertambah limbah ban karet yang tidak dapat terurai oleh alam. Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan cara inovatif agar dapat mengurangi limbah ban karet yang semakin meningkat. Penggunaan limbah ban karet berupa serbuk (*crumb rubber*) sebagai material substitusi pasir pada beton menjadi salah satu jalan keluar untuk mengurangi limbah ban karet yang tidak digunakan. Dengan jumlah limbah yang banyak dengan mencacahnya menjadi ukuran yang lebih kecil bisa digunakan sebagai bahan substitusi pasir terhadap beton yang dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik beton dengan substitusi limbah ban karet berupa serbuk (*crumb rubber*) terhadap pasir tinjauan pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Metode penelitian, meliputi: pengujian sifat fisik agregat dan limbah ban karet berupa serbuk (*crumb rubber*), perancangan campuran beton (*mix design*) menggunakan referensi SNI 03-2834-2000 dan mutu beton yang digunakan yaitu $f_c' 20$ MPa. Sampel penelitian untuk setiap variasi 0%, 5%, 10% dan 15% berjumlah 20 benda uji silinder untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Hasil pengujian kuat tekan umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 10% dan 15% sebesar 21,1 MPa; 14,9 MPa; 10,7 MPa; dan 4,4 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas umur 28 hari secara berturut-turut untuk variasi 0%, 5%, 10% dan 15% sebesar 36063,6 kg/cm²; 25883,9 kg/cm²; 35461,5 kg/cm²; dan 28675,6 kg/cm². Substitusi limbah ban karet berupa serbuk (*crumb rubber*) menurunkan nilai kuat tekan rata-rata, nilai modulus elastisitas rata-rata.

Kata kunci : Limbah ban karet, *mix design*, kuat tekan, modulus elastisitas.

ABSTRACT

Along with the development of the times, the increasing automotive industry together with the increased production of tires that will cause waste tires to continue to grow that can not be decomposed by nature. To overcome this problem, innovative methods are needed to reduce the increasing waste of rubber tires. The use of rubber tire powder (crumb rubber) as a substitution material for sand in concrete is one way to reduce the waste of rubber tires that are not used. With a large amount of waste by chopping it into smaller sizes, it can be used as a substitution material for sand to concrete which is carried out at the Laboratory of Civil Engineering, Polytechnic, State of Malang. This study aims to analyze the characteristics of concrete by substituting waste rubber tire powder (crumb rubber) against the sand review of compressive strength and modulus of elasticity of concrete. Research methods, including: testing the physical properties of aggregates and rubber tire powder (crumb rubber), concrete mix design using SNI reference 03-2834-2000 and the quality of concrete used is $f_c' 20$ MPa. Research samples for each variation 0%, 5%, 10%, and 15% totaling 20 cylindrical specimens for testing the compressive strength and modulus of elasticity of concrete. The results of compressive strength test 28 days in a row for variation is 0%, 5%, 10% and 15% is 21,1 MPa; 14,9 MPa; 10,7 MPa; and 4,4 MPa. Modulus of elasticity testing results 28 days in a row for variation is 0%, 5%, 10% and 15% is 36063,6 kg/cm²; 25883,9 kg/cm²; 35461,5 kg/cm²; and 28675,6 kg/cm². The substitution of crumb rubber decreases the average compressive strength, the modulus of elasticity.

Keywords : Rubber tire waste, *mix design*, compressive strength, modulus of elasticity.

1. PENDAHULUAN

Di dunia konstruksi, beton sampai sekarang masih berperan penting sebagai material utama dalam pembangunan. Hal ini

dikarenakan banyak kelebihan yang dimiliki oleh beton itu sendiri seperti mudah dalam pengerjaannya, mempunyai kuat tekan yang tinggi, dan nilai ekonomis dalam pembuatan

maupun perawatannya. Sebaliknya, beton juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya rendahnya kemampuan menahan beban tarik karena kegetasan (*Brittle*) dari beton itu sendiri. Karena sifat beton yang getas menyebabkan beton akan segera retak jika mendapat gaya tarik yang tidak terlalu besar.

