

PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL KARET SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

Maria Goreti Oktofiyane Fernandez¹, Utari Khatulistiani²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UWKS.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Jl. Dukuh Kupang XX No. 54, Kota Surabaya, 60225, Jawa Timur, Indonesia

Email : [: ¹yanefernandez291@gmail.com](mailto:yanefernandez291@gmail.com), [: ²utari.kh@gmail.com](mailto:utari.kh@gmail.com)

Abstrak. Beton sebagai bahan konstruksi pada masa sekarang ini masih banyak digunakan, mengingat sifat beton yang mudah dibentuk dan harga yang relatif masih lebih murah jika dibandingkan dengan bahan konstruksi yang lain. Bahan penyusun agregat untuk campuran beton, seperti pasir dan kerikil yang berasal dari alam, dan material tersebut akan berkurang bila diambil secara terus menerus. Berdasar hal tersebut, diperlukan adanya inovasi menggunakan material alternatif pengganti, di antaranya dengan memanfaatkan material limbah. Pada penelitian ini akan menggunakan material alternatif limbah sandal karet sebagai substitusi agregat kasar pada campuran beton. Limbah sandal berasal dari tempat produksi sandal di Desa Wedoro di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo. Variasi limbah sandal karet pada campuran digunakan sebesar 0%, 10%, 20% dan 30% terhadap volume agregat kasar. Benda uji digunakan silinder berdiameter 100 mm, dan tinggi 200 mm. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan dan kuat tarik belah usia 7, 14, dan 28 hari. Dari hasil uji yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa campuran beton dengan limbah sandal karet sebesar 10% dari berat agregat kasar menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 21,008 MPa, lebih tinggi 3,63% dari kuat tekan beton normal yang menghasilkan sebesar 20,244 MPa. Kuat tarik belah beton dengan limbah sandal karet sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tarik belah sebesar 4,35 MPa, lebih tinggi 15,86% dari kuat tarik belah beton normal sebesar 3,66 MPa. Substitusi limbah sandal karet ke dalam campuran beton sebesar 10% dari berat agregat kasar dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan kuat tarik belah dan merupakan campuran yang menghasilkan kekuatan optimal pada beton.

Kata kunci: beton, semen, agregat kasar, limbah sandal karet.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelaksanaan pembangunan di Indonesia dilakukan dalam jumlah yang semakin besar sehingga berakibat pada meningkatnya permintaan akan material bahan konstruksi. Bangunan seperti jembatan, perumahan atau gedung umumnya menggunakan material beton. Saat ini, jalan raya juga menggunakan material beton. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena karena bahan dasar yang mudah ditemukan. Beton segar dapat dengan mudah dibentuk sesuai rencana, dan lebih ekonomis dibandingkan dengan material lainnya seperti baja ataupun yang lain (Pratama, 2014). Secara struktural beton mempunyai kekuatan yang cukup besar dalam menahan gaya tekan. Kelemahan beton adalah kemampuan menahan gaya tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Bahan penyusun agregat untuk campuran beton seperti pasir dan kerikil berasal dari alam, dan material tersebut akan berkurang bila diambil secara terus menerus. Berdasar hal tersebut perlu bahan substitusi yang dapat menggantikan material untuk pembuatan beton baik itu agregat

halus, agregat kasar maupun semen dengan bahan material lain Tujuannya untuk mengurangi penggunaan material dari alam agar tidak merusak alam.

Penelitian ini menggunakan limbah sandal karet untuk substitusi agregat kasar. Limbah sandal karet merupakan sisa potongan-potongan pembuatan sandal dari produksi sandal di Desa Wedoro di Kecamatan Waru, Kabupaten Sidoarjo. Limbah sandal karet tersebut bertumpuk di pabrik dalam volume besar yaitu dengan hasil produksi sandal perhari 580 pasang, sehingga limbah yang dihasilkan dari produksi sandal karet tersebut mencapai 3 m³/hari. Limbah sandal karet tersebut tidak dimanfaatkan lagi, sehingga jumlah limbah tersebut sangat banyak, maka dapat dijadikan alternatif untuk digunakan sebagai bahan agregat kasar pada campuran beton yaitu sebagai agregat kasar. Usaha pemanfaatan limbah sandal karet diharapkan akan mengurangi masalah lingkungan dan dapat memberikan nilai ekonomis terhadap konstruksi, serta suatu upaya pelestarian sumber daya alam. Sifat limbah karet yang lentur,

PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL KARET SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

(Maria Goreti Oktofiyane Fernandez, Utari Khatulistiani)

menjadi ide memanfaatkannya untuk bahan campuran pembuatan beton. Untuk mengetahui berapa kekuatan yang dapat dicapai oleh beton dengan agregat kasar limbah sandal karet maka perlu dilakukan penelitian berupa pengujian eksperimental.

