

PEMANFAATAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI BAHAN PENGGANTI (SUBSTITUSI) SEMEN PADA PEMBUATAN BETON RINGAN SELULER (*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE*)

Favian Akira Ultann

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
favian05091995@gmail.com

Yogie Risdianto

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Surabaya risdi75@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan beton ringan pada penerapan elemen non-struktural khususnya terhadap pemilihan bahan pengisi bangunan berupa panel dinding, memberikan alternatif berupa bahan bangunan rendah biaya (*low cost*). Inovasi ini diterapkan pada produk beton ringan untuk meningkatkan kelemahan beton non-struktural dalam bentuk biaya yang lebih rendah dikarenakan kecepatan pengerjaan lebih cepat, lebih tahan terhadap suhu, berat volume (*density*) nya lebih ringan, dan mudah dikerjakan (*easy of handling*).

Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan limbah karbit pada pembuatan beton ringan agar dapat menggantikan sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada benda uji kubus, panel, dan balok. Substitusi limbah las karbit ini memiliki variasi sebesar 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% terhadap berat benda uji.

Hasil penelitian dari penambahan substitusi limbah las karbit variasi tersebut diperoleh bahwa kuat tekan beton meningkat pada variasi 2% sebesar 3.21 MPa dengan berat volume tertinggi 0.83 gr/cm³ dan resapan air terendah 19.01% pada variasi 2%, semua benda uji pada umur 28 hari. Kuat lentur diperoleh variasi tertinggi pada 2% sebesar 1.21 MPa dan berat jenis 0.83 gr/cm³ pada umur 28 hari.

Kata kunci : Beton Ringan Seluler, Limbah Las Karbit

Abstract

The development of lightweight concrete in the application of non-structural elements, especially towards the selection of building materials in the form of wall panels, provides an alternative in the form of low cost building materials. This innovation is implemented in lightweight concrete product to improve non-structural concrete weaknesses in the form of lower costs due to faster processing speed, more resistance to temperature, lighter density, and easy of handling.

This research was conducted to utilize carbide waste in the manufacture of lightweight concrete in order to replace some of the cement against compressive strength and flexural strength of the cube, panel and beam specimens. This carbide welding substitution has variation of 0%, 1%, 2%, 3% and 4% of the weight of the specimen.

The results of the addition of variations in carbide waste substitution found that the compressive strength of concrete increased in the variation of 2% by 3.21 MPa with the highest weight volume of 0.83 gr / cm³ and the lowest water absorption 19.01% in the variation of 2%, all specimens at 28 days. Flexural strength obtained the highest variation at 2% at 1.21 MPa and specific gravity of 0.83 gr / cm³ at 28 days.

Keywords: Cellular lightweight concrete, Carbide Waste

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton ringan (*lightweight concrete*) berdasarkan Standar Nasional Indonesia atau SNI 2847-2013 didefinisikan sebagai beton yang mengandung agregat ringan dan berat volume setimbang (*equilibrium density*), dengan berat antara 1140 kg/m³ sampai 1840 kg/m³. Massa beton ringan yang memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan beton normal berpengaruh pada berat bangunan maka beton ringan dapat digunakan untuk konstruksi bangun tahan gempa.

Bata ringan dengan sistem CLC ini membutuhkan teknologi dan alat yang lebih sederhana yaitu dengan bantuan bahan kimia. Bahan kimia tersebut adalah *Foam Agent* yang berfungsi untuk mengurangi berat jenis dengan cara membentuk pori dalam bata ringan. (Jitchaiyaphum *et al*; 2011:1157). Tetapi penambahan *foam agent* ini tidak boleh terlalu banyak, karena dapat membuat bata ringan menjadi semakin keropos. Bata ringan sistem CLC juga membutuhkan bahan kimia *catalyst*. *Catalyst* ini ditambahkan untuk mempercepat proses pengikatan partikel yang terdapat di campuran tersebut.

