

Pengaruh Penambahan Remahan Karet (*Crumb Rubber*) Pada Campuran Beton Normal

Elton Tri Juan Simon ^{*1a}, Frans Phengkarsa ^{*2}, Olan Jujun Sanggaria ^{*3}

Submit:
20 Mei 2024

Review:
30 Mei 2024

Revised:
1 Juni 2024

Published :
12 Agustus 2024

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, benisaputra15@gmail.com

^{*2} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, fphengkarsa60@gmail.com

^{*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, olanjujun@gmail.com

^aCorresponding Author: benisaputra15@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan salah satu bahan pokok yang biasanya dipakai dalam dunia konstruksi, karena sifatnya yang bermacam sesuai dengan perubahan campuran penyusunnya seperti air, semen *portland* komposit, agregat kasar dan halus serta bahan tambahan lainnya jika diperlukan. Dalam penelitian ini digunakan serat kabel tembaga sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Penelitian ini, Karakteristik agregat halus dan agregat kasar dari sungai jeneberang menunjukkan hasil yang memenuhi spesifikasi. Agar diketahui karakteristik beton, dilaksanakan uji kuat tekan dan kuat tarik belah. Menurut pengujian tersebut, didapatkan rata-rata Nilai Kuat tekan pada variasi beton normal sebesar 21,966 Mpa, pada variasi 1,75% sebesar 21,118 Mpa dan pada variasi 2% sebesar 20,741 Mpa. Untuk data uji kuat tarik belah dihasilkan angka rata-rata untuk variasi 0% sebesar 3,300 Mpa, untuk variasi 1,75% sebesar 2,875% dan untuk variasi 2% sebesar 3,017 Mpa.

Kata kunci : Serat Kabel Tembaga, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Beton

Abstract

One of the materials that is main materials usually used in construction, because its properties vary according to changes in the constituent mixture such as water, composite portland cement, coarse and fine aggregates and other additional materials if necessary. In this research, copper cable fiber was used as a component that is added to the concrete mixture. This study's features, the qualities of excellent aggregate and coarse aggregate from the Jeneberang River, shows results that meet specifications. In order to know the characteristics of concrete, Tests for split tensile strength and compressive strength are conducted. According to this test, the average compressive strength value obtained for the normal concrete variation was 21.966 Mpa, for the 1.75% variance it was 21.118 Mpa and for the 2% variance it was 20.741 Mpa. For results from the split tensile strength test, the average figure for the 0% variation was 3,300 Mpa, for the 1.75% variance it was 2.875% and for the 2% variations it was 3.017 Mpa.

Keywords : Copper Cable Fiber, Compressive Strength, Split Tensile Strength, Concrete

PENDAHULUAN

Beton sangat banyak digunakan saat ini dalam dunia konstruksi karena merupakan campuran material komposit meliputi agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan pengikat hidrolis atau semen. Salah satu alasan penggunaan beton yang utama adalah karena bahan dasar yang mudah ditemukan, dan juga beton relatif mudah dibuat dan dibentuk, selain itu harganya lebih murah dan memiliki ketahanan yang tinggi untuk menahan gaya tekan. Salah satu manfaat dari metode substitusi material beton yaitu dapat menggunakan limbah anorganik. Limbah anorganik dapat berupa hasil sisa produksi maupun pemakaian, salah satunya adalah limbah karet yang merupakan sisa dari pembuatan sandal karet. Seiring dengan itu, maka limbah karet yang tidak terpakai di lingkungan semakin meningkat, sehingga limbah karet ini dapat dijadikan alternatif sebagai pengganti pasir pada campuran beton. Selain itu material ini menjanjikan untuk secara signifikan mengurangi dampak lingkungan tertentu, namun sifat strukturalnya masih relatif belum dieksplorasi. Beton karet sendiri memiliki sifat istimewa di bandingkan beton biasa.