Berdasarkan latar belakang tersebut, ada beberapa permasalahan dalam penelitian, yaitu :

- 1) Berapa nilai kuat tekan pada beton dengan menggunakan substitusi limbah sandal karet sebagai agregat kasar pada beton?
- 2) Berapa kuat tarik belah pada beton dengan menggunakan substitusi limbah sandal karet sebagai agregat kasar pada beton?
- 3) Berapa prosentase substitusi agregat limbah sandal karet yang menghasilkan kekuatan beton paling optimum?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton segar adalah adukan beton yang bersifat plastis yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah atau bahan pengisi (SNI 1972:2008). Sifat-sifat beton segar sangat penting untuk diketahui karena mempengaruhi pemilihan peralatan yang dibutuhkan dalam pengerjaan dan pemadatan serta kemungkinan mempengaruhi sifat-sifat beton pada saat mengeras.

Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton, pertama adalah sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu lama oleh beton yang mengeras seperti kekuatan, keawetan dan kestabilan volume. Kedua adalah sifat yang harus dipenuhi dalam jangka waktu pendek ketika beton dalam kondisi plastis atau kemudahan pengerjaan (*workability*) tanpa adanya *bleeding* dan *segregation*.

Akan tetapi sifat ini tidak dapat dirumuskan dengan pasti dan berlaku untuk semua jenis bahan baku, kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan. Sebagai contoh, campuran yang mudah dikerjakan untuk pekerjaan lantai belum tentu akan mudah dikerjakan pada cetakan balok dengan penampang sempit serta mempunyai penulangan yang rapat.

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton, yaitu kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Mutu beton diketahui dari hasil uji kuat tekan, karena kemampuan beton dalam menahan gaya tekan yang sangat tinggi. Walaupun dalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut. Penentuan kekuatan tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan

prosedur uji ASTM C-39 pada umur 7, 14 dan 28 hari (Susanto, 2012). Manfaat dari pengujian 7, 14, dan 28 hari yang dilakukan untuk mengetahui perkembangan kekuatan usia beton. Klasifikasi beton berdasarkan kekuatannya, dapat dibagi dalam tiga kelas yaitu :

- a. Beton normal (*Normal Strength Concrete*) dengan kuat tekan karakteristik 200-500 kg/cm^2
- b. Beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) dengan kuat tekan karakteristik 500 - 800 kg/cm^2
- c. Beton mutu sangat tinggi (*Very High Strength Concrete*) dengan kuat tekan karakteristik lebih dari 800 kg/cm^2

Untuk mengetahui kuat tekan beton dilakukan uji tekan. Dari beban maksimum yang bekerja pada beton dapat dihitung kekuatannya menggunakan rumusan sebagai berikut :

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

dengan :

$f'c$ = kuat tekan karakteristik atau mutu beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang beton (mm^2)

Kelemahan beton adalah kemampuan yang kecil dalam menahan gaya tarik. Oleh sebab itu beton umumnya tidak dibebani tarik. Pada struktur pelat atau balok semua gaya tarikan dipikul oleh tulangan baja. Perbandingan kuat tekan beton dengan kuat tarik beton berbanding lurus. Setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai oleh peningkatan kekuatan yang kecil dari kuat tariknya. Menurut perkiraan kasar kuat tarik berkisar antara 9%-15% terhadap kuat tekannya (Mulyono, 2007).

Untuk mengetahui kemampuan beton dalam menahan gaya tarik dengan melakukan uji kuat tarik belah. Dari hasil uji, kuat tarik belah beton dapat diketahui dari rumusan berikut :

$$fct = \frac{2.P}{\pi.L.D} \quad (2)$$

dengan :

fct = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

L = panjang benda uji beton (mm)

D = diameter benda uji beton (mm)

2.2 Material Penyusun Beton

2.2.1 Agregat

Agregat merupakan material granular, misalnya pasir, krikil, batu pecah dan kerak tungku pijar yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik (SNI 03-2847-2002). Berdasarkan ukuran butiran, agregat dibagi menjadi dua yaitu :

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah salah satu material penyusun beton yang mempunyai ukuran lebih besar dari 4,75 mm. Agregat kasar adalah kerikil hasil disintegrasi alami dari buatan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 4,75 mm sampai 40mm.

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4).