Semakin banyaknya jumlah penggunaan beton tersebut maka semakin lama akan semakin habis sehingga membuat penambahan batuan dan limbah sebagai salah satu alternatif bahan pembentuk beton. Limbah karbit adalah sisa pembakaran karbit yang tidak dipakai atau di buang begitu saja, limbah ini diperoleh dari industri pengelasan pada bengkel las karbit sehingga di manfaatkan sebagai bahan penambahan beton. Hasil survey yang dilakukan dalam sehari bengkel las karbit dapat dihasilkan paling sedikit 4kg limbah las karbit, maka dalam hitungan tahun cukup banyak jumlah limbah karbit yang dihasilkan dan terbuang secara percuma.

Menurut PP RI No. 101 tahun 2014 tentang pengolahan limbah karbit B3, limbah karbit termasuk dalam golongan limbah B3 yang artinya limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) berpotensi merusak lingkungan disekitarnya dan juga dapat mengganggu kesehatan masyarakat. Komposisi kimia pada limbah karbit adalah 60% mengandung Calsium (CaO), SiO₂= 1.48%, Fe₂O₃ = 0,09%, Al₂O₃ = 9,07%, diketahui bahwa unsur pembentukan utama dari semen adalah Calsium yang berasal dari batu kapur, dengan begitu maka limbah karbit hasil pengelasan merupakan material pembentukan semen .

B. Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang dapat diambil dalam penelitian adalah “Bagaimana pengaruh substitusi limbah karbit pada pembuatan beton ringan seluler terhadap kuat tekan ?”

METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Rancangan Penelitian

1. Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil penelitian kuantitatif, dengan menggunakan metode desain empiris eksperimen. Desain empiris merupakan metode yang menggunakan pengamatan oleh indera manusia, sehingga orang lain dapat mengamati dan mengetahui cara-cara yang digunakan (Sugiyono, 2013).

2. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini akan dilakukan percobaan substitusi limbah las karbit dengan penggunaan *catalyst* dalam campuran beton ringan seluler (*cellular lightweight concrete*) yang bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik beton ringan. Persentase limbah las karbit yang akan di tambahkan dalam penelitian adalah 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dari berat

beton ringan seluler. Tahadapan penelitian *flow chart* sebagai berikut :

B. Lokasi Penelitian dan Jadwal Penelitian

Lokasi penelitian yang digunakan dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Melakukan pembuatan sampel benda uji beton ringan kubus 5x5x5 cm³ dan balok 16x4x4 cm³ di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya pada bulan Mei - Juli 2019.
2. Melakukan pengujian karakteristik fisik dan mekanik sampel benda uji yang telah dibuat di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya pada bulan Mei - Juli 2019.

C. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian untuk mendapatkan data yang digunakan sebagai bahan penelitian mengenai beton ringan seluler (*cellular lightweight concrete*).

D. Mix Desain Benda Uji

Dalam penelitian ini pembuatan *mix design* awal harus tepat karena dari pembuatan *mix design* awal ini akan digunakan sebagai *mix design* selanjutnya. Pemakaian campuran *mix desain* benda uji yang dipakai terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel 1 Mix Design Benda Uji

Mix Desain	Foam	Semen	Pasir	Catalyst	AIR	Las Karbit (%Wtotal)
	Vt (1:1) liter	Kg	Kg	% Wsemen	%Wsemen	
1	1	1	2	1	50	0
2	1	1	2	1	50	1
3	1	1	2	1	50	2
4	1	1	2	1	50	3
5	1	1	2	1	50	4

