

SIFAT MEKANIK BETON DENGAN CRUMB RUBBER SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA BETON SERAT PERKERASAN KAKU

Ilham Sordiman¹⁾, Monita Olivia²⁾, Zulfikar Djauhari²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: ilham.sordiman@student.unri.ac.id

Abstract

This study examines the effect of crumb rubber on the mechanical properties of rigid pavement fiber concrete as an added material to increase the flexibility of rigid pavements. The specimens were tested mechanically such as compressive strength, tensile strength and flexural strength for 7, 14 and 28 days. The results showed that optimum compressive strength occurred at a percentage of 2% crumb rubber, but for the effectiveness of using rubber waste without sacrificing the compressive strength of the plan using a percentage of 4% crumb rubber. The value of the compressive strength of concrete PCC Normal and PCC +4% crumb rubber experienced a steady increase. The value of PCC +4% split tensile strength crumb rubber showed lower results than normal PCC concrete. PCC +4% concrete flexural strength of crumb rubber has a higher value than normal PCC concrete. Based on the results of these tests it was concluded that PCC +4% concrete crumb rubber had mechanical properties on increasing compressive strength which remained stable and better flexural strength, but the tensile strength showed a decrease in normal PCC concrete.

Keywords: Crumb rubber, fiber concrete, rigid pavement, PCC, mechanical properties

A. PENDAHULUAN

A.1 Latar Belakang

Ban bekas merupakan limbah dari roda kendaraan bermotor yang sudah tidak layak pakai. Limbah ban bekas sangat sulit diuraikan oleh lingkungan dan sangat tahan terhadap serangan kimia dan asam (Sgobba et al., 2015).

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat (*fibres*) (ACI Committe 544, 1982). Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk dijadikan beton pada beton serat antara

lain serat ban bekas. Beton serat memiliki sifat tidak terlalu getas sehingga dapat diaplikasikan untuk jalan perkerasan kaku (*rigid pavement*).

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) di Provinsi Riau telah menjadi populer untuk ketahanan volume lalu-lintas dengan beban berat karena kapasitas menahan bebannya tinggi dan biaya pemeliharannya rendah dibandingkan dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Namun, kelemahan utama perkerasan kaku adalah rendahnya tingkat kenyamanan jalan akibat kelenturan beton yang kecil dan keretakan jalan (*cracking*). Oleh karena

itu, penambahan serat karet yang berasal dari limbah ban bekas diharapkan dapat meningkatkan kelenturan beton dan akan meningkatkan kenyamanan jalan dan juga meminimumkan keretakan jalan (*cracking*).

A.2 Tujuan

Terkait dengan latar belakang di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengkaji kuat tekan beton berserat *crumb rubber* dengan persentase optimum, yaitu 4% pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari yang didapat dari hasil *trial mix*.
2. Mengkaji kuat tarik-belah, beton berserat *crumb rubber* dengan persentase optimum, yaitu 4% pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari yang didapat dari hasil *trial mix*.
3. Mengkaji kuat lentur beton berserat *crumb rubber* dengan persentase optimum, yaitu 4% pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari yang didapat dari hasil *trial mix*.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan. Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI 03-2847-2002). Sifat-sifat positif dari beton antara lain relatif mudah dikerjakan serta dicetak sesuai dengan keinginan, tahan terhadap tekanan, dan tahan terhadap cuaca. Sedangkan sifat-sifat negatifnya antara lain tidak kedap terhadap air (permeabilitas beton relatif tinggi), kuat tarik beton rendah, mudah

terdesintegrasi oleh sulfat yang dikandung oleh tanah (Nugraha & Antoni, 2007).

B.2 Beton Serat

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat (*fibre*) (ACI Committe 544, 1982). Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon serta dari bahan alami seperti ijuk, rami maupun serat dari tumbuhan.

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Sedangkan dalam sifat mekanisnya, penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan (Girkas et al., 2017). Jenis serat tertentu yang dapat meningkatkan kinerja beton adalah serat kawat (baja) dan serat tembaga. Pada penelitian ini, beton serat yang dibuat bersifat buatan menggunakan serat limbah ban bekas yang disebut *crumb rubber*.