2.2.2 Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut ASTM C-150 (1985) definisi semen portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker pada semen portland terdiri dari kalsium, silikat, dan hidrolik yang umumnya kemudian mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen portland sebagai bahan pengikat adukan beton pada penelitian ini menggunakan semen Portland tipe I produksi PT Semen Gresik.

Dari literatur dan brosur dua produksi semen yang berbeda diketahui senyawa kimia pembentuk semen seperti diuraikan pada Tabel 1. Diketahui bahwa CaO (kalsium oksida) merupakan unsur utama pembentuk semen, sekitar 62-67%, yang terkandung pada kapur.

Tabel 1. Unsur Kmia Pembentuk Semen

No	Kandungan	Semen Tiga Roda (%)	Semen Gresik (%)
1	CaO (kalsium oksida)	62.0 – 67.0	65.21
2	SiO ₂ (silikon oksida)		19.0- 20.92 21.0
3	C ₃ S (tricalcium silicate)		55-64 57.82

4	C ₂ S (dicalcium silikat)	9-20	16.36
5	C ₄ AF (telracasium aluminat ferrit)	9-11	11.50
6	C ₃ A (tricalcium aluminat)	7-11	8.16

Sumber : Brosur produk

Semen bila dicampur dengan air akan membentuk pasta semen. Dalam beton, pasta semen merupakan bahan utama serta merupakan pengikat butir-butir agregat yang kuat dan padat (Asmoro, 2012). Air yang diperlukan untuk menyelesaikan reaksi kimia terbentuknya pasta semen perlu diukur. Kelebihan air dapat menurunkan kekuatan dan ketahanan pasta tetapi dalam prakteknya lebih banyak air yang digunakan (Asmoro, 2012). Perbandingan antara air dan semen yang tepat perlu ditentukan melalui pengujian konsistensi normal semen.

Dalam penelitian perlu diketahui waktu *setting* pasta semen untuk mengetahui lama waktu pengikatan dan pengerasannya. Dikenal dua macam waktu pengikatan (*setting time*), yaitu :

- Waktu pengikatan awal (*Initial setting time*) adalah lama waktu pasta semen basah sampai sebagian pasta sudah mulai mengeras.-
- Waktu pengikatan akhir (*Final setting time*) adalah lama waktu pasta semen basah sampai terjadinya pengerasan di seluruh bagian pasta semen.

2.3 Limbah Sandal Karet

Limbah sandal karet merupakan salah satu bahan buangan dan sisa produksi sandal karet di Waru-Sidoarjo, Jawa Timur (Gambar 1). Volume limbah yang dihasilkan cukup besar yaitu dari hasil produksi sandal perhari sebanyak 580 pasang, sehingga limbah yang dihasilkan dari produksi sandal karet tersebut mencapai 3 m³/hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Wiwik Purwiningsih dan Andaryati (2006) yang memanfaatkan limbah sandal karet untuk agregat pembuatan ornamen pengganti batu alam, disimpulkan bahwa hasil uji coba dan analisis diperoleh komposisi campuran semen putih dan limbah terbaik adalah 1 : 3, karena secara visual sangat bagus, proses pengerjaannya cukup mudah dan pemakaian semen tidak boros. Dari segi ekonomi agregat tersebut dapat memberikan nilai tambah bagi penghasil limbah dan membuka lapangan kerja baru.

Dalam penelitian ini eksperimental dilaksanakan di dalam laboratorium. Penelitian ini menggunakan limbah sandal karet sebagai pengganti agregat kasar.

Tahapan-tahapan penelitian digunakan untuk memudahkan dan mengetahui proses penelitian mulai dari awal hingga akhir, seperti diuraikan pada diagram alir Gambar 3. Pengujian material agregat kasar dan agregat halus mengikuti prosedur ASTM. Limbah sandal karet pada penelitian ini difungsikan sebagai agregat kasar, maka pengujian dilakukan seperti prosedur uji batu pecah.

Rancangan campuran beton (mix design) menggunakan metode DOE (*Department of Environment*) dengan FAS 0,6 dan slump rencana adalah 60-100 mm. Limbah sandal karet sebagai substitusi agregat kasar digunakan variasi 0%, 10%, 20% dan 30% dari volume batu pecah. Hasil perhitungan rancangan beton diperoleh berat dari masing-masing material yang dibutuhkan seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kebutuhan material untuk campuran beton

No	Material	Berat
1	Semen	9,01 kg/m ³
2	Pasir	16,29 kg/m ³
3	Batu Pecah	38,10 kg/m ³
4	Air	5,18 lt/m ³

a. Pembuatan Benda Uji

Ketentuan menurut SKSNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah :

