

PENGGUNAAN LIMBAH BAN BEKAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR PADA CAMPURAN BATA BETON RINGAN DITINJAU KUAT TEKANNYA

Agung Setiawan¹, Agus Sugiarto², Sugeng Riyanto³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹setyawanagoeng07@gmail.com, ²agus.sugiarto@polinema.ac.id, ³sugeng.riyanto@polinema.ac.id

Abstrak

Meningkatnya jumlah (limbah ban bekas) yang menumpuk dan minimnya pengolahan sampah jenis ini tergolong sampah non-biodegradable yang dapat membahayakan lingkungan, mengingat semakin berkembangnya bata beton ringan yang membutuhkan semakin banyak material yang dapat terurai mengurangi berat bata beton ringan. Pemanfaatan limbah ban bekas berupa serbuk karet yang mempunyai berat jenis $\pm 1.09 \text{ g / mL}$ mampu mereduksi massa jenis, karet juga memiliki sifat elastis yang memungkinkannya untuk menutupi beton sebelum pecah pada saat kuat tekan maksimum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja batako ringan dengan crumb rubber sebagai pengganti agregat halus. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Politeknik Negeri Malang dengan menggunakan 4 variasi crumb rubber yaitu agregat halus 0%, 25%, 50%, dan 75%. Setiap variasi dibuat menjadi 15 kubus dengan dimensi 15x15cm selama 7, 14, dan 28 hari proses curing sebelum melalui uji kuat tekan. Hasil penelitian menunjukkan crumb rubber mampu menurunkan berat beton hingga 29,8527%, 41,9009% dan 43,2396%. variasi kekuatan masing-masing dalam 28 hari, 0% untuk rendemen 30.293 Mpa, 25% untuk rendemen 5.0933 Mpa, 50% untuk rendemen 2.2844 Mpa, 75% untuk rendemen 1.5555 Mpa.

Kata Kunci: Serbuk Karet; Pengganti pasir; Kuat Tekan

Abstract

The increasing number (used tire waste) that accumulates and the minimum processing of this type of waste is classified as non-biodegradable waste which can pose a danger to the environment, considering the development of lightweight concrete bricks which require more and more materials that can reduce the weight of the lightweight concrete bricks. using used tire waste in the form of crumb rubber which has a specific gravity of $\pm 1.09 \text{ g / mL}$ is able to reduce the density, rubber also has elastic properties that allow it to cover the concrete before it breaks when the compressive strength is maximum. This study aims to analyze the performance of lightweight concrete bricks with crumb rubber as a substitute for fine aggregate. The research was conducted at the State Polytechnic Concrete Laboratory of Malang using 4 variations of crumb rubber, namely 0%, 25%, 50%, and 75% fine aggregate. Each variation was made into 15 cubes with dimensions 15x15cm for 7, 14, and 28 days of curing process before going through the compressive strength test. The research resulted in crumb rubber able to lose weight up to 29,8527%, 41,9009% and 43,2396%. variations respectively strength in 28 days, 0% for a yield of 30,293 Mpa, 25% for a yield of 5,0933 Mpa, 50% for a yield of 2,2844 Mpa, 75% for a yield of 1,5555 Mpa.

Keywords: crumb rubber; sand substitutio; compressive strength

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan penggunaan bata mendorong munculnya inovasi-inovasi baru dalam pembuatan bata, salah satunya adalah bata ringan yang juga bisa disebut beton ringan, bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat, bata ringan memiliki kelebihan pada segi kemudahan pelaksanaan, kecepatan pemasangan, serta kerapian membangun dinding bangunan (Goritman, 2012).

Adapun beberapa pendekatan yang dipakai sebagai rujukan peningkatan kekuatan bata ringan. Diantaranya peningkatan kekuatan beton dari sisi material dengan mensubstitusi bahan-bahan pengganti, baik itu pada agregat halus maupun agregat kasar, sebagai bahan pengikat ataupun sebagai bahan tambah (Ovianti, 2018). Pada zaman sekarang, pengembangan material di bidang konstruksi difokuskan pada penggunaan limbah – limbah untuk menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi manusia (Nursyamsi, 2016).