Tabel 2 Kebutuhan Bahan Kubus 5x5x5 cm³

Sampel	Komposisi Bahan					
	Foam	Pasir	Air	Semen	Catalyst	Karbit
	(liter)	(kg)	(liter)	(kg)	(gram)	(kg)
1	1.87	1.56	0.39	0.78	7.8	0
2	1.87	1.56	0.39	0.78	7.8	0.008
3	1.87	1.56	0.39	0.78	7.8	0.016
4	1.87	1.56	0.39	0.78	7.8	0.023
5	1.87	1.56	0.39	0.78	7.8	0.031
Total	9.35	7.8	1.95	3.9	39	0.078

Tabel 3 Kebutuhan Bahan Balok 16x4x4 cm³

Sampel	Komposisi Bahan					
	Foam	Pasir	Air	Semen	Catalyst	Karbit
	(liter)	(kg)	(liter)	(kg)	(gram)	(kg)
1	3.83	3.19	0.80	1.59	15.9	0
2	3.83	3.19	0.80	1.59	15.9	0.016
3	3.83	3.19	0.80	1.59	15.9	0.032
4	3.83	3.19	0.80	1.59	15.9	0.048
5	3.83	3.19	0.80	1.59	15.9	0.064
Total	19.2	16	4	7.95	79.5	0.160

Tabel 4 Kebutuhan Bahan Panel 25x40x3 cm³

Sampel	Komposisi Bahan					
	Foam	Pasir	Air	Semen	Catalyst	Karbit
	(liter)	(kg)	(liter)	(kg)	(gram)	(kg)
1	5.99	4.99	1.25	2.5	25	0
2	5.99	4.99	1.25	2.5	25	0.025
3	5.99	4.99	1.25	2.5	25	0.050
4	5.99	4.99	1.25	2.5	25	0.075
5	5.99	4.99	1.25	2.5	25	0.100

E. Teknik Analisis Data

Teknik pada analisis data pada penelitian ini yaitu penpeneliti ini menggunakan program *Microsoft Excel dan Microsoft Word* untuk menyajikan data menjadi informasi yang sederhana. Kemudian dilakukan pembahasan terhadap hasil yang telah diperoleh peneliti dari penelitian tersebut guna ditarik kesimpulan.

F. Pengujian Benda

Pengujian benda uji ini dilakukan di Universitas Negeri Surabaya Jurusan Teknik Sipil. Pengujian ini terdiri dari 3 pengujian yaitu

1. Pengujian Berat Volume

Penelitian ini proses pengujian berat jenis yaitu ambil satu benda uji yang sudah dikeringkan selama 28 hari.

2. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan akan dilakukan dengan menggunakan alat uji kuat tekan beton ringan. Dimana pada pengujian ini beton akan ditekan hingga rusak atau hancur untuk mengetahui seberapa kuat tekan maksimum yang dimiliki.

3. Pengujian Penyerapan Air

Penyerapan air ini terjadi karena adanya pori-pori didalam bata ringan tersebut. Menurut SNI 03-0349-1989 bata ringan.