Pada penelitian Muhammad Yazid, Menurut penelitian ini, penambahan semen tidak selalu dapat meningkatkan kualitas beton. Penambahan semen pada pagi hari dengan suhu adukan 24°C menunjukkan peningkatan nilai mutu. Penambahan semen pada siang hari dengan suhu adukan 32°C menunjukkan peningkatan hasil kuat tekan. Nilai kuat tekan beton turun menjadi $41,16\text{ MPa}$ setelah menambah semen variasi 600 kg . Dengan demikian, pengadukan campuran beton dapat dilakukan dengan lebih baik pada pagi hari dengan suhu adukan 24°C daripada pada siang hari dengan suhu adukan 32°C . [1]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan beton tertinggi adalah $26,893\text{ MPa}$, kekuatan tarik belah tertinggi adalah $2,453\text{ MPa}$, dan modulus elastisitas tertinggi adalah $22209,358\text{ MPa}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring bertambahnya variasi persentase abu ijuk, penggunaan abu ijuk sebagai bahan tambahan menurun. [2]. Hasil uji kekuatan tekan beton campuran serbuk kayu kulim menunjukkan bahwa pada usia 7 hari, beton memperoleh nilai tertinggi pada variasi $1,5\%$ sebesar $154,091\text{ kg/cm}^2$, dan pada usia 28 hari, beton memperoleh nilai tertinggi pada variasi $1,5\%$ sebesar $258,33\text{ kg/cm}^2$. Dengan demikian, penambahan serbuk kayu kulim pada campuran beton menurunkan nilai kekuatan tekannya. [3]. Ada kesimpulan bahwa penambahan Damdex sebesar $0,2\%$ adalah campuran terbaik karena dapat meningkatkan kuat tekan dan modulus elastisitas beton dibandingkan dengan beton tanpa tambahan Damdex. Namun, penambahan Damdex lebih dari $0,2\%$ akan menghasilkan modulus dan kuat tekan yang lebih rendah. [4]. Dengan penggunaan 15% , hasil kuat tekan dan berat beton berbeda dari 5% dan 10% , kaolin dapat digunakan sebagai bahan tambahan campuran pada beton ringan. [5]. Berat tertinggi adalah $2114,7\text{ kg/m}^3$, menurut hasil pengujian pada umur 28 hari. Dalam variasi campuran IV (1PC: 2Ps: 8% limbah karbit), kekuatan tekan maksimum adalah $24,62\text{ Mpa}$. Dengan berat isi $2098,3\text{ kg/m}^3$ dan modulus elastisitas $3924,56\text{ Mpa}$, [6]. Salah satu cara untuk menggunakan serat bambu dalam campuran beton adalah dengan menjadikannya bahan tambah. Penambahan serat bambu kuat tekan yang optimal adalah pada variasi $4,5\%$, sedangkan variasi 5% memberikan penurunan. [7]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa campuran silika fume untuk pembuatan beton dapat digunakan jika jumlah silika fume tidak lebih dari 4% dari berat semen. [8]. Dalam pengujian ini, tujuan menambah soda potash ke dalam air untuk campuran untuk mengukur pengaruh soda potash terhadap campuran beton. Pada umur beton 28 hari, nilai maksimum beton adalah $25,643\text{ MPa}$ dengan variasi $7,5\%$ hasil tarik belah uji adalah $2,475\text{ MPa}$ dengan variasi $7,5\%$; dan kuat lentur beton maksimum adalah $2,795\text{ MPa}$ dengan variasi $7,5\%$. [9]. Hasil uji hipotesis menunjukkan bahwa penggunaan serat kaleng aluminium mempengaruhi karakteristik mekanis beton. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa pada campuran beton umur 28 hari, nilai persentase optimal untuk kuat tekan adalah $0,041\%$, kuat tarik belah adalah $0,061\%$, dan kuat tarik lentur adalah $0,060\%$. [10].