Karet ban merupakan salah satu limbah terbesar yang ada di Indonesia (Saputri, 2019). Dewan Karet Indonesia menginformasikan bahwa total produksi ban kendaraan bermotor mencapai 150,2 juta unit pada tahun 2019, dibandingkan dengan 8 atau 9 tahun sebelumnya pada saat tahun 2010 jumlah produksi mencapai 14,4 juta dan pada tahun 2011 mencapai 15,5 juta unit. Jumlah tersebut tergolong dalam perkembangan yang pesat, jika setiap tahun produksi ban semakin bertambah maka potensi limbah ban bekas akan memperbanyak sampah anorganik yang tidak mudah terurai dan menimbulkan bahaya terhadap lingkungan. Untuk mengurangi limbah karet ban tersebut dapat dengan mengolah limbah karet ban menjadi serbuk karet ban (Saputri, 2019). *Crumb rubber* atau serbuk karet adalah karet yang dihancurkan dari limbah produk karet (Pabrik Karet Santo, 2020). Untuk ketersediaan *crumb rubber* di Indonesia cukup banyak tetapi limbah tersebut selama ini masih belum ditangani secara efektif, limbah hanya ditumpuk dilokasi pabrik, Direktorat Jendral Perkebunan dalam (Satyarno, 2006).

Apabila *crumb rubber* bisa digunakan sebagai substitusi agregat yang bisa mengurangi berat material bata beton tentu dapat mengurangi potensi bertambahnya sampah anorganik.

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan diatas maka tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Mengetahui berat jenis limbah ban bekas yang telah diolah menjadi *crumb rubber*.
2. Mengetahui sifat fisik material (pasir dan kerikil) yang akan digunakan untuk beton.
3. Mengetahui pengaruh substitusi *crumb rubber* 0%, 25%, 50% dan 75% dari komposisi pasir terhadap performa bata beton ringan.

Definisi Bata Beton

Bata beton adalah suatu jenis unsur bangunan yang berbentuk bata terbuat dari bahan utama semen portland, air dan agregat, yang digunakan untuk pasangan dinding. Bata beton dibedakan menjadi bata beton pejal dan bata beton berlubang (SNI 03-0349-1989).

Definisi Beton Ringan

Saat ini sudah mulai banyak orang yang menggunakan beton ringan, disebabkan berat sendirinya sudah jauh lebih ringan dibanding beton biasa, biasanya berat jenis beton biasa mencapai 1.800-2.100 kg/m³, sedangkan berat jenis beton ringan hanya mencapai 400-600 kg/m³ saja, kelebihan jika menggunakan bata ringan yaitu, berat sendirinya ringan, dapat dipotong, dapat dilem atau diplester, tahan api dan dapat menahan kebisingan (Susanta, 2007).

Definisi Bata Ringan

Bata ringan memiliki massa yang lebih ringan dari bata merah konvensional karena bata ringan memiliki banyak pori-pori yang sengaja dibuat (Goritman, 2012). Bata ringan atau lebih sering disebut bata hebel atau celcon memiliki karakteristik yang ringan, halus, dan rata. Tingkat kerataan bata hebel ini sangat baik sehingga dinding dapat langsung diaci atau dicat tanpa perlu diplaster terlebih dahulu (Susanta, 2007). Bata hebel atau celcon sering disebut bata ringan karena memang bobotnya terhitung ringan bila dibandingkan dengan jenis bahan dinding yang lain (Kumaludin, 2009).

Crumb Rubber

Crumb rubber atau serbuk karet adalah karet yang dihancurkan dari limbah produk karet yang dapat digunakan untuk campuran produk karet lain, Serbuk karet berbentuk butiran-butiran kecil dari ban bekas yang dibuat dalam ukuran tertentu yang digunakan untuk modifikasi bahan aspal paving atau sebagai filler. Sifat-sifat serbuk ban bekas yang dapat mempengaruhi interaksi dalam proses pembuatan yakni ukuran partikel, spesifikasi area permukaan, dan komposisi kima (Heitzamn, 1992).