Penggunaan limbah padat sebagai substitusi material pada industri beton bukanlah hal yang baru. Namun, penggunaan limbah padat sebagai pengganti agregat pada beton beberapa tahun belakangan ini semakin meningkat karena sebagai solusi yang cukup menjanjikan untuk mengurangi limbah padat yang bersifat. Limbah anorganik yaitu limbah yang tidak dapat terurai oleh alam sehingga dapat dikatakan sebagai polusi lingkungan.

Ada salah satu contoh limbah anorganik yaitu limbah ban bekas dari serutan ban sisa pemakaian dari kendaraan. Produksi ban pada tahun 2010 mencapai 50 juta unit dan di tahun 2011 berada diangka 51,2 juta buah. Dimana, produksi ban tiap tahun terus meningkat sejalan dengan meningkatkan kebutuhan industri otomotif dan kebutuhan pasar domestik maupun ekspor . Sehingga tiap tahun akan semakin banyak limbah ban bekas yang dapat menjadi polusi lingkungan. Berkaca dari hasil tersebut maka diperlukan alternatif dalam pengolahan limbah yang berbahan karet tersebut.

Pemakaian agregat yang diambil dari alam sebagai bahan pembuatan campuran beton secara ekonomis cukup mahal, maka pemakaian limbah ban bekas sebagai bahan substitusi untuk mengganti sebagian agregat kasar dan halus dalam campuran beton menjadi alternatif agar dapat mereduksi pengeluaran biaya dan mengatasi pencemaran lingkungan akibat limbah ban bekas, dan diharapkan dapat menghasilkan suatu alternatif beton yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan dalam menahan beban.

Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

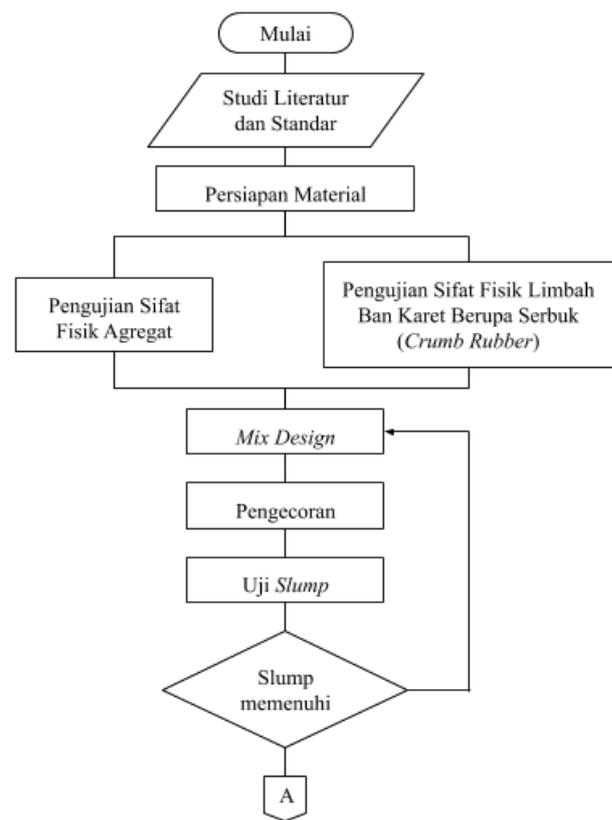
1. Menganalisis campuran beton (*Mix Design*) beton $f_c' 20$ MPa.
2. Menganalisis pengaruh penambahan limbah ban karet berupa serbuk (*Crumb Rubber*) pada campuran beton dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15% terhadap kuat tekan beton $f_c' = 20$ MPa.
3. Menganalisis pengaruh limbah ban karet berupa serbuk (*Crumb Rubber*) sebagai substitusi pasir dengan variasi (0%, 5%, 10%, dan 15%), terhadap perilaku modulus elastisitas beton.