METODOLOGI

A. Lokasi Material

Untuk agregat kasar dan agregat halus yang dipakai diambil dari Sungai Jeneberang. Untuk limbah limbah karet yang digunakan diambil dari Cv. Obyrubber Perkasa.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat

Limbah karet atau sering disebut dengan istilah (*Crumb Rubber*) adalah material yang dihasilkan dari proses produksi industri seperti ban, karet sintetis, atau produk karet lainnya.



Gambar 2. Limbah Limbah Karet

B. Trial Mix

Agar diketahui apakah perhitungan komposisi campuran yang telah dihitung bisa mencapai nilai kuat tekan rencana maka dilakukan *trial mix* dengan menggunakan 3 hari sebagai faktor umur pengujian. Berikut data uji *Trial mix*.

Tabel 1. Hasil Uji *Trial Mix*

No Benda Uji	Umur (Hari)	Luas Penampang	P (kN)	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Rata-Rata
1	3	17671,459	120	16,970	20,0337
2			160	22,626	
3			145	20,505	

C. *Mix Design*

Merancang atau memilih bahan untuk digunakan dalam pembuatan beton dengan mempertimbangkan kualitas dan kuantitas material dikenal sebagai *mix design*. Tujuan dari desain campuran adalah agar ditentukan proporsi material yang akan dipakai dalam menyusun beton, sehingga hasilnya sesuai dengan kualitas yang diharapkan. Metode Mix Design Metode SNI 2834 : 2000 yang dipakai saat melaksanakan studi ini.

D. Proses Pembuatan Benda Uji

Dalam membuat sampel akan diproses jika daya yang didapatkan dari proses uji coba yang dilakukan sudah mencapai mutu beton perencanaan. Benda uji dicetak sejumlah 60 sampel yang mana terdiri dari 36 sampel untuk uji kekuatan tekan dan 12 sampel untuk uji kekuatan tarik belah serta 12 sampel untuk pengujian kuat lentur.

E. Karakteristik Material

Sebelum dilakukan penelitian, bahan yang akan dicampurkan seperti agregat kasar dan agregat halus harus diperiksa karakteristiknya, agar diketahui kandungan apa yang ada pada material yang digunakan dan agar terjamin kualitas mutunya.

Tabel 2. Spesifikasi sifat agregat kasar

AGREGAT KASAR				
No.	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	1,482	0.5% - 2.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,929	0.2% - 1.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,677	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	0,664	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1606,429	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1463,571	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	7,073	5,50 - 8,50	Memenuhi

Tabel 3. Spesifikasi Karakteristik Agregat Halus

AGREGAT HALUS				
No.	Karakteristik	Hasil	Interval ASTM	Keterangan
1	Kadar Air	3,520	3.0% - 5.0%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	3,520	0.2% - 6.0%	Memenuhi
3	Berat Jenis SSD	2,681	1.60 - 3.20	Memenuhi
4	Absorpsi (Penyerapan)	1,113	0.20% - 2.00%	Memenuhi
5	Berat Volume Padat	1496,994	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
6	Berat Volume Gembur	1437,107	1400 - 1900 kg/m ³	Memenuhi
7	Modulus Kehalusan	2,597	< 3,10	Memenuhi

F. Perawatan Bahan Uji

Menurut SNI 1974:2011, bahan uji yang sudah dipisah dari pencetaknya dan diberi tanda kemudian dilakukan perawatan dengan perendaman pada bak air atau curing dengan interval waktu perendaman yaitu 7, 21 dan 28 hari.



Gambar 3. Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kuat Tekan

Pemeriksaan kekuatan tekan pada beton diawali ketika sampel uji berusia hari ke-7, ke-21, dan ke-28. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkan alat uji kuat tekan agar mencari kekuatan tekan tertinggi beton dengan beban tekan (P) yang dinyatakan dengan satuan kN. Kemudian perincian perhitungan kekuatan tekan sampel.