Karet limbah berbentuk *crumb rubber* yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Sumber : Hasil Dokumentasi Pra Penelitian

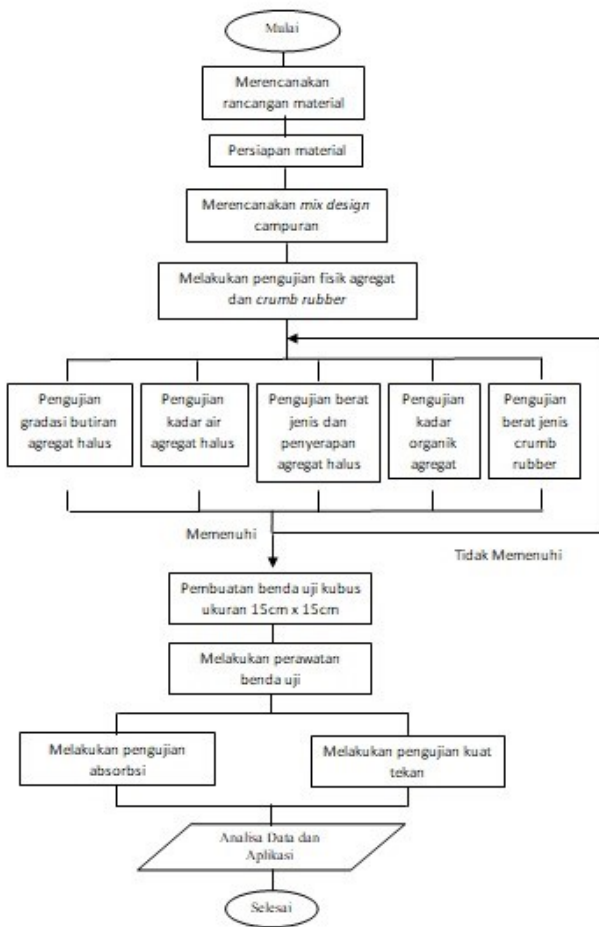
Gambar 1. *Crumb Rubber*

Kuat Tekan

Dalam pembuatan bata ringan, perlu dilakukan pengujian kuat tekan agar dapat mengetahui kuat tekan yang dihasilkan bata ringan. Pengujian kuat tekan bata dilakukan menurut SNI 03-4164-1996 menggunakan compression machine hand operated berkapasitas 250 kN. contoh benda uji yang telah siap, ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya. Kecepatan penekanan dari mulai pemberian beban sampai contoh uji hancur, diatur dalam waktu 1-2 menit, arah penekanan disesuaikan dengan arah tekan dalam pemakaian.

2. METODE

Langkah pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 2. Alir Rencana Penelitian

Berdasarkan **Gambar 2** urutan pengerjaan penelitian, dimulai dengan merencanakan rancangan material (persentase substitusi), persiapan material (*crumb rubber*, agregat halus, semen portland). *Crumb rubber* yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil butir dari limbah ban bekas kendaraan bermotor roda empat keatas. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir cor Lumajang. Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland tipe I (Semen Gresik).

Melakukan pengujian sifat fisik meliputi uji kadar air, berat jenis, penyerapan, gradasi, berat isi, kadar organik dan kadar lumpur terhadap agregat halus. Melakukan pengujian berat jenis terhadap *crumb rubber*.

Merencanakan *Mix Design* Campuran Bata Beton Ringan berpedoman pada referensi yang ada sebelumnya dikarenakan masih belum adanya SNI tentang bata ringan. Berat yang direncanakan adalah dibawah 1000 kg/m³, dan untuk nilai kuat tekan rencana adalah 3,5 N/mm².

Melakukan pencampuran material meliputi semen, air, pasir, agregat halus dan *crumb rubber*, digunakan variasi 0%, 25%, 50% dan 75% terhadap persentase agregat halus.

Beton yang telah didiamkan 24jam dalam *mould* kubus dibuka dan direndam didalam bak dengan air menutupi seluruh badan benda uji silinder.

Melakukan pengujian kuat tekan beton, pengujian dilakukan apabila beton pada umur 7, 14, dan 28 hari.

Mix Design

mix design penelitian ini berdasarkan refererensi terdekat sebelumnya, parameter perencanaan *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perencanaan *Mix Design* Penelitian

Parameter	Nilai Parameter
Umur rencana	7,14 dan 28
Faktor Air Rencana	0.45, 0.5, 0.55
Ukuran agregat halus	Lolos ayakan ukuran 4,75
Jenis Semen	Semen <i>portland</i> tipe I (Semen Gresik)
Jenis agregat halus	Pasir cor dari Lumajang
Bentuk benda uji	Kubus 15 x 15 cm
Perbandingan	1:2

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai FAS didapatkan melalui beberapa penelitian sebelumnya, diantara beberapa nilai FAS yang terdapat pada **Tabel 1** yang akan digunakan adalah yang mempunyai pengaruh lebih terhadap penurunan berat dari mortar yang akan digunakan.