2. METODE

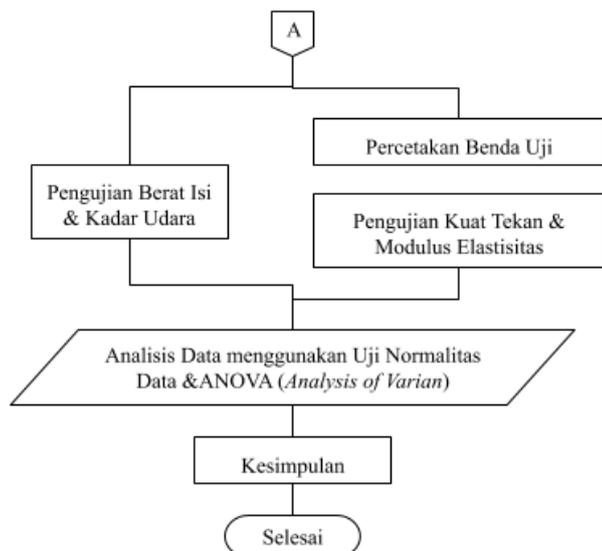
Pembuatan Benda Uji

Pada proses penelitian pengujian sifat fisik agregat dan pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan dan Beton Lantai 1, Politeknik Negeri Malang selama 4 bulan. Dan Pengujian benda uji dilakukan di Gedung D9 Lt 2 Kampus UM Jl. Semarang No. 5 Malang, Universitas Negeri Malang. Benda uji yang digunakan dalam penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas adalah benda uji silinder dengan ukuran (15 x 30) cm sejumlah 80 benda uji. Untuk proporsi campuran mutu beton menggunakan $f_c' 20$ MPa. Pada penelitian ini variasi komposisi limbah serbuk karet (*Crumb Rubber*) yang dibuat yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% dari agregat halus.

Langkah pelaksanaan dalam mekanisme pembuatan penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* dibawah :



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian



Gambar 2. Flowchart Penelitian (lanjutan)

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, dapat diketahui urutan pengerjaan penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan mengacu pada standar SNI 03-2834-2000 mempersiapkan material (limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*) sebagai variasi agregat halus. Limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*) ini didapatkan dari CV. Krakatau Media Grup, Kota Malang. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC (Semen Gresik).

Melakukan pengujian sifat fisik agregat halus meliputi uji kadar air, berat jenis, penyerapan, gradasi halus, gradasi gabungan dan berat jenis terhadap limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*).

Melakukan pengujian sifat fisik terhadap agregat kasar meliputi uji kadar air, berat jenis, penyerapan, gradasi, berat isi, keausan, dan kekerasan.

Merencanakan *Mix Design* Beton berpedoman pada SNI 03-2834-2000. Perencanaan campuran beton total benda uji silinder 80 sampel dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat agregat halus.

Melakukan pencampuran material meliputi semen, air, agregat halus, agregat kasar dengan ketentuan nilai Fas yang telah ditetapkan.

Saat pembuatan benda uji dan beton masih dalam keadaan beton segar, segera melakukan uji *slump*, kadar udara dan berat isi. Beton yang telah didiamkan 24 jam - dalam *mould* silinder dibuka (beton keras) dan direndam didalam bak dengan air menutupi seluruh badan benda uji silinder.

Melakukan pengujian kuat tekan beton, pengujian dilakukan apabila beton sudah pada umur 7, 14, 21 dan 28 hari. Kemudian melakukan analisis data menggunakan uji normalitas data dan ANOVA menggunakan aplikasi SPSS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian utama penelitian ini adalah pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton. Beberapa pengujian yang harus dilakukan untuk melengkapi data yang diperlukan untuk pengujian tersebut adalah uji sifat fisik limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*) yaitu melakukan uji berat jenis. Dan untuk agregat halus dan kasar, dilakukan beberapa pengujian fisik yang harus dilakukan agar memenuhi syarat yang berpedoman pada SNI 03-2834-2000. Data yang didapatkan dari hasil pengujian digunakan sebagai acuan adukan beton pembuatan beton.