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm.
2. Benda uji minimal yang dibuat adalah 3 buah benda uji

Jumlah benda uji yang dibutuhkan pada penelitian ini sebanyak 72 buah. Setiap adukan digunakan untuk 18 buah benda uji. Proses pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu dengan cara mencampurkan semua bahan-bahan penyusun beton yang telah disiapkan sesuai hasil dari perhitungan metode DOE (Tabel 2). Kemudian dituang ke dalam cetakan benda uji berbentuk silinder yang sebelumnya diolesi minyak oli terlebih dahulu dengan tujuan agar mempermudah dalam proses pelepasan beton dengan cetakan. Adukan beton dimasukkan 1/3 tinggi cetakan silinder lalu dipadatkan dengan cara merojoknya dengan besi sebanyak 25 kali. Dilakukan tiap sepertiga bagian tinggi cetakan

silinder dan dirojok. Setelah adukan dalam cetakan mengeras, kurang lebih 24 jam maka cetakan dilepas dan mulai proses perawatan pada benda uji dengan cara beton direndam di dalam air hingga usia pengujian.

b. Uji Kuat Tekan

Uji kuat tekan dilakukan sesuai prosedur ASTM C39-94. Menurut ASTM C39-94 uji kuat tekan dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan beton menahan beban tekan yang ditandai dengan beton mengalami hancur. Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji usia 7, 14, dan 28 hari,

Langkah-langkah pengujian kuat tekan adalah :

1. Benda uji dikeluarkan terlebih dahulu dari bak rendaman dan di angin-anginkan.
2. Sebelum dilakukan pengetesan, benda uji tersebut ditimbang beratnya terlebih dahulu.
3. Benda uji silinder beton diposisikan vertikal dengan permukaan meja mesin alat uji tekan (*universal testing machine model torsee*), seperti Gambar 4. Kemudian diberikan tekanan pada silinder beton tersebut sampai terjadi retakan atau hancur pada pada bidang benda uji. Nilai kuat tekan beton dihitung menggunakan Persamaan 1.



Gambar 4. Set up Pengujian Kuat Tekan Benda Uji Beton



Gambar 5. Set up Uji Kuat Tarik Belah Benda Uji Beton

PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL KARET SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

(Maria Goreti Oktofiyane Fernandez, Utari Khatulistiani)

e. Uji Kuat Tarik Belah

Uji kuat tarik belah dilakukan pada benda uji usia 7, 14 dan 28 hari. Pengujian mengacu pada prosedur ASTM C496-96. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Pemberian tanda pada benda uji. Tarik garis tengah pada setiap sisi ujung silinder benda uji dengan peralatan bantu yang sesuai hingga dapat dipastikan bahwa kedua garis tengah tadi berada pada bidang aksial yang sama.
2. Meletakkan benda uji pada posisi uji dengan berpedoman pada tanda garis tengah pada kedua ujung.
3. Letakkan sebuah benda uji dari dua bantalan bantu pembebanan yang terbuat dari kayu pada tengah pelat menekan bagian bawah dari mesin.
4. Letakkan benda uji di atas bantalan.
5. Kemudian letakkan bantalan kayu lapis lainnya di atas benda uji.
6. Atur posisi yang tepat antara benda uji dan mesin seperti pada Gambar 4.

Mulai pengujian dengan memberi beban tekan pada benda uji..

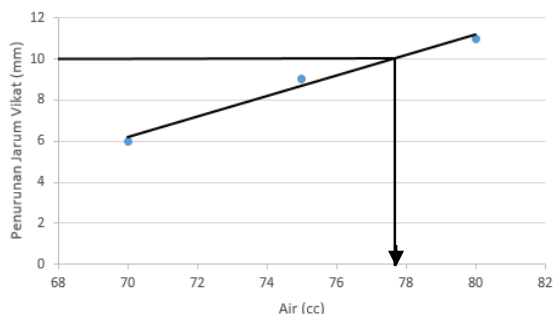
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Material

Hasil pengujian material untuk campuran beton yang dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya didapat material sesuai dan laik pakai sesuai standar.

4.2 Pengujian Konsistensi Normal

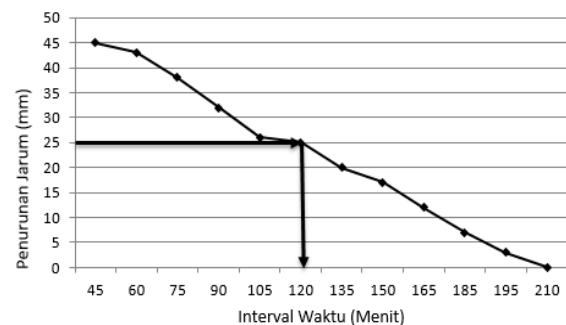
Konsistensi normal semen adalah kadar air yang dibutuhkan untuk membuat pasta semen yang diketahui apabila jarum vikat di cetakan dipermukaanya akan terjadi penetrasi sedalam 10 mm. Dari hasil uji di peroleh hasil konsistensi normal.