Rancangan percobaan benda uji kubus dengan prosentase campuran abu 0%, 25%, 50% dan 75% substitusi pasir yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Beton

Prosentase	Sampel Uji Tekan	Sampel Uji Tekan	Sampel Uji Tekan
	Umur 7 Hari	Umur 14 Hari	Umur 28 Hari
0%	5	5	5
25%	5	5	5
50%	5	5	5
75%	5	5	5
Total	20	20	20

Sumber : Hasil Perhitungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Berat Jenis *Crumb Rubber*

Berat jenis *crumb rubber* diuji menggunakan metode gravimetri yang ada pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Uji berat jenis *crumb rubber*

No	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
		Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	Berat Jenis	1,09 ± 0,01	g/mL	-	Gravimetri

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil Pengujian Agregat Halus

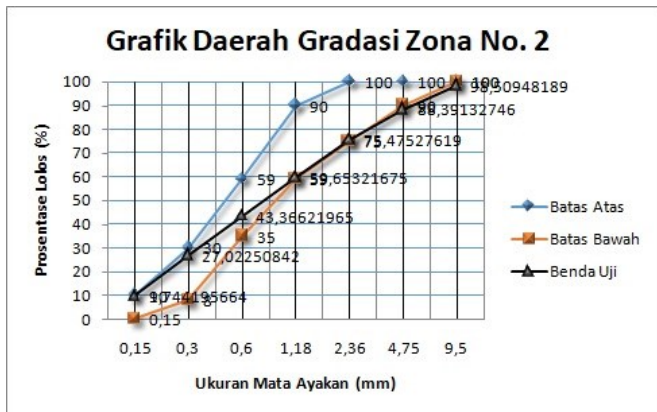
Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir dari Lumajang. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Pasir Lumajang

Jenis Pengujian	Hasil Uji	Standar	Referensi	Keterangan
Uji Gradasi	2,978377	2,90-3,20	ASTM C-136-01	OK
Kadar Air (%)	3,37	1 – 5%	ASTM C-128-01	OK
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,672	2,5-2,7	ASTM C-128-01	OK
Penyerapan (%)	0,644	2-10	ASTM C-136-01	TIDAK OK
Kadar Organik				
- Tebal Endapan	4	≤ 2,5	ASTM C-49-99	TIDAK OK
- Warna Larutan	bening	coklat	ASTM C-49-99	TIDAK OK

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil pengujian MHB pasir lumajang dapat dilihat pada **Gambar 3.**



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 3. Grafik Gradasi Pasir Lumajang

Trial Nilai Faktor Air Semen

Nilai faktor air semen yang digunakan untuk trial adalah 0.45, 0.5 dan 0,55 nilai tersebut diambil dari referensi penelitian-penelitian sebelumnya yang akan dipakai untuk membandingkan berat dari mortar batu bata beton yang akan digunakan, hasil trial dapat dilihat pada **Tabel 5.**

Tabel 5. Hasil trial nilai faktor air semen

Trial	Bahan				Rasio S/P	Berat mortar (kg)
	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air/Rasio semen	Air (kg)		
A1	2	4	0,55	1,1	1:2	2,1
A2	2	4	0,45	0,9	1:2	2,2
A3	2	4	0,5	1	1:2	2,18

Sumber : Hasil Pengujian

Setelah mengetahui nilai faktor air semen yang paling mempengaruhi berat yaitu 0,55 maka untuk mengetahui pengaruh signifikan dari variasi substitusi maka diperlukan trial adukan dengan campuran yang sudah ditentukan yaitu 25%, 50%, 75%, yang dapat dilihat pada **Tabel 6.**

Tabel 6. Hasil trial nilai faktor air semen

CR	Rasio Semen/Pasir	Berat (kg)		
		Gelas Ukur	Gelas Ukur + Mortar	Mortar
0%	1:2	0,3	2,4	2,1
25%	1:2	0,3	1,9	1,6
50%	1:2	0,3	1,6	1,3
75%	1:2	0,3	1,3	1

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil trial yang telah dilakukan terjadi penurunan berat mortar dengan volume yang sama pada setiap variasi.