B.2 Bahan Penyusun Beton Serat

B.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirnya lebih besar dari 5,00 mm (BS.812, 1976) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982). Agregat kasar

menurut Nawi (1998) secara umum dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya:

1. Batu pecah alami adalah bahan yang didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini dapat berasal dari gunung api, jenis sedimen, atau jenis metamorf. Meskipun dapat menghasilkan kekuatan yang tinggi terhadap beton, batu pecah kurang memberikan kemudahan pengerjaan dan pengecoran dibandingkan dengan jenis agregat kasar lainnya.
2. Kerikil alami adalah kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir. Kerikil memberikan kekuatan yang lebih rendah daripada batu pecah, tetapi memberikan kemudahan pekerjaan yang lebih tinggi.
3. Agregat kasar buatan berupa *slag* atau *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan. Agregat kasar juga didapat hasil dari proses lainnya seperti *blast-furnace* dan lain-lain.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat. Dengan adanya tuntutan yang spesifik pada zaman atom sekarang ini, juga untuk pelindung dari radiasi nuklir sebagai akibat dari semakin banyaknya pembangkit atom dan stasiun tenaga nuklir, maka perlu ada beton yang dapat melindungi dari sinar x, sinar gamma, dan neutron. Pada beton demikian syarat ekonomis maupun syarat kemudahan pengerjaan tidak begitu menentukan. Agregat kasar yang diklasifikasikan di sini

misalnya baja pecah, barit, magnetit, dan limonit.

B.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirnya lebih kecil dari 5,00 mm (BS.812, 1976) atau 4,75 mm (ASTM C33, 1982). Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir dari hasil pecahan batu.

B.2.3 Semen Portland

Semen berasal dari bahasa latin yaitu *caementum* yang berarti bahan perekat. Semen merupakan senyawa atau zat pengikat hidrolis yang terdiri dari senyawa C-S-H (Kalsium Silikat Hidrat) yang apabila bereaksi dengan air akan mengikat bahan-bahan padat lainnya, membentuk satu massa yang kompak, padat dan keras.

Berdasarkan ASTM C150 penggolongan jenis semen portland dibagi menjadi 5 jenis, yaitu:

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis lainnya. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan hampir semua jenis konstruksi.
2. Tipe II, semen portland modifikasi yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal tinggi dalam fase permulaan setelah peningkatan terjadi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam satu minggu. Semen jenis ini umumnya dipakai

ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.

4. Tipe IV, semen portland yang penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah, yang dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum, misalnya pada bangunan bendungan gravitasi yang besar.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Umumnya dipakai di daerah dimana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

B.2.4 Air

Standar air yang digunakan dalam campuran mortar atau beton harus bebas dari bahan perusak seperti oli, asam, alkali, garam dan sebagainya. Fungsi air pada campuran mortar maupun beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Air diperlukan pada pembentukan semen yang berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan (*workability*), kekuatan, susut dan keawetan. Jumlah air yang digunakan pada campuran mortar maupun beton berpengaruh terhadap kekuatan beton.

B.2.5 Ban Karet

Limbah ban karet di Eropa pada tahun 2004 mencapai 3,25 juta ton per tahun, di Amerika tahun 2003 adalah 3,75 juta ton pertahun dan di Jepang tahun 2004 adalah sekitar 1,0 juta ton

pertahun (Esdekar, 2006). Sedangkan di Indonesia limbah ban bekas pada tahun 2010 dan 2011 sebanyak 14,4 dan 15,4 juta.

Ban karet sendiri memiliki modulus elastisitas 0,77 – 1,33 MPa, dan memiliki berat isi yang rendah, yaitu berkisar antara 1,08 – 1,27 t/m³ (Yang, et al, 2002). Terdapat dua jenis limbah ban bekas yang sering digunakan dalam campuran beton, yaitu *tire chips* dan *crumb rubber*. *Tire chips* umumnya berfungsi sebagai pengganti agregat kasar karena ukurannya yang berkisar antara 13-76 mm, sedangkan *crumb rubber* berfungsi sebagai pengganti agregat halus karena memiliki ukuran partikel berkisar antara 0,075 mm (saringan No. 200) sampai dengan 4,75 mm (saringan No. 4). *Crumb rubber* terdiri dari partikel dengan ukuran mulai dari 4,75 mm (saringan No. 4) hingga kurang dari 0,075 mm (saringan No. 200). Secara umum, metode berikut digunakan untuk mengubah ban bekas menjadi *crumb rubber*, yaitu *cracker mill process*, *granular process* dan *micro-mill process* (Kardos et al., 2015).