Gambar 6. Menentukan Penurunan Jarum Vikat 10 mm Pada Uji Konsistensi Normal Semen

4.3 Waktu Mengikat dan Mengeras Semen Portland

Gambar 7 menunjukkan hasil uji waktu mengikat dan mengeras pasta semen. Diketahui bahwa semen mengalami pengikatan pada menit ke-120 dan mengeras pada menit ke-210. Nilai tersebut didapat dari uji waktu mengikat dan mengeras semen portland type 1. Pada uji waktu mengikat dan mengeras semen portland ini menunjukkan bahwa waktu yang baik melakukan pencampuran dan pengadukan semen dengan material lain penyusun beton pada saat pengecoran sebelum menit ke 210.

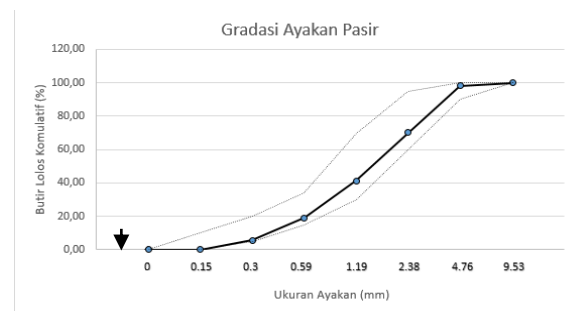


Gambar 7. Waktu Mengikat dan Mengeras Semen

4.4 Hasil Uji Saringan Pasir

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk menentukan gradasi pasir dan menentukan modulus kehalusan pasir. Grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 8 didapat bahwa pasir termasuk dalam zona 1 atau gradasi butiran 1 dengan modulus kehalusan pasir sungai sebesar 2,7.

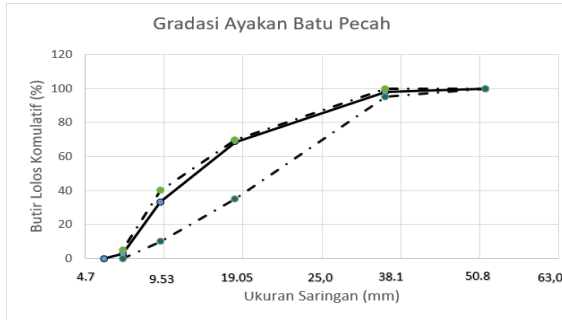
Modulus kehalusan agregat halus menurut SNI 0052-80 ialah sebesar 1,5-3,8. Jadi hasil uji analisa gradasi pasir tersebut memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai bahan campuran beton. Sedangkan menurut standart ASTM C33-2003 modulus kehalusan agregat halus lebih besar daripada yang di ditetapkan. Untuk hasil perhitungan modulus halus butiran.



Gambar 8. Gradasi Ayakan Pasir

4.5 Hasil Uji Saringan Batu Pecah

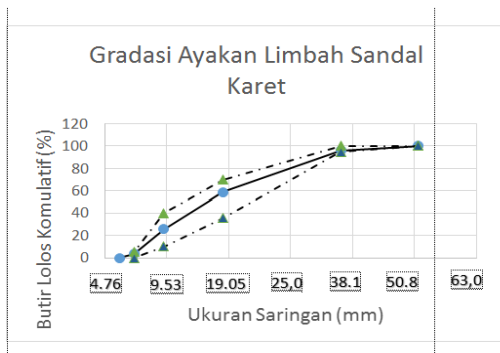
Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gradasi butiran dan modulus kehalusan batu pecah. Hasil uji diperoleh gradasi agregat kasar termasuk zona 2 dengan modulus kehalusan batu pecah sebesar 7,8.