Hasil Pengujian Limbah Ban Bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*)

Tabel 1. Hasil Pengujian Berat Jenis *Crumb Rubber*

No	Kode Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	CR Berat Jenis	1,05±0,04	gr/ml	-	Gravimetri

Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian yang dilakukan terhadap Agregat Halus terdiri dari kadar air, berat jenis, penyerapan, berat isi, analisa saringan hasil dari pengujian sifat fisik disampaikan pada tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Kadar Air	3,37	%
Berat Jenis	2,69	gr/cm ³
Penyerapan	0,64	%
Kadar Lumpur	0%	%
Kadar Organik	Bening	warna
Berat Isi Lepas	1,28	gr/cm ³
Berat Isi Tusuk	1,57	gr/cm ³
Berat Isi Goyang	1,59	gr/cm ³

Analisis Saringan	
Variasi 0%	Gradasi Zona 2
Variasi 5%	Gradasi Zona 2
Variasi 10%	Gradasi Zona 2
Variasi 15%	Gradasi Zona 2

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan terhadap Agregat Kasar terdiri dari kadar air, berat jenis, penyerapan, berat isi, analisa saringan, kekerasan dan keausan. Hasil dari pengujian sifat fisik disampaikan pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pemeriksaan	Hasil	Satuan
Kadar Air	0,96	%
Berat Jenis	2,29	gr/cm ³
Penyerapan	0,01	%
Berat Isi Lepas	1,22	gr/cm ³
Berat Isi Tusuk	1,54	gr/cm ³

Berat Isi Goyang	1,51	gr/cm ³
Kekerasan	4,14	%
Keausan	36	%
Analisa Saringan	Ukuran butir 20	mm

Perencanaan Mix Design

Pada penelitian ini, langkah untuk melakukan perencanaan *mix design* yaitu berpedoman pada SNI 03-2834-2000 dan parameter perencanaan *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Perencanaan *Mix Design* Penelitian

No.	Uraian	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (28 hari, 5%)	20 MPa pada 28 hari, bagian tak memenuhi syarat 5% (k=1,64)
2	Nilai tambah (margin)	12 MPa
3	Kuat Tekan rata-rata target	20 + 12 = 32 MPa
4	Jenis semen	Tipe I (Semen Gresik)
5	-Jenis Agregat Kasar	Batu pecah (Pasuruan)
	-Jenis Agregat Halus	Alami (Lumajang)
6	Faktor air semen bebas	0,54 (silinder)
7	Faktor air semen maksimum	0,6
8	Slump	30 - 60 mm
9	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10	Kadar air bebas	190 kg/m ³
11	Kadar semen	351,852 kg/m ³
12	Kadar semen minimum	275 kg/m ³
13	Gradasi agregat halus	zona 2
14	Persen agregat halus	35%
15	Berat jenis relatif (ssd)	2,790kg/m ³
16	Berat isi beton	2488 kg/m ³
17	Kadar agregat gabungan	1946,148 kg/m ³
18	Kadar agregat halus	681,152 kg/m ³
19	Kadar agregat kasar	1264,996 kg/m ³

Dari hasil pengujian di atas secara keseluruhan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan campuran beton Normal.