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Persiapan Penelitian

Tahap persiapan penelitian dilakukan untuk pemeriksaan karakteristik material. Pengujian agregat kasar dan halus dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Teknik Sipil, Universitas Riau.

C.2 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran yang akan dilakukan terdiri dari, yaitu beton tanpa menggunakan karet atau disebut beton normal dan beton dengan % optimum karet. Benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini berjumlah 72 benda uji. Benda uji dengan bentuk silinder kecil berukuran 105 mm × 210 mm untuk pengujian kuat tekan. Benda uji dengan bentuk silinder besar berukuran 150 mm × 300 mm untuk pengujian kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Benda uji berbentuk balok berukuran 15 mm × 15 mm × 60 mm untuk pengujian kuat lentur.

C.3 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini akan dibuat 2 variasi beton karet. Beton tanpa kandungan limbah karet atau disebut beton normal dan beton dengan persentase optimum karet sebesar 4%. Pembuatan beton karet tersebut mengacu kepada penelitian terdahulu dikarenakan standarisasi untuk pembuatannya belum ditetapkan. Perencanaan campuran yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perencanaan Campuran

Persentase Karet	Kuat Tekan			Kuat Tarik-Belah			Kuat Lentur		
	Umur Rencana Beton (hari)								
	7	14	28	7	14	28	7	14	28
PCC Normal	3	3	3	3	3	3	3	3	3
PCC + % Optimum	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	18			18			18		
Total				54					

C.4 Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji dibuka dari cetakan, benda uji direndam di dalam kolam perendaman pada Laboratorium Struktur Teknik Sipil, Universitas Riau. Selanjutnya benda uji tersebut direndam selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan kuat lentur. Setelah mencapai umur perendaman dilakukan pengujian pada masing-masing benda uji.

C.5 Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah bangunan atau struktur. Semakin tinggi dan kuat suatu bangunan maka mutu beton yang dibutuhkan harus tinggi pula. Menurut SNI 1974:2011, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas permukaan. Sampel beton diuji dengan cara dibebani gaya tekan tertentu hingga hancur, hasil pengujian akan terlihat pada mesin uji kuat tekan beton. Rumus yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah:

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

keterangan:

f'_c = kuat tekan (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang (mm^2)

C.6 Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton adalah beban yang diberikan pada silinder beton tegak lurus sumbu memanjang atau tingginya, dengan kata lain daya dukung beton terhadap gaya tarik belah. Menurut SNI 03-2491-2002 besarnya

tegangan tarik beton (tegangan rekah beton) dapat dihitung dengan rumus:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (2)$$

keterangan:

F_{ct} = kuat tarik belah beton (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

D = diameter silinder (cm)

L = tinggi silinder (cm)

C.7 Pengujian Kuat Lentur

Kuat lentur beton merupakan nilai lentur maksimum dari balok beton (tanpa ada tulangan) yang diletakkan diatas 2 tumpuan kemudain dibebani pada setiap 1/3 dari bentang sehingga menghasilkan momen lentur yang mengalihkan tegangan-tegangan tarik pada bagian bawah dan tegangan-tegangan tekan pada bagian atas balok. Balok tersebut patah akibat tegangan tarik dari kekuatan lentur yang dihasilkan. Kekuatan lentur beton berkisar (0,11 - 0,23)fc'. Menurut SNI 03-2847-2013 besarnya kuat lentur dapat dihitung dengan rumus:

$$\sigma_1 = \frac{PL}{bh^2} \quad (3)$$

keterangan:

σ₁ = kuat lentur benda uji (MPa)

P = beban maksimum

L = jarak dua garis perletakan (mm)

b = lebar benda uji (mm)

h = tinggi benda uji (mm)

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar dan halus dilakukan di Laboratorium Bahan, Teknik Sipil, Universitas Riau. Tabel 2 menunjukkan agregat kasar memiliki nilai modulus kehalusan sebesar 7,64 yang sesuai standar, yakni 5-8. Kemudian untuk nilai *Bulk Specific Gravity on SSD, absorption*, dan kadar air secara berturut-turut menunjukkan nilai 2,6, 0,28, dan 0,40%. Nilai tersebut sudah memenuhi standar spesifikasi yang disyaratkan SNI 03-1970-1990. Berdasarkan ASTM C29/C29M standar untuk berat volume agregat kasar untuk kondisi padat dan gembur adalah 1,4 - 1,9, sedangkan dari hasil pengujian nilai yang diperoleh yakni 1,456gr/cm³ untuk kondisi padat dan 1,320 gr/cm³ kondisi gembur. Ketahanan aus pada agregat kasar ini bernilai 34,18%, dengan standar yang ditentukan yaitu < 40%.