Tabel 4. Variasi 0% Limbah Karet

Umur	Berat Benda Uji	P	Kuat Tekan Beton Aktual	Faktor konversi	Kuat Tekan Beton Konversi 28 Hari	Rata-rata	Hasil rata-rata
Hari	(Kg)	(kN)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
7	12.44	240	13.576	0,65	20.886	20.596	20.916
	12.46	230	13.010		20.016		
	12.45	240	13.576		20.886		
21	12.47	360	20.364	0,95	21.435	20.939	20.916
	12.42	340	19.232		20.245		
	12.46	355	20.081		21.138		
	12.40	370	20.929		20.929		

28	12.43	385	21.778	1	21.778	21.212
	12.41	370	20.929		20.929	

Tabel 5. Variasi 3% Limbah Karet

Umur	Berat Benda Uji	P	Kuat Tekan Beton Aktual	Faktor konversi	Kuat Tekan Beton Konversi 28 Hari	Rata-rata	Hasil rata-rata
Hari	(Kg)	(kN)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
7	12.48	240	13.576	0,65	20.886	21.756	
	12.50	260	14.707		22.626		
	12.49	250	14.141		21.756		
21	12.48	370	20.929	0,95	22.031	22.229	22.204
	12.47	370	20.929		22.031		
	12.50	380	21.495		22.626		
28	12.51	400	22.626	1	22.626	22.626	
	12.51	410	23.192		23.192		
	12.49	390	22.061		22.061		

Tabel 6. Variasi 6% Limbah Karet

Umur	Berat Benda Uji	P	Kuat Tekan Beton Aktual	Faktor konversi	Kuat Tekan Beton Konversi 28 Hari	Rata-rata	Hasil rata-rata
Hari	(Kg)	(kN)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
7	12.50	250	14.141	0,65	21.756	22.191	
	12.53	260	14.707		22.626		
	12.52	255	14.424		22.191		
21	12.55	390	22.061	0,95	23.222	22.924	22.863
	12.51	380	21.495		22.626		
	12.53	385	21.778		22.924		
28	12.55	430	24.323	1	24.323	23.475	
	12.50	400	22.626		22.626		
	12.53	415	23.475		23.475		

Tabel 7. Variasi 9% Limbah Karet

Umur	Berat Benda Uji	P	Kuat Tekan Beton Aktual	Faktor konversi	Kuat Tekan Beton Konversi 28 Hari	Rata-rata	Hasil rata-rata
Hari	(Kg)	(kN)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	(MPa)
7	12.55	230	13.010	0,65	20.016	19.000	
	12.43	225	12.727		19.580		
	12.46	200	11.313		17.405		
	12.48	340	19.232		20.245		

21	12.51	325	18.384	0,95	19.351	19.748
	12.50	330	18.667		19.649	
28	12.41	350	19.798	1	19.798	19.892
	12.52	365	20.646		20.646	
	12.48	340	19.232		19.232	

B. Kuat Tarik Belah

Pemeriksaan ini dilaksanakan saat sampel mencapai hari ke-28 dengan memakai alat mesin penekan agar diketahui gaya tarik belah maksimum beton di bawah beban (P) serta dinyatakan dalam kN.

Tabel 8. Hasil Uji Kuat Tarik Belah

Variasi	Umur Beton	Berat Beton	Beban maksimum	L	D	Kuat Tarik Belah (Mpa)	Rata-Rata
0%	28	12.47	160	300	150	2.263	2.074
		12.43	150	300	150	2.121	
		12.45	130	300	150	1.838	
3%	28	12.53	200	300	150	2.828	2.640
		12.50	170	300	150	2.404	
		12.51	190	300	150	2.687	
6%	28	12.52	190	300	150	2.687	2.451
		12.48	160	300	150	2.263	
		12.50	170	300	150	2.404	
9%	28	12.55	130	300	150	1.838	1.980
		12.5	160	300	150	2.263	
		12.47	130	300	150	1.838	

C. Kuat Lentur Beton

Pengujian ini dilakukan ketika benda uji berumur 28 hari, dengan benda uji berbentuk balok dengan ukuran 600 mm × 150 mm × 150 mm dengan menggunakan alat uji lentur yang memiliki 2 titik pembebanan.