Standar yang digunakan dalam penentuan proporsi campuran beton adalah SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Penentuan Campuran Beton Normal. Penelitian kali ini merupakan penelitian dengan perbandingan variasi 0%, 5%,10%,dan 15% dari berat agregat halus kebutuhan material setiap variasi campuran dapat dilihat pada tabel 5 dan tabel 6 dibawah ini :

Tabel 5. Kebutuhan Material Per m³

No.	Jenis Beton	Beton Normal	Beton <i>Crumb Rubber</i>	Beton <i>Crumb Rubber</i>	Beton <i>Crumb Rubber</i>
		0%	5%	10%	15%
		(NC)	(NCR-5)	(NCR-10)	(NCR-15)
1	Semen	351,852	351,852	351,852	351,852
2	Pasir	681,152	647,094	613,037	578,979
3	Kerikil	1264,996	1264,996	1264,996	1264,996
4	Air	190,000	190,000	190,000	190,000
5	<i>Crumb Rubber</i>	-	34,058	68,115	102,173

Tabel 6 Kebutuhan Material Per 20 Benda Uji

No.	Jenis Beton	Beton Normal	Beton <i>Crumb Rubber</i>	Beton <i>Crumb Rubber</i>	Beton <i>Crumb Rubber</i>
		0%	5%	10%	15%
		(NC)	(NCR-5)	(NCR-10)	(NCR-15)
1	Semen	37,321	37,321	37,321	37,321
2	Pasir	72,251	68,638	65,026	61,413
3	Kerikil	134,180	134,180	134,180	134,180
4	Air	20,154	20,154	20,154	20,154
5	<i>Crumb Rubber</i>	-	3,613	7,225	10,838

Kuat Tekan Beton

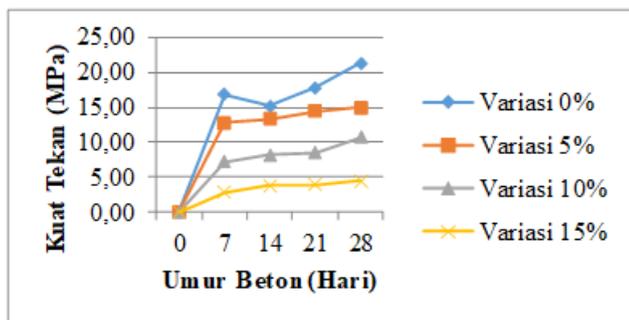
Hasil pengujian kuat tekan beton berupa pengujian kuat tekan silinder beton. Pengujian menggunakan mesin uji tekan *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian kuat tekan dilakukan setelah beton mencapai umur perawatan 7, 14, 21 dan 28 hari. Pada saat ditekan benda uji mampu menahan beban sampai benda uji mengalami kehancuran/ retak.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton. dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton dengan variasi limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*) tidak adak yang mencapai kuat tekan rencana hal ini dapat dilihat dari tabel 7 dan gambar Kurva dibawah ini:

Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-Rata Beton (Mpa) pada Umur 7 sampai 28 Hari dengan Berbagai Variasi

No.	Umur	Variasi (MPa)			
		0%	5%	10%	15%
1	7 Hari	16,8	12,8	7,2	2,8
2	14 Hari	15,2	13,4	8,2	3,8
3	21 Hari	17,8	14,4	8,5	3,9
4	28 Hari	21,3	14,9	10,7	4,4

Berdasarkan hasil penelitian di atas nilai rata – rata kuat tekan beton pada umur 7 – 28 hari semua variasi baik dari 0%, 5%, 10% dan 15% mengalami penurunan.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Umur dengan Kuat Tekan Beton dengan Variasi yang Berbeda

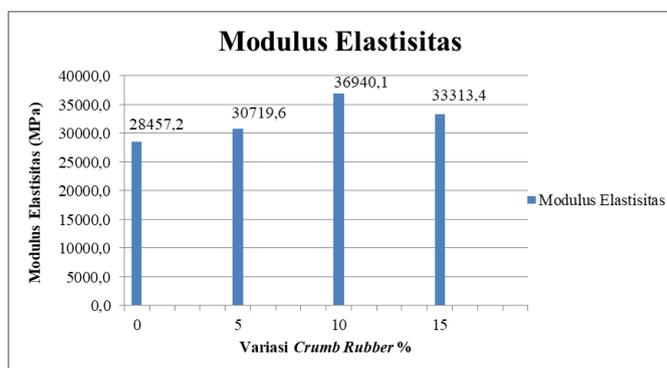
Berdasarkan Gambar 3 di atas nilai kuat tekan rata – rata pada umur 7, 14, 21 dan 28 semua nilai kuat tekan beton relatif mengalami peningkatan. Namun kuat tekan betonnya mengalami penurunan. Dari hasil penelitian nilai kuat tekan yang didapat belum memenuhi nilai kuat tekan yang direncanakan, karena serbuk karet (*Crumb Rubber*) didalam campuran beton ketika sudah kering lebih berpori dan mudah hancur. Dibandingkan dengan beton normal.