G. Diagram Alir/Flow Chart Pengambilan Limbah Las Karbit

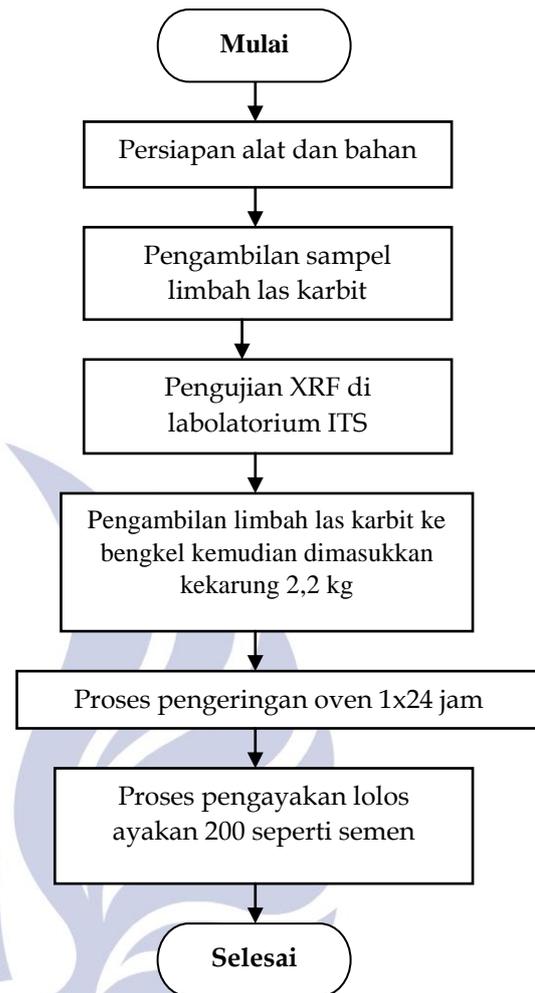


Diagram 1 *Flow Chart* Pengambilan Limbah Karbit

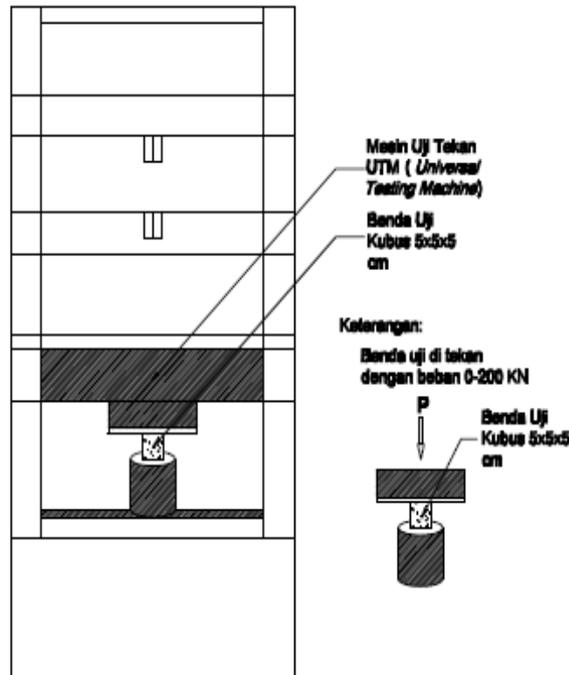
G. Uji Kuat Tekan berdasarkan standar ASTM C109/C109M

Langkah pengerjaan uji kuat tekan menggunakan Mesin tes tekan bermerk *Jinan TE Corporation* buatan Cina sebagai berikut :

- Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- Mengambil masing-masing 3 benda uji tiap lama pengeringan.
- Mengukur dimensi kubus dengan jangka sorong serta menimbang berat kubus dengan timbangan digital.
- Memeriksa beban yang akan dipakai untuk mesin tekan, untuk kali ini dipakai beban yang terkecil yaitu 0-200 KN untuk ½ putaran.
- Meletakkan benda uji pada mesin tes tekan spesi untuk menguji kuat tekan, dan melakukan penekanan dengan langkah kerja menghidupkan mesin kuat tekan dan menyalakan *oil pump*nya setelah itu dilakukan penekanan ke bawah

sampai permukaan benda uji sampai dengan mesinnya setelah itu melakukan pemberian beban untuk mortar dengan berat disesuaikan dengan benda uji. Pemberian dilakukan pemutaran 1/4 putaran sampai ke 1/2 putaran dengan melihat jarum apakah telah balik dan mengamati kondisi benda uji kubus.