Tabel 2. Karakteristik Agregat Kasar

No.	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
1	Modulus Kehalusan	7,64	5 - 8
2	Berat Jenis		
	a. <i>Bulk Specific Gravity on SSD</i>	2,60	2,58 - 2,83
	b. <i>Absorption (%)</i>	0,28	< 2
3	Kadar Air (%)	0,4	< 5
4	Berat Volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi Padat	1,46	1,4 - 1,9
	b. Kondisi Gembur	1,32	1,4 - 1,9
5	Ketahanan Aus (%)	34,18	< 40

D.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

Selanjutnya pada Tabel 3 untuk agregat halus nilai modulus kehalusan, *Bulk Specific Gravity on SSD*, *absorption*, dan kadar air secara berturut-turut menunjukkan nilai 3,35, 2,60, 3,63%, dan 0,50%. Nilai - nilai tersebut sudah memenuhi standar spesifikasi yang disyaratkan kecuali pada nilai *absorption* yang melebihi standar. Berat volume agregat halus pada kondisi padat adalah 1,504 gr/cm³ dan kondisi gembur 1,313 gr/cm³, nilai ini sudah memenuhi standar spesifikasi. Nilai kadar lumpur yang diperoleh adalah 4%, serta untuk tes kadar zat organik agregat halus ini berada pada No.3. Nilai ini memenuhi standar untuk kadar lumpur yakni < 5 dan kadar zat organik ≤ No.3.

Tabel 3. Karakteristik Agregat Halus

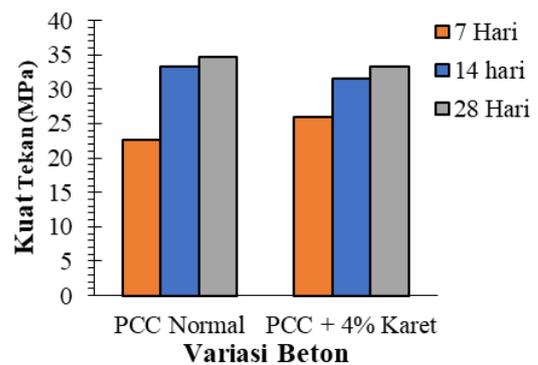
No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi
1.	Kadar lumpur (%)	4	<5
2.	Berat jenis (g/cm ³)		
	a. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,60	2,58–2,83
		3,63	2-7
	b. Absorption (%)		
3.	Kadar air (%)	0,5	3-5
4.	Modulus kehalusan	3,35	1,5-3,8
5.	Berat volume (g/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,50	1,4-1,9
	b. Kondisi gembur	1,31	1,4-1,9
6.	Kadar Organik	No. 3	< No.3

D.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

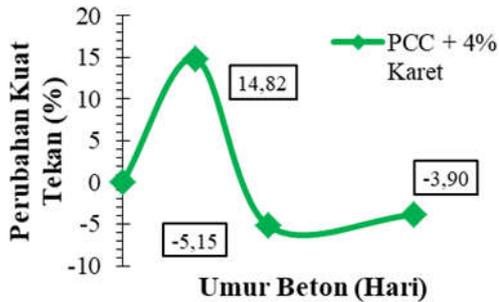
Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 1, menunjukkan nilai kuat tekan beton PCC normal dan beton PCC + 4% karet mengalami kenaikan nilai

kuat tekan yang stabil. Hasil uji kuat tekan pada Gambar 2 menunjukkan beton PCC + 4% karet memiliki kuat tekan lebih tinggi sebesar 14,82% dibandingkan kuat tekan beton PCC normal pada umur pengujian 7 hari setelah perendaman, namun kuat tekan pada umur 14 hari dan 28 hari berada dibawah kuat tekan beton PCC normal sebesar -5,15% dan -3,90%, tetapi masih dalam mutu rencana beton f'c 30 MPa.