Gambar 9. Gradasi Ayakan Batu Pecah

4.6 Hasil Uji Saringan Limbah Sandal Karet

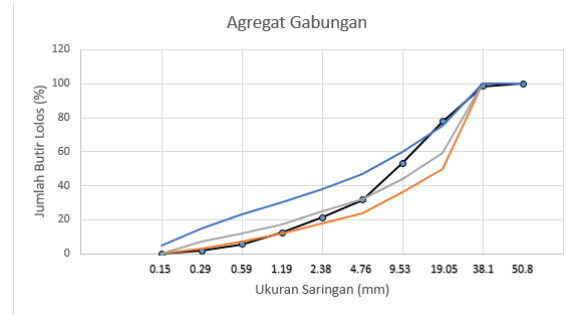
Pengujian limbah sandal karet dilakukan mengikuti prosedur pengujian agregat kasar. Pengujian dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya. Dengan tujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir/gradasi limbah sandal karet, apakah ukuran yang digunakan sudah memenuhi gradasi butiran untuk digunakan sebagai agregat kasar. Hasil pengujian seperti ditampilkan pada Gambar 10, limbah sandal karet berada di zona 2.



Gambar 10. Gradasi Ayakan Sandal Karet.

4.7 Hasil Analisa Ayakan Campuran

Dari hasil uji material agregat halus dan agregat kasar yang dilakukan pengujian dilaboratorium beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, maka dapat dilakukan analisa ayakan campuran agregat halus dan agregat kasar. Dari hasil perhitungan analisa tersebut didapatkan 60,16% (prosentase pasir) dan 35,84% (prosentase batu pecah). Untuk perhitungan dari analisa ayakan campuran agregat halus dan agregat kasar.



Gambar 11. Gradasi Ayakan Campuran

4.8 Hasil Uji Slump

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui konsistensi adukan (kekentalan beton). Semakin besar nilai slump, maka semakin mudah tingkat pengerjaannya karena kandungan air di dalam campuran beton itu sendiri semakin banyak. Pengujian slump dilakukan pada saat beton segar dituang pada sepertiga bagian dari kerucut *Abrams* yang kemudian dirojok selama 25 kali, kemudian 2/3 bagian kerucut dan harus di rojok selama 25 kali. Terakhir beton segar di tuang ke dalam kerucut *Abrams* hingga penuh dan kembali lakukan rojokan dan angkat kerucut *Abrams*. Terjadi keruntuhan yang diharapkan sesuai slump yang telah direncanakan. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur dengan penggaris selisih tinggi kerucut *Abrams* dengan beton segar yang telah mengalami keruntuhan saat kerucut *Abrams* diangkat.

Tabel 3. Hasil Uji Slump Test

Prosentase Limbah Sandal Karet	Slump rencana (mm)	Hasil slump	Keterangan
0 % (Normal)	60-180	80	OK
10 %	60-180	90	OK
20 %	60-180	85	OK
30 %	60-180	90	OK



Gambar 12. Hasil Uji Slump

PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL KARET SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

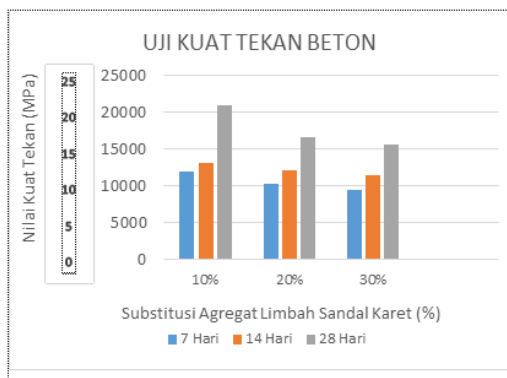
(Maria Goreti Oktofiyane Fernandez, Utari Khatulistiani)

4.9 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

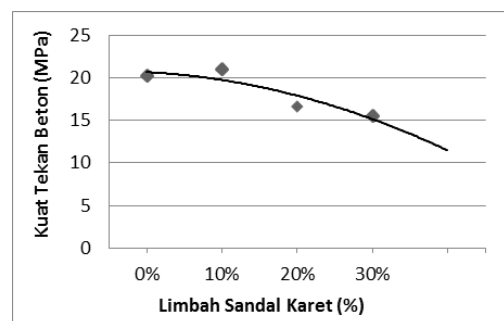
Dari hasil data dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya didapat hasil uji kuat tekan beton umur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari seperti diuraikan pada Tabel 4 dan Gambar 13.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Hari	Kuat Tekan Beton (MPa)			
	0%	10%	20%	30%
7	11.465	10.828	10.276	9.427
14	15.072	13.163	12.102	11.465
28	20.255	21.019	16.645	15.584



Gambar 13. Hasil Uji Kuat Tekan Beton



Gambar 14. Tren Presentase Limbah Sandal Karet Terhadap Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil uji di laboratorium yang telah dilakukan oleh peneliti, didapatkan bahwa nilai kuat tekan beton limbah sandal karet 10%, lebih tinggi dibandingkan nilai 20% dan 30%. Hal ini terjadi disebabkan semakin banyaknya agregat substitusi limbah sandal karet yang digunakan, menyebabkan kurangnya daya tahanan yang dimiliki oleh agregat kasar itu sendiri. Semakin besar substitusi sandal karet yang digunakan, semakin sedikit pula agregat kasar batu pecah yang digunakan. Hal ini menyebabkan pengujian kuat tekan beton dengan limbah sandal karet tidak memiliki daya tahanan yang baik terhadap beban tekan.