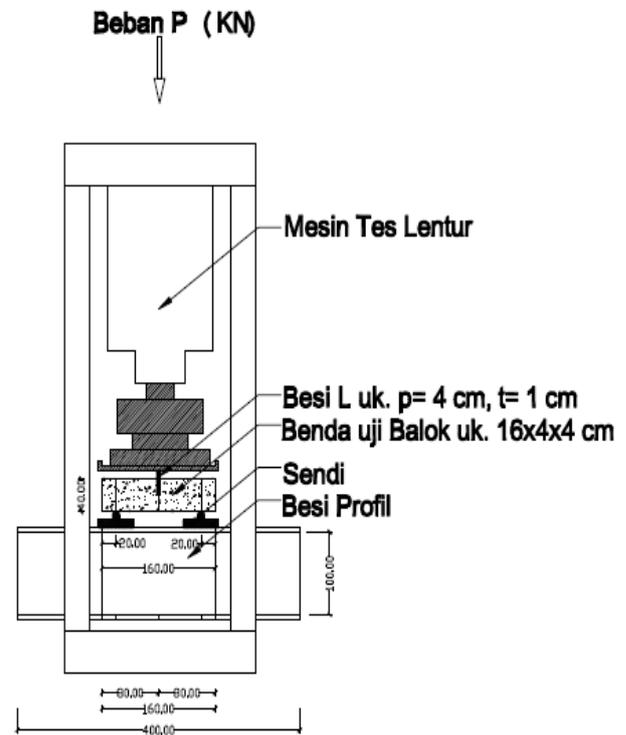
- f) Mencatat hasil pengujian sebagai data untuk menentukan tekanannya serta melakukan dokumentasi berupa foto setelah di tes tekan.



Gambar 1 *Setting up* Pengujian Tekan Berdasarkan ASTM C109/C109 M

start selanjutnya memberikan beban harus secara perlahan dalam memompa sehingga terlihat kenaikannya serta mulai kondisi retak pertamanya

- g) Mencatat hasil pengujian sebagai data dan mendokumentasikannya



Gambar 2 *Setting up* Pengujian Lentur Penampang Memanjang Berdasarkan ASTM C348

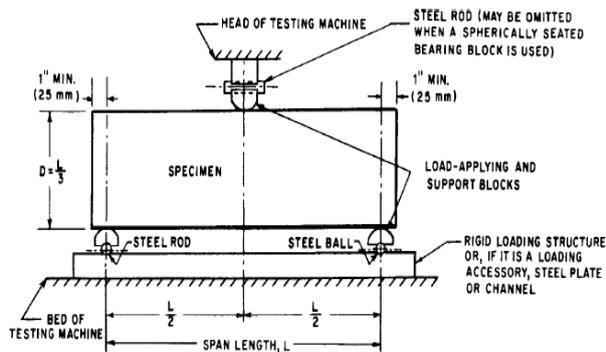
H. Uji Kuat Lentur berdasarkan standar ASTM C348

Langkah pengerjaan uji kuat lentur menggunakan mesin uji *hydraulic jack*

- Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- Mengambil masing-masing 3 benda uji balok berdasarkan umur yang akan diuji.
- Menimbang berat benda uji balok serta memberikan tanda pada jarak 2 cm untuk setiap masing-masing sisi dan memberikan jarak spidol untuk pertengahan bentang. Pemberian tanda pada benda uji bisa berupa spidol maupun kapur sesuai dengan metode pengujian *center point loading*.
- Meletakkan benda uji pada mesin tes.
- Memberikan besi untuk perletakan ditengah bentang
- Memberikan beban tepat di tengah bentang benda uji berupa balok. Mencatat nilai mulai

Setting up untuk pengujian uji lentur yang lain akan digunakan pada benda uji panel ukuran 40x25x3 cm³ menggunakan metode *center point loading*. Pengujian ini hampir mirip dengan pengujian balok, namun untuk pengujian panel ini mengacu pada ASTM C293 dengan menggunakan mesin *hydraulic jack* yang terdapat pada Lab Beton Fakultas Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Berikut tahapan pengujian lentur panel :

- Meletakkan benda uji pada alat uji lentur
- Setelah benda uji siap kemudian memompa hidrolik sehingga terjadi penekanan pada permukaan sampel dan dapat dibaca besar tekanannya.
- Pada saat mencapai beban maksimal sampel akan mengalami retakan dan akhirnya patah sehingga akan berhenti membaca pada titik maksimum, maka didapat beban maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji.