Modulus Elastisitas Beton

Untuk mengetahui sifat elastisitas pada suatu bahan dapat dilihat nilai modulus elastisitas pada kurva hubungan tegangan – regangan. Dalam pengujian ini menggunakan cara modulus *chord* yaitu harga ditentukan dari kemiringan garis yang menghubungkan antara dua titik pada diagram tegangan – regangan. Dan hasil pengujian didapat data sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

No.	Umur	Variasi (MPa)			
		0%	5%	10%	15%
1	7 Hari	21358,2	31802,1	37567,1	47270,1
2	14 Hari	22608,0	32321,8	37936,3	27117,8
3	21 Hari	33799,0	32870,6	36795,6	30190,2
4	28 Hari	36063,6	25883,9	35461,5	28675,6
Rata - rata		28457,2	30719,6	36940,1	33313,4



Gambar 4. Grafik Modulus Elastisitas

Hubungan antara Nilai Kuat Tekan dengan Nilai Modulus Elastisitas Beton

Setelah dilakukan semua pengujian didapat nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitas beton, maka akan didapat korelasi antara keduanya yaitu sebagai berikut:

Tabel 9. Korelasi antara Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton

Variasi	Umur	Nilai Kuat Tekan	Nilai Modulus Elastisitas
0 %	7	16,8	21358
	14	15,2	22608
	21	17,8	33799
	28	21,3	36064
5 %	7	12,8	31802
	14	13,4	32322
	21	14,4	32871
	28	14,9	25884
10 %	7	7,2	37567
	14	8,2	37936
	21	8,5	36796
	28	10,7	35461
15 %	7	2,8	47270
	14	3,8	27118
	21	3,9	30190
	28	4,4	28676

Hasil Pengujian Hipotesis

Dari pengujian kuat tekan dan nmodulus elasrisitas yang telah dilakukan, maka dilakukan uji hipotesis menggunakan aplikasi SPSS, yaitu sebagai berikut.

Uji Normalitas Data

Tabel 10. Hasil Pengujian Normalitas Kuat Tekan Beton (SPSS)

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
Kuat Tekan	Variasi	Satistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
		0%	,146	20	.200*	,971	20
5%		,128	20	.200*	,970	20	,759
10%		,148	20	.200*	,917	20	,089
15%		,207	20	,025	,936	20	,201

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan Tabel 10 hasil pengujian nilai kuat tekan terhadap variasi campuran pada kolom Kolmogorov-Smirnov dari setiap baris variasi menyebutkan nilai probabilitas pada variasi 0% sebesar 0,2, pada variasi 5% sebesar 0,2 dan variasi 10% sebesar 0,2, dan variasi 15% sebesar 0.025. Serta pada kolom Shapiro-Wilk dari setiap

baris variasi menyebutkan nilai probabilitas 0% sebesar 0,772, pada variasi 5% sebesar 0,759 dan variasi 10% sebesar 0,089 dan variasi 15% sebesar 0.201. Dari dua pengujian normalitas untuk pengujian kuat tekan beton di atas keputusan yang dapat diambil bahwa variasi 0%, 5%, 10% dan 15% memiliki data yang berdistribusi normal karena nilai probabilitas memiliki nilai lebih dari 0,05. Kecuali pada variasi 15% memiliki data berdistribusi tidak normal.