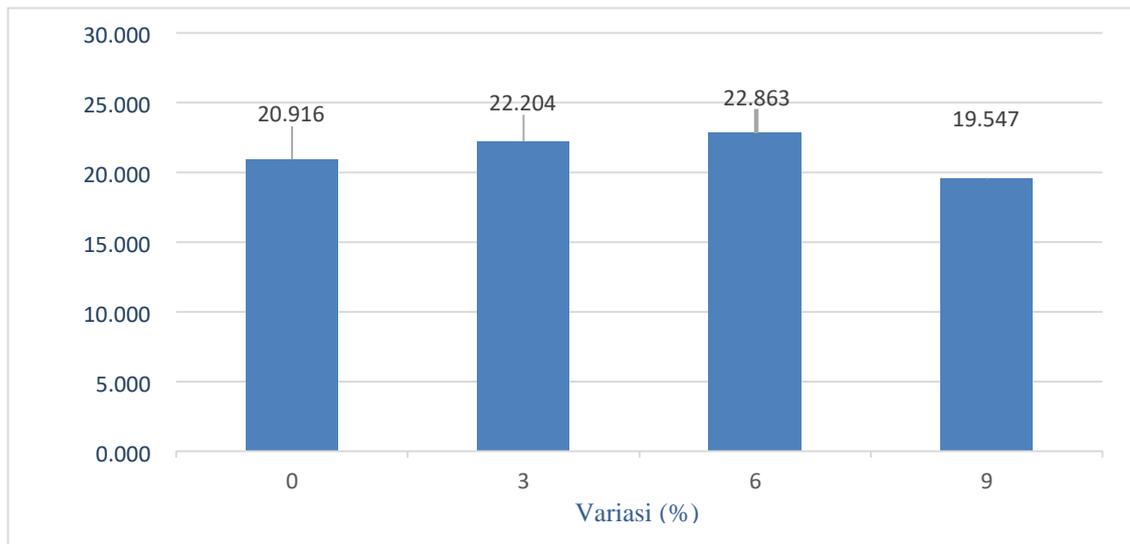
Tabel 9. Hasil Uji Kuat Lentur

Umur Hari	Variasi %	Beban Maksimum (Ton)	Beban Maksimum (N)	Kuat Lentur Beton (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
28	0%	1.50	14710.050	2.266	2.266
		1.50	14710.050	2.266	
		1.50	14710.050	2.266	
	3%	2.00	19613.400	3.022	3.022
		2.00	19613.400	3.022	
		2.00	19613.400	3.022	
	6%	1.90	18632.730	2.871	2.820
		1.80	17652.060	2.720	
		1.90	18632.730	2.871	
	9%	1.40	13729.380	2.115	2.166
		1.50	14710.050	2.266	
		1.40	13729.380	2.115	

PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan dalam studi ini yakni uji kekuatan tekan dan kekuatan tarik belah serta kuat lentur pada beton normal dan beton yang menggunakan penambahan limbah karet. Adapun metode yang dipakai ialah menggunakan metode SNI yaitu pada pengujian kekuatan tekan (Berdasarkan SNI 1974:2011) dan pengujian kuat tarik belah (Menurut SNI 2491:2014) dan pengujian kuat lentur (Berdasarkan SNI 1974- 2011).