Hasil Mix Design

Setelah melakukan trial yang mengambil referensi dari beberapa penelitian sebelumnya, kemudian menentukan kebutuhan 60 benda uji yang akan diuji, Kebutuhan material setiap variasi campuran dapat dilihat pada **Tabel 7.**

Tabel 7. Kebutuhan Jumlah Bahan Per 15 kubus 15x15cm Bata Beton Ringan Variasi

CR	kebutuhan bahan per 15 BU (kg)			
	Semen	Pasir	CR	Air
0%	40,5	81	-	22,275
25%	25,5	38,25	12,75	14,025
50%	18,75	18,75	18,75	10,3125
75%	18,5	9,6	27,4	10,175

Sumber : Hasil Perhitungan

Kuat Tekan

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bata beton ringan. dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan beton bata beton ringan dengan campuran *crumb rubber* ada yang mencapai kuat tekan rencana namun untuk berat masih diatas 1000 kg/m³. Kuat tekan bata beton ringan menurun berbanding lurus dengan proporsi campuran *crumb rubber*. Hasil pengujian kuat tekan dapat dilihat pada **Gambar 4,5,6.**



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4. Grafik Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari

Analisis pengaruh kuat tekan beton pada umur 7 hari dengan campuran *crumb rubber*. Kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 22,57 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 25% *crumb rubber* sebesar 4,62 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 50% *crumb rubber* sebesar 1,86 MPa, dan Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 75% *crumb rubber* sebesar 1,13 MPa.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 5. Grafik Hasil Kuat Tekan Umur 14 Hari

Analisis pengaruh kuat tekan beton pada umur 14 hari dengan penggunaan campuran *crumb rubber*. Kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 27,608 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 25% *crumb rubber* sebesar 4,62 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 50% *crumb rubber* sebesar 2,08 MPa, dan Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 75% *crumb rubber* sebesar 1,54 MPa.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 6. Grafik Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari

Analisis pengaruh kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan penggunaan campuran *crumb rubber*. Kuat tekan rata-rata beton normal sebesar 30,29 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 25% *crumb rubber* sebesar 5,09 MPa, Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 50% *crumb rubber* sebesar 2,28 MPa, dan Kuat tekan rata-rata beton dengan penggunaan 75% *crumb rubber* sebesar 1,55 Mpa.

Nilai kuat tekan rata-rata beton pada umur 7,14,21 dan 28 hari mengalami penambahan. Penambahan nilai kuat tekan beton secara keseluruhan bertambah seiring dengan bertambahnya umur beton. Pengaruh penggunaan 25%, 50% dan 75% *crumb rubber* menyebabkan kuat tekan rata-rata turun seiring besarnya penambahan *crumb rubber*.

Penurunan Berat

Dikarenakan penelitian ini bertujuan untuk mengurangi bobot dari bata beton maka untuk mengetahui seberapa ringan bata beton tersebut maka dapat dibandingkan dengan produk-produk yang sudah ada dipasaran atau mungkin dengan produk-produk yang sudah mempunyai nama sehingga dapat menjadi acuan yang valid untuk dibandingkan, namun yang akan digunakan sebagai acuan perbandingan adalah bata ringan guna mengetahui seberapa perbedaan berat dari bata beton ringan yang ada dalam penelitian ini dengan bata ringan, berat bata beton hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Data Berat Bata Beton Ringan Rata-Rata

Variasi	Berat	Kuat Tekan
	kg/m3	N/mm2
CR 25%	1552,59	5,09333
CR 50%	1285,92	2,28444
CR 75%	1256,29	1,55556

Sumber : Hasil Pengujian

Berat rata-rata beton penggunaan 25% *crumb rubber* sebesar 1552,59 kg/m³. Berat rata-rata beton penggunaan 50% *crumb rubber* sebesar 1285,92 kg/m³. Berat rata-rata beton penggunaan 50% *crumb rubber* sebesar 1256,29 kg/m³. Untuk mengetahui perbandingan berat dengan bata ringan yang ada dipasaran dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Data Berat Bata Beton Pasaran