Tabel 11. Hasil Pengujian Normalitas Modulus Elastisitas Beton (SPSS)

Tests of Normality							
Crumb Rubber		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Variasi	0%	,281	4		,838	4	,189
	5%	,380	4		,753	4	,041
	10%	,217	4		,931	4	,602
	15%	,380	4		,752	4	,040

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan **Tabel 11.** hasil pengujian nilai modulus elastisitas beton terhadap variasi campuran pada kolom Shapiro-Wilk dari setiap baris variasi menyebutkan nilai probabilitas 0% sebesar 0,189, pada variasi 5% sebesar 0,041 dan variasi 10% sebesar 0,602 dan variasi 15% sebesar 0.040. Dari pengujian normalitas untuk pengujian modulus elastisitas beton di atas keputusan yang dapat diambil bahwa variasi 0%, dan 10% memiliki data yang berdistribusi normal karena nilai probabilitas memiliki nilai lebih dari 0,05. Kecuali pada variasi 5% dan 15% memiliki data berdistribusi tidak normal.

Analisis Varian (ANOVA)

Pengujian Anova dibutuhkan sebagai syarat untuk mengetahui data kuat tekan yang diperoleh benar – benar data yang memiliki validitas. sehingga dari data anova diperoleh sebagai penunjang nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton yang telah di uji.

Berdasarkan hasil uji normalitas data atau uji distribusi normal data yang digunakan berdistribusi normal maka pengujian anova dapat dilakukan. Pengujian anova dapat dilihat pada tabel 12 dan 13 di bawah ini.

Tabel 12. Pengujian ANOVA SPSS Kuat Tekan Beton

ANOVA					
Kuat Tekan (MPa)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15923720386,250	3	5307906795,417	1,353	,304
Within Groups	47078191939,500	12	3923182661,625		
Total	63001912325,750	15			

Between Groups	225302,738	3	75100,913	175,501	,000
Within Groups	32522,150	76	427,923		
Total	257824,888	79			

F output > F tabel = 175,501 > 2,72 maka H0 ditolak, H1 diterima

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa variasi campuran menurunkan nilai kuat tekan beton.

Tabel 13. Pengujian ANOVA SPSS Nilai Modulus Elastisitas Beton

ANOVA					
Nilai Modulus Elastisitas Beton					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15923720386,250	3	5307906795,417	1,353	,304
Within Groups	47078191939,500	12	3923182661,625		
Total	63001912325,750	15			

F output < F tabel = 1,353 < 3,29 maka H0 diterima, H1 ditolak

Dari perhitungan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa variasi campuran meningkatkan nilai modulus elastisitas beton.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Campuran beton (Mix Design) yang direncanakan telah sesuai dengan mutu beton yang diinginkan yaitu 20 MPa khususnya untuk beton variasi 0%. Sedangkan untuk variasi 5%, 10%,15% mutu beton turun.
2. Nilai kuat tekan beton rata-rata tertinggi yaitu dengan variasi campuran normal pada umur 28 hari yaitu sebesar 21,3 MPa, variasi campuran 5% sebesar 14,9 MPa, variasi campuran 10% sebesar 10,7 Mpa, dan variasi campuran 15% sebesar 4,4 MPa. Penggunaan substitusi pasir dengan limbah ban bekas berupa serbuk (Crumb Rubber) berdampak menurunkan nilai kuat tekan beton rata-rata dan berat beton yang semakin ringan dari setiap penambahan jumlah variasi.
3. Nilai modulus elastisitas beton rata-rata yaitu dengan variasi campuran normal yaitu sebesar 28457,2 MPa, variasi campuran 5% sebesar 30719,6 MPa, variasi campuran 10% sebesar 36940,1 Mpa, dan variasi campuran 15% sebesar 33313,4 MPa. Penggunaan substitusi pasir dengan limbah ban bekas berupa serbuk (Crumb Rubber) berdampak dapat menaikkan nilai modulus elastisitas pada variasi 5% dan 10%. Sedangkan