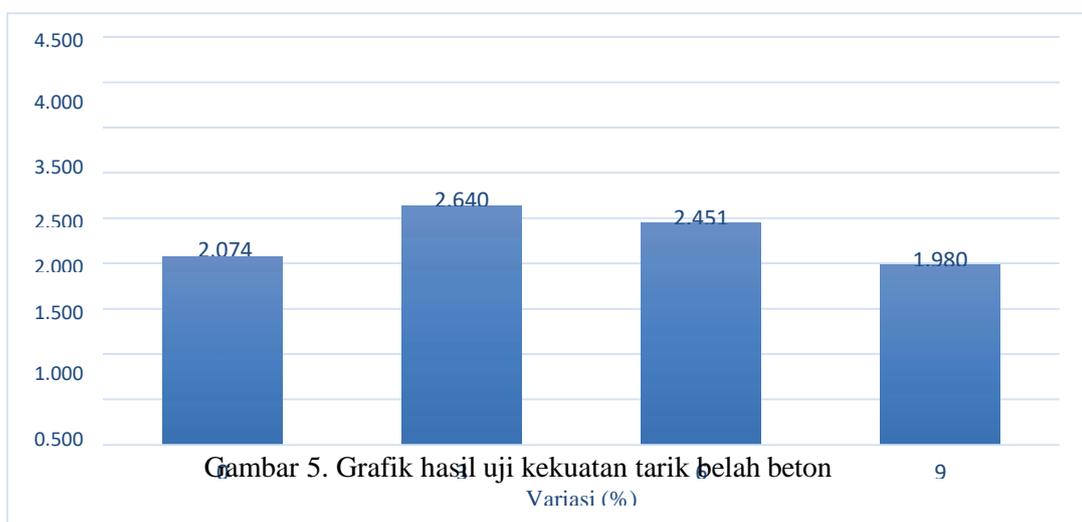
A. Kekuatan Tekan



Gambar 4. Grafik data pengujian kekuatan tekan beton

Dari grafik di atas, menunjukkan bahwa terjadi penambahan kuat tekan sebesar 1,288 Mpa pada penambahan 3% *Crumb Rubber*, dan 1,946 Mpa pada penambahan 6% *Crumb Rubber*, dan dapat dilihat bahwa maksimal kenaikan kuat tekan hanya pada penambahan 6% *Crumb Rubber* dan kemudian mengalami penurunan kuat tekan pada penambahan 9% *Crumb Rubber* sebesar 1,369 Mpa. Dan dari hasil tersebut kita dapat melihat bahwa jika penambahan melebihi dari 6% *Crumb Rubber* akan membuat mutu beton menjadi turun sehingga *Crumb Rubber* kurang efektif digunakan untuk bahan campur beton jika berlebihan.