Substitusi limbah sandal sebesar 10% bisa dibantu dari agregat kasar. Hal ini dapat diketahui dari tren penambahan presentase limbah sandal dengan analisa statistik seperti ditampilkan pada Gambar 15. Tren grafik menunjukkan semakin tinggi persentase limbah sandal karet, maka semakin turun nilai kuat tekannya. Limbah sandal karet sebesar 10% pada campuran merupakan presentase optimum dalam menahan kuat tekan.



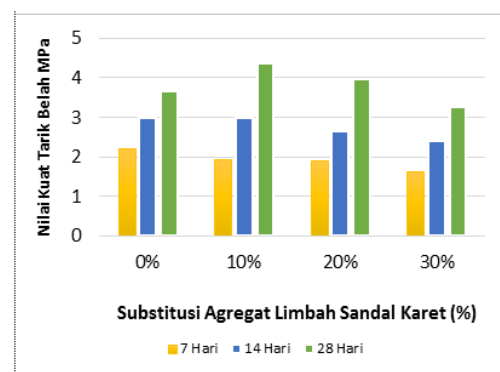
Gambar 15. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

4.10 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Dari hasil data dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Wijaya Kusuma Surabaya didapat hasil kuat tarik belah beton umur 7, 14 dan 28 hari seperti ditampilkan pada Tabel 5 dan Gambar 16.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

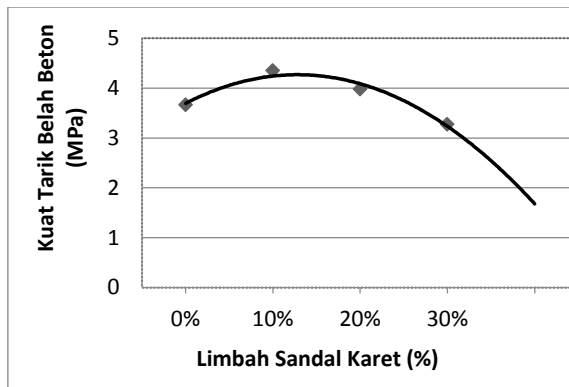
Hari	Kuat Tarik Belah Beton (MPa)			
	0%	10%	20%	30%
7	2,23	1,95	1,91	1,65
14	2,97	2,99	2,66	2,39
28	3,66	4,35	3,98	3,27



Gambar 16. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Dalam pengujian kuat tarik belah peneliti melakukan uji pada umur beton yaitu 7 hari, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tarik belah

beton diperoleh kuat tarik belah beton normal sebesar 3,66 MPa. dan Pada penggunaan limbah sandal karet sebesar 30%, hasil yang didapatkan di bawah nilai dari beton normal yaitu sebesar 3,27 MPa atau lebih kecil 0,15% dari beton normal. Hal ini terjadi disebabkan limbah sandal karet yang digunakan memiliki nilai hasil uji yang relatif lebih rendah dibawah batu pecah. Semakin besar presentase limbah sandal karet yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar, semakin kurang kekuatan tarik belah yang dimiliki beton. Hal ini dapat diketahui dari analisa statistik seperti ditampilkan pada Gambar 17. Tren grafik menunjukkan semakin tinggi presentase limbah sandal karet, maka semakin turun nilai kuat tarik belah.



Gambar 17. Tren Presentase Limbah Sandal Karet Terhadap Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 18. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

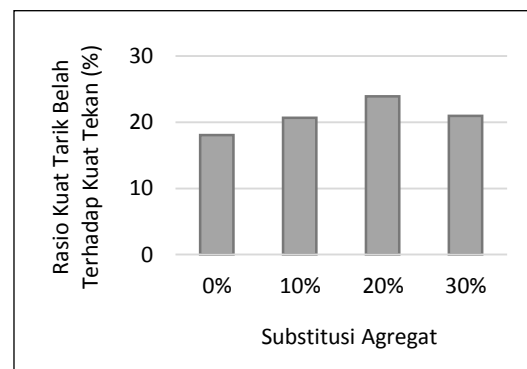
4.11 Rasio Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Rasio kuat tarik belah beton terhadap kuat tekan beton umur 28 hari dengan substitusi limbah sandal karet 0% diperoleh sebesar 18.53%. Pada substitusi limbah sandal karet 10%, 20% dan 30% diperoleh rasio kuat tarik belah terhadap kuat tekan berturut-turut adalah 21.71%,

23.91% dan 20.98% seperti ditampilkan dalam Tabel 6 dan Gambar 19.