Label Produk	Berat	Kuat Tekan	Sumber
	kg/m ³	N/mm ²	
PT. Blesscon	600	> 4.0	blesscon.co.id
PT. Citicon	600	≥ 4.0	citiconindonesia.com
PT. Powerblock Indonesia	650±50	≥ 3.60	powerblockindonesia.com
PT. Alfa Bangun Persada	600	≥ 3	alfabangunpersada.com
PT. Savircon Mandiri Internusa	550	> 3.7	savircon.com

Dapat disimpulkan bahwa setiap industri memiliki spesifikasi yang berbeda namun dari rata rata yang didapat berat dari produk bata ringan dapat dikatakan sekitar 600 kg/m², sedangkan untuk kuat tekannya yang paling besar adalah 4,0 N/mm².

Hasil yang didapat dari pengujian adalah kuat tekan yang didapat masih jauh dibawah produk-produk bata ringan, begitupun dengan berat masih terlalu berat dari produk produk bata ringan yang sudah ada dipasaran (adapun yang menggunakan variasi *crumb rubber* 25% dengan kuat tekan diatas produk pasar namun beratnya yang masih belum memenuhi syarat bata ringan).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium dapat disimpulkan bahwa berat jenis *crumb rubber* yang digunakan sebagai berikut :

- Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium dapat disimpulkan bahwa berat jenis *crumb rubber* yang digunakan seberat 1,09 g/mL metode pengujian yang digunakan adalah Gravimetri.

Berdasarkan analisa terhadap berat jenis *crumb rubber* dapat dikatakan bahwa berat jenis dari *crumb rubber* ±50% lebih ringan dari pada pasir yang digunakan dalam pengujian.

2. Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium dapat disimpulkan bahwa pasir Lumajang yang digunakan sebagai berikut :

- Uji Gradasi 2,978377 memenuhi syarat agregat beton.
- Kadar Air 3,37 memenuhi syarat agregat beton.

- Berat jenis 2,672 kg/m³ memenuhi syarat agregat beton.
- Penyerapan 0.644% tidak memenuhi syarat agregat beton.
- Kadar Organik dan Kadar Lumpur tidak memenuhi syarat agregat beton.

Berdasarkan hasil analisa parameter dan pengujian, dapat disimpulkan pasir cor Lumajang memiliki sifat fisik yang baik untuk digunakan sebagai agregat halus beton.

3. Pengujian kuat tekan bata beton ringan pada umur 7,14 dan 28 hari tidak terpenuhi untuk proporsi bata beton ringan campuran *crumb rubber*. Nilai kuat tekan rata-rata mengalami penurunan dan tidak ada yang mencapai kuat tekan rencana 3,5 N/mm² dengan berat dibawah 1000 kg/m³. adapun dengan menggunakan variasi *crumb rubber* 25% kuat tekan diatas produk pasar namun beratnya masih 1552,59 kg/m³.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goritman. Birdyant, “Studi kasus perbandingan berbagai bata ringan dari segi material, biaya, dan produktivitas” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [2] Ovianti. Yetty Asri, “Pengaruh penggunaan steel fiber pada pembuatan beton mutu normal dengan substitusi copper slag sebagai pengganti pasir” *J. Rks. Tek. Sipil*, vol 1, no. 1, p. 155-159, 2018.
- [3] Nursyamsi dan Vincent Theresa, “Pengaruh penambahan limbah plastik HDPE sebagai substitusi pasir pada campuran batako” . *J. Tek. Sipil*, vol 6, no 1, 2016.
- [4] Saputri. Yulia Wahyu, “Pengaruh pemanfaatan serbuk karet ban terhadap kuat tekan paving block”, Balikpapan, 2018.
- [5] Pabrik karet sento. <https://www.industrikaret.com/karet-serbuk.html>. 12 januari 2020.
- [6] Satyarno. Imam, “Penggunaan serutan karet ban bekas untuk campuran beton”. *J. Mda. Tek.* no 4, 2006.
- [7] SNI 03-0349-1989. Bata beton untuk pasangan dinding.
- [8] Susanta. G, *Dinding*. Jakarta: Penebar Swadaya, (2007).
- [9] Heitzman, M. 1992. Design and Construction of Asphalt Paving Materials with Crumb Rubber Modifier. Transportation Research Record 1339.
- [10] SNI 03-4164-1996. Pengujian dinding pasangan batu bata.