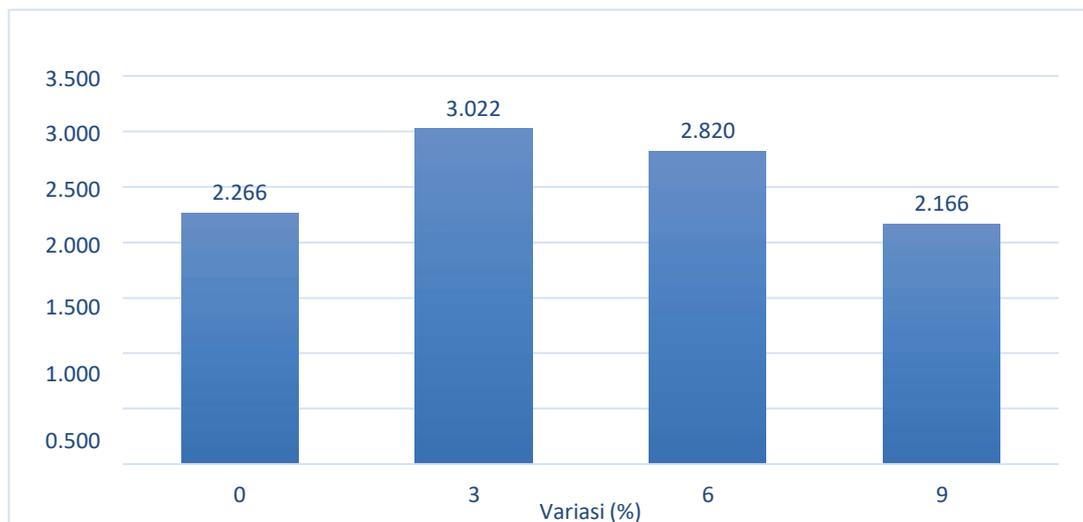
B. Kuat Tarik Belah



Gambar 5. Grafik hasil uji kekuatan tarik belah beton

Dari grafik diatas, menunjukkan bahwa terjadi penambahan kuat tarik belah sebesar 0,566 Mpa pada penambahan 3% *Crumb Rubber*, dan turun 0,189 Mpa pada penambahan 6% *Crumb Rubber* dari penambahan 3%, dan dapat dilihat bahwa maksimal kenaikan kuat tarik belah hanya pada penambahan 3% *Crumb Rubber* dan kemudian mengalami penurunan kuat tarik belah dari beton normal pada penambahan 9% *Crumb Rubber* sebesar 0,094 Mpa. Dan dari hasil tersebut kita dapat melihat bahwa jika penambahan melebihi dari 6% *Crumb Rubber* akan membuat mutu beton menjadi turun sehingga *Crumb Rubber* kurang efektif digunakan untuk bahan campur beton jika berlebihan.

C. Kuat Lentur



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Kuat Lentur Pada Balok

Dari grafik di atas, menunjukkan bahwa terjadi penambahan kuat lentur sebesar 0,755 Mpa pada penambahan 3% *Crumb Rubber*, dan turun sebanyak 0,201 Mpa pada penambahan 6% *Crumb Rubber* dari penambahan 3%, dan dapat dilihat bahwa maksimal kenaikan kuat lentur hanya pada penambahan 3% *Crumb Rubber* dan kemudian mengalami penurunan kuat lentur pada penambahan 9% *Crumb Rubber* sebesar 0,101 Mpa dari beton normal. Dan dari hasil tersebut kita dapat melihat bahwa jika penambahan melebihi dari 6% *Crumb Rubber* akan membuat mutu beton menjadi turun sehingga *Crumb Rubber* kurang efektif digunakan untuk bahan campur beton jika berlebihan.

D. Hubungan Antara kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Perhitungan proporsi kuat tarikan belah (f_t) kepada kuat tekanan beton (f'_c), diteliti hubungan antara kekuatan tekan beton (f'_c) dengan kuat tarikan belah beton (f_t). Menurut data uji kuat tekanan beton (f'_c) ketika berusia 28 hari pada variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% di dapatkan sebesar 21,212 MPa, 22,626 MPa, 23,475 MPa, dan 19,892 MPa, dan hasil pengujian kuat tarik belah beton (f_t) pada umur 28 hari pada variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% di dapatkan nilai rata-rata sebesar 2,074 MPa, 2,640 MPa, 2,451 MPa dan 1,980 MPa.

Tabel 10. Hubungan antara kekuatan tekan dan kekuatan tarikan belah

Variasi Substitusi	f'_c	f_t	Koefisien Hubungan	Batas $0.4\sqrt{f'_c}$	Batas $0.6\sqrt{f'_c}$
0%	21.212	2.074	0.450	1.842	2.763

3%	22.626	2.640	0.555	1.903	2.854
6%	23.475	2.451	0.506	1.938	2.907
9%	19.892	1.980	0.444	1.784	2.676

E. Hubungan Antara Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton

Hubungan antara kuat tekan beton ($f'c$) dan kuat lentur beton (fr) dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien korelasi antara kuat tekan ($f'c$) dan kuat lentur beton. Dari hasil pengujian kuat tekan beton ($f'c$) pada variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% di dapatkan nilai 21,212 MPa, 22,626 MPa, 23,475 Mpa, dan 19,892 MPa, dan hasil pengujian kuat lentur beton (fr) pada variasi 0%, 3%, 6%, dan 9% di dapatkan nilai 2,266 Mpa, 3,022 MPa, 2,820 MPa, dan 2,166 Mpa.