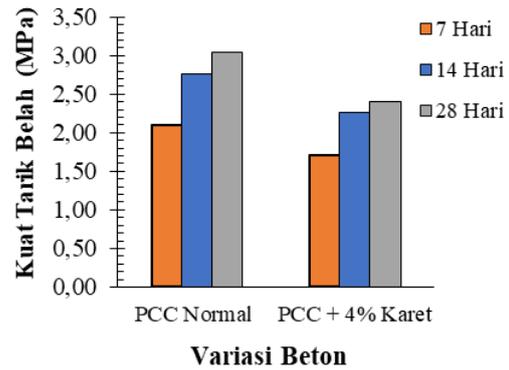
Meningkatnya kuat tekan beton berserat karet karena serat yang ada masih memungkinkan untuk mendapatkan posisinya dengan baik didalam adukan. Kondisi demikian membuat adukan masih relatif baik. Dalam keadaan ini seperti ini serat karet memberikan kontribusi terhadap kualitas beton, dimana beton seolah-olah memperoleh tulangan (Nastain & Maryoto. A, 2010).



Gambar 1. Nilai Kuat Tekan



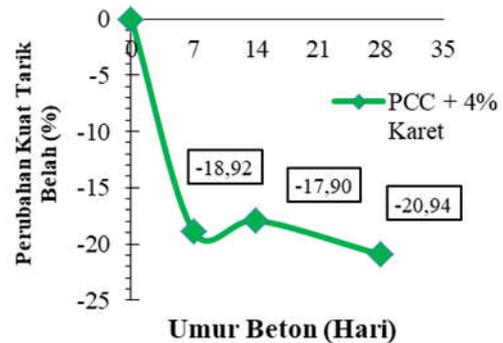
Gambar 2. Perubahan Kuat Tekan



Gambar 3. Nilai Kuat Tarik Belah

D.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Hasil uji kuat tarik belah pada Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan bahwa beton PCC + 4% karet tidak mampu melampaui hasil kuat tarik belah beton PCC normal dengan selisih masing-masing sebesar -18,92%, -17,90% dan -20,94% pada umur 7 hingga 28 hari. Kuat tarik belah beton PCC + 4% karet pada umur 28 memiliki nilai kuat tarik belah lebih rendah daripada kuat tarik belah beton PCC normal pada umur 14 hari, dapat disimpulkan bahwa penambahan karet pada beton dapat mengakibatkan berkurangnya ikatan antar agregat pada beton sebesar $\pm 20\%$. Girkas et al. (2017) melaporkan bahwa penambahan volume *crumb rubber* hingga 5% dalam matriks semen tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik belah.



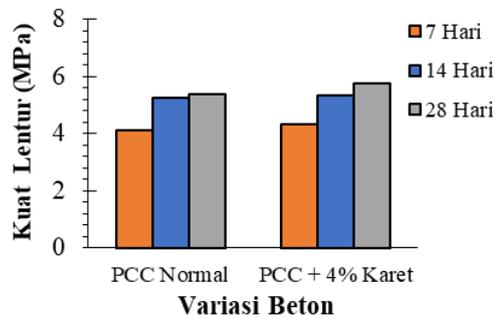
Gambar 4. Perubahan Kuat Tarik Belah

D.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur

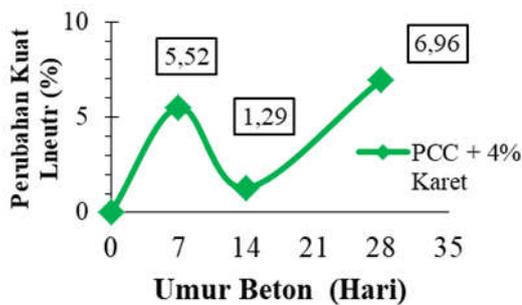
Pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian kuat lentur pada beton PCC +4% karet terhadap beton PCC normal memberikan hasil yang baik dimulai pada umur 7, 14 dan 28 hari. Penambahan karet pada beton memberikan peningkatan kekuatan lentur pada umur awal beton 7 hari sebesar 5,52% yaitu 4,329 MPa, tetapi pada umur 14 hari peningkatan kuat lentur yang terjadi hanya sebesar 1,29% yaitu 5,338 MPa dan meningkat kembali pada umur 28 hari sebesar 6,96% yaitu 5,746 MPa terhadap beton PCC normal.