Tabel 6. Rasio Kuat Tarik Belah Beton Terhadap Kuat Tekan Beton

Limbah Sandal Karet (%)	Nilai Kuat Tekan (MPa)	Nilai Kuat Tarik Belah (MPa)	Rasio Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Beton (%)
0	20,25	3.66	18.06
10	21,01	4.35	20.67
20	16.64	3.98	23.91
30	15.58	3.27	20.98



Gambar 19. Rasio Kuat Tarik Belah Terhadap Kuat Tekan Beton

5 KESIMPULAN

Dari data dan penelitian diperoleh hasil dan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengujian kuat tekan beton umur 28 hari diperoleh kuat tekan beton limbah sandal karet 10% sebesar 21,008 MPa, lebih tinggi 0,58% dari beton normal (limbah sandal karet 0%) yang kuat tekannya 20,244 MPa.
2. Pada pengujian kuat tarik belah beton umur 28 hari diperoleh kuat tarik belah beton limbah sandal karet 10% menghasilkan kuat tarik belah sebesar 4,35 MPa, lebih tinggi 0,47% dari beton normal 0% sebesar 3,66 MPa.
3. Pada penelitian ini dapat disimpulkan, penggunaan substitusi limbah sandal karet 10% merupakan prosentase paling optimum untuk campuran substitusi agregat kasar.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM, Standart Test Method For Making, *Accekerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimen* – ASTM.C.684. *Annual Books of ASTM Standart 1995 : Concrete and*

PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL KARET SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON

(Maria Goreti Oktofiyane Fernandez, Utari Khatulistiani)

- Aggregat*, VOL.04.02 *Contructions*. Philadelphia-USA : ASTM, 1995,p.346-352.
- Basuki, M., 2008, *Pengaruh Bentuk Potongan Ban Bekas Jenis Tubeless Terhadap Kuat Tarik Belah, Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton SCC (Self Compacting Concrete)*, Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Sipil UNSOED, Purwokerto.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1989, "pedoman beton 1989", Jakarta : DPU-Badan Penelitian Dan Pengembangan PU.
- Harry Chandra 1, Nursyamsi, 2012, *Pengaruh Penambahan Limbah Terhadap Kekuatan Beton*, Jurnal Teknik Sipil, Vol 3, Nomor 1.
- M. Irpan, 2015, *Pengaruh Penambahan Hancuran Karet (Crumb Rubber) Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanik Beton*, Jurnal Teknik Sipil, Vol.6, No.1.
- Moh. Ainun Najib, Nadia, 2014, *Beton Normal Dengan Menggunakan Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar*, Jurnal Konstruksi, Volume 6, Nomer 1.
- Murdok L.J., 1991, *Bahan dan Praktek Beton*, PT. Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, Tri, (2004), *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Pratama, (2014) *Pemanfaatan Limbah Marmer (Menir) tulong Agung Sebagai Pengganti Agregat Halus Beton Ditinjau Dari Sifat Mekanik dan Biaya*, Teknik Sipil. Universitas Wijaya Kusuma : Surabaya.
- Rahmuniawan, M.D., 2008, *Pengaruh Bentuk Potongan Ban Bekas Jenis Biasa Terhadap Kuat Tarik Belah, Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton SCC (Self Compacting Concrete)*, Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Sipil UNSOED, Purwokerto.
- Satyarno, Imam, 2006, *Penggunaan Serutan Ban Bekas Untuk Campuran Beton*, Jurnal Media Teknik, Vol. XXVIII, No. 4.
- Santosa, I.F., 2010, *Pengaruh Penambahan Variasi Panjang Serat Ban Bekas Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*, Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik
- Surya, (2006), *Buku Ajar Teknologi Karet*. Departemen Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Medan : USU.
- Shela Yuhesti, 2014, *Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tanjung Raja Dan Conplast WP421*, Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Vol.2, No.3.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, 2012, *Teknologi Beton*, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Wiwik Purwiningsih dan Andaryati, 2006, *Pemanfaatan Limbah Industri Sandal Sebagai Agregat Dalam Campuran Semen Putih Untuk Pembuatan Ornamen Pengganti Batu Alam*, Jurnal Purifikasi, Vol. 7, No.2, hal. 121 – 126.