Tabel 11. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

Variasi	$f'c$	fr	Koefisien	Batas bawah	Batas Atas
Substitusi			Korelasi	8% dari $f'c$	15% dari $f'c$
0%	21.212	2.266	0.492	1.697	3.182
3%	22.626	3.022	0.635	1.810	3.394
6%	23.475	2.820	0.582	1.878	3.521
9%	19.892	2.166	0.486	1.591	2.984

KESIMPULAN

Semakin besar persentase penambahan *Crumb Rubber* sebagai agregat halus pada campuran beton normal maka nilai beban kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur akan mengalami penurunan. Nilai persentase penambahan *Crumb Rubber* yang efektif digunakan pada beton normal maksimalnya hanya 6%, jika persentase substitusi yang digunakan berlebihan maka tidak layak untuk digunakan pada campuran beton normal.

REFERENSI

- [1] D. R. Basri, A. H. Liontin, And M. Yazid, "Pengaruh Variasi Penambahan Semen Dan Perbedaan Suhu Saat Pencampuran Terhadap Mutu Beton," *Racic*, Vol. 8, No. 2, Pp. 344–351, Nov. 2023, Doi: 10.36341/Racic.V8i2.4014.
- [2] I. Tangma'ti, F. Phengkarsa, And L. Febriani, "Pengaruh Penambahan Abu Ijuk Pada Beton Normal," *Pcej*, Vol. 5, No. 2, Pp. 303–313, Jun. 2023, Doi: 10.52722/Pcej.V5i2.639.
- [3] A. S. Setiobudi, A. Amiwarti, And M. Firdaus, "Pengaruh Penambahan Campuran Serbuk Kayu Kulim Terhadap Kuat Tekan Beton K-225," *Teknika*, Vol. 10, No. 2, P. 157, Jan. 2024, Doi: 10.35449/Teknika.V10i2.277.
- [4] W. Ardiano Prakayuda, A. Halim, And C. Aditya, "Pengaruh Penambahan Damdex Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton," *Bouwplank*, Vol. 1, No. 2, Pp. 40–47, Jul. 2022, Doi: 10.31328/Bouwplank.V1i2.222.
- [5] M. Fauzi, N. Puspita, And R. R. Julio, "Pengaruh Penambahan Kaolin Sebagai Bahan Subtitusi Parsial Semen Pada Beton Ringan," *J. Tekno Glob.*, Vol. 11, No. 2, Pp. 45–50, Dec. 2022, Doi: 10.36982/Jtg.V11i2.2802.
- [6] B. E. Putra And I. Israjunna, "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Sifat Mekanik Beton Pada Campuran 1 Semen : 2 Pasir : 0 – 15 % Limbah Karbit," *Sainteka*, Vol. 4, No. 2, Pp. 22–28, Jun. 2023, Doi: 10.58406/Sainteka.V4i2.1239.
- [7] M. Firdaus, H. Purwanto, And M. I. Ronaltri, "Pengaruh Penambahan Serat Bambu Pada Kuat Tekan Beton K-225," *Juteks*, Vol. 8, No. 1, P. 32, Apr. 2023, Doi: 10.32511/Juteks.V8i1.963.

- [8] A. A, M. Mulyati, F. Nugroho, And H. Fadhil Azman, “Pengaruh Penambahan Silika Fume Terhadap Kuat Tekan Beton,” *Jtv*, Vol. 2, No. 1, Pp. 9–16, Dec. 2023, Doi: 10.21063/Jtv.2024.2.1.2.
- [9] E. Prasetiawan, F. Phengkarsa, And D. Sandy, “Pengaruh Penambahan Soda Potash Pada Air Sebagai Campuran Beton,” *Pcej*, Vol. 5, No. 3, Pp. 525–530, Sep. 2023, Doi: 10.52722/Pcej.V5i3.719.
- [10] S. Indra, M. Erfan, R. Andinisari, And N. Rachma Aprilia, “Pengaruh Serat Limbah Kaleng Aluminium Pada Campuran Beton Terhadap Karakteristik Mekanis Beton,” *semsina*, vol. 4, no. 01, pp. 284–295, Dec. 2023, doi: 10.36040/semsina.v4i01.8063.