Hasil uji lentur umur 7 hari memenuhi kriteria minimal 80% dari

kuat lentur lapangan yang terjadi. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan oleh Mohammadi et al. (2014) bahwa nilai kuat lentur beton meningkat dengan cepat dibandingkan kuat tekannya.



Gambar 5. Nilai Kuat Lentur



Gambar 6. Perubahan Kuat Lentur

E. PENUTUP

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian sifat mekanik beton berupa kuat tekan, kuat tarik-belah dan kuat lentur beton PCC dan crumb rubber sebagai bahan tambah, maka diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil pengujian kuat tekan beton PCC +4% karet pada umur 28 hari lebih rendah sebesar 3,90% dibandingkan beton PCC normal, tetapi pada umur 7 hari PCC + 4% karet lebih tinggi sebesar 14,82% dibandingkan beton PCC normal.

2. Hasil pengujian kuat tarik-belah beton PCC +4% karet lebih rendah daripada beton PCC normal sebesar 18,92% pada umur 7 hari dan sebesar 20,94% pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat lentur beton PCC +4% karet lebih tinggi daripada beton PCC normal sebesar 6,96%, yakni 5,746 MPa pada umur 28 hari dan memenuhi kriteria SNI 2847:2013 yang menyatakan bahwa kuat lentur harus tidak kurang dari 3,780 MPa pada umur 28 hari.

E.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat dikemukakan saran yang dapat dijadikan sebagai rekomendasi untuk penelitian lanjutan sebagai berikut.

1. Agregat yang akan digunakan sebagai material benda uji perlu dijaga kualitasnya agar pada saat pengujian karakteristik agregat, nilai-nilai karakteristiknya sesuai dengan standar spesifikasi yang telah diharapkan.
2. Perlu perlakuan khusus pada karet crumb rubber sebelum pembuatan benda uji agar tercampur dengan baik pada saat pengadukan.
3. Untuk mengkorelasikan antara nilai kuat tekan dengan kuat tarik-belah sebaiknya menggunakan benda uji dengan bentuk dan dimensi yang sama.
4. Sebaiknya terlebih dahulu untuk dipastikan kalibrasi alat sudah sesuai standar pada mesin uji agar diperoleh hasil pengujian yang baik.
5. Perlu diteliti lebih lanjut pada sifat fisik beton berserat karet sebagai bahan tambah.

F. DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544, 1982 (1982). Fiber Reinforced Concrete. United State: ACI.
- ASTM C150. (1917). Standard Specification for Portland Cement, 552. United State: ASTM.
- Edeskar, T. 2006. Use of Tyre Shreds in Civil Engineering Applications, Lulea University of Technology, Swedia.
- Kardos, J. A., Durham, A. Stephan. (2015). Strength, durability and environmental properties of concrete utilizing recycle tire particles for pavement applications. *Construction and Building Material*, 98 (2015) 832-845.
- Girkas, G., N. Dzygita., (2017). Crushed Rubber Waste Impact of Concrete Basic Properties. *Construction and Materials*, 140 (2017) 36D42.
- Mohammadi, Iman., & Khabbaz H., (2014). Shrinkage performance of crumb rubber concrete (CRC) prepared by water-soaking treatment method for rigid pavements. *Cement and Concrete Composites*, 62 (2015) 106-116.
- Nastain., & Maryoto, Agus., (2010). Pemanfaatan Pemotongan Ban Bekas untuk Campuran Beton Serat Perkerasan Kaku. *Dinamika Rekayasa* Vol. 6, ISSN 1858-3075.
- Nawi, E. G. (1998). *Beton bertulang (pendekatan dasar)*. PT Refika Aditama.
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Surabaya: Andi Offset.
- Sgobba, S., Borsa, M., Molfetta, M., Giuseppe Carlo.M.(2015). Mechanical Performance and Medium-term Degradation of Rubberised Concrete. *Construction and Building Materials*, 98 (2015) 820-831.
- SNI 03-1974-2011. (2011). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton, 2–6. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2491-2002. (2002). Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 2847-2013. (2013). Metode Pengujian Kuat Lentur Beton. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2847-2002. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990. (1990). Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- Yang, S., R.A. Lohnes, dan B.H. Kjartanson, 2002. *Mechanical Properties of Shredded*