pada variasi 15% menurunkan nilai modulus elastisitas beton.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diberikan saran untuk penelitian lanjutan yang lebih baik sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengecoran, harus menggunakan metode yang sesuai standard agar tidak terjadi segregasi pada beton.
2. Pemanfaatan limbah ban karet berupa serbuk (*Crumb Rubber*) sebaiknya diaplikasikan untuk beton ringan / non struktural.
3. Untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan konsep limbah ban bekas berupa serbuk (*Crumb Rubber*) dengan menggunakan benda uji balok agar dapat mengetahui kuat lentur pada campuran serbuk karet (*Crumb Rubber*) tersebut atau digunakan sebagai sambungan antar balok dan kolom tahan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji, Pujo. (2010). "Pengendalian Mutu Beton", Penerbit: ITS Press, Surabaya.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. 2013, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung" (SNI 2847: 2013), Jakarta.
- [3] Gryns A, Sivilecius H and Dauksys M 2012 Tyre rubber additive effect on concrete mixture strength *Journal of Civil Engineering and Management* 18(3)
- [4] Li, H. and Liu, W., 2013. *The experimental research of screw conveyor feeding system, Applied Mechanics and Materials*, 251: 101-103.
- [5] Mulyono, T., 2005, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- [6] Muhaimin, A., 2015, "Perilaku Mekanik Beton dengan *Crumb Rubber*", Tugas Akhir Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanudin.
- [7] Mc. Cormac, J.C. 2003. *Design of Reinforced Concrete (Fifth edition)* (terjemahan). Jakarta: Erlangga
- [8] Naik, T. R. dan R. Siddique. 2002. *Blended Fly Ash Cement*. Departement of Civil and Mechanics College of Engineering and Applied Science The University of Wisconsin, Milwaukee
- [9] Nastain, N. and Maryoto, A., 2010. Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas Untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku. *Dinamika Rekayasa*, 6(1), pp.14-18.
- [10] Nawy, E. G., 1998. *Beton Bertulang: Suatu Pendekatan Dasar*, PT Refika Aditama, Bandung.
- [11] Neville, A.M 1995. *Properties of Concrete*. London: the English Language Book Society and Pitman Publishing.
- [12] NM Noor, H Hamada, Y Sagawa and D Yamamoto (2015), *Effect of crumb rubber on concrete strength and chloride ion penetration resistance* *Jurnal Teknologi* 77(32).
- [13] Nurlina, Siti. 2011, *Teknologi Bahan* 1.Malang:Bargie Media
- [14] Putra, L., 2015, *Perilaku Lentur Beton yang Menggunakan Limbah Ban sebagai Agregat*, Tugas Akhir Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanudin.
- [15] Riyanto. Sugeng., Nurani. Puri.,Qomariah, (2000), *Modul Pengujian Bahan Bangunan*, Malang., Politeknik Universitas Brawijaya.
- [16] Samekto, W dan Rahmadiyanto C,2001. *Teknologi Bahan*, Kanisius, Yogyakarta.
- [17] SNI 03-2834-2000. "Tata Cara Pembuatan rencana Beton Normal". Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- [18] SNI 15-7064-2004. "Semen Portland Komposit". Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- [19] Suharwanto. 2005. *Perilaku Mekanik Beton Agregat Daur Ulang: Aspek Material – Struktural*. Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung
- [20] Susilorini, Rr. M. I. Retno., Sambowo, Kusno., dan Santosa, Budi. 2011. *Pemanfaatan Material Lokal untuk Teknologi Beton Ramah Lingkungan yang berkelanjutan*, Laporan Akhir, Hibah Kompetensi, Tahun Ketiga, Unika Soegijapranata.
- [21] Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada.
- [22] Winansa, F.A. and Setiawan, A.A., 2019. Kajian Penggunaan Potongan Ban Bekas Terhadap Kuat Tekan Beton. *WIDYAKALA: JOURNAL OF PEMBANGUNAN JAYA UNIVERSITY*, 6, pp.1-5.