Gambar 3 *Setting up* Pengujian Lentur Panel Beton Berdasarkan ASTM C293 (Sumber: ASTM C293)

dan 4% limbah karbit. Pengujian kuat lentur panel mengacu pada SNI 03 6434-2000 dan ASTM C 293 – 02.

Tabel 7 Kuat Lentur Panel

Pengujian hari Ke-	Presentase Limbah Karbit (Mpa)				
	0%	1%	2%	3%	4%
28	0.25	0.30	0.34	0.23	0.17

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tabel 5 Kuat Tekan Rata-Rata

No	Pengujian hari ke-	Persentase Limbah Karbit (Mpa)				
		0%	1%	2%	3%	4%
1	3 hari	2,61	2,78	2,89	2,82	1,92
2	7 hari	2,72	2,86	2,93	2,85	2,14
3	14 hari	2,85	2,87	2,94	2,89	2,78
4	21 hari	2,92	2,95	3,02	2,94	2,90
5	28 hari	3,05	3,10	3,21	2,96	2,91

Pengujian kuat tekan ini dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21, dan 28 hari dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Tabel berikut menyajikan data untuk kuat tekan substitusi limbah las karbit 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%.

B. Kuat Lentur Balok 16x4x4 cm³

Pengujian kuat lentur balok tabel 6 menyajikan data pengujian kuat lentur ini dilakukan pada umur beton 28 hari dengan variasi substitusi limbah karbit 0%, 1%, 2%, 3% dan 4% dengan menggunakan alat *hydraulic jack* dan menggunakan metode *center point loading* peraturan sesuai ASTM C348.

Tabel 6 Kuat Lentur Balok

Pengujian hari ke-	Persentase Limbah Karbit (Mpa)				
	0%	1%	2%	3%	4%
28	0,93	1,03	1,12	0,65	0,47

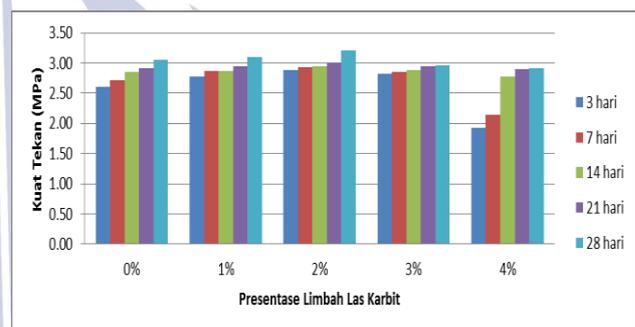
C. Kuat Lentur Panel 40x25x3 cm³

Pengujian kuat lentur panel 40x25x3 cm³ tabel 7 menyajikan data pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari dengan menggunakan alat *hydraulic jack* dan menggunakan metode *center point loading* untuk variasi substitusi 0% limbah karbit, 1% limbah karbit, 2% limbah karbit, 3% limbah karbit,

D. Pengaruh Terhadap Sifat Mekanik

Pengaruh terhadap sifat mekanik yaitu mengenai pengaruh kuat tekan, resapan air, dan kuat lentur terhadap substitusi variasi limbah las karbit.

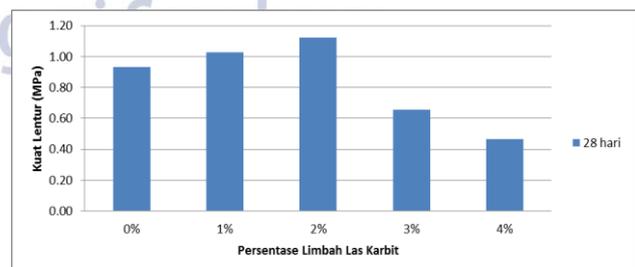
1. Pengaruh terhadap Kuat Tekan



Grafik 1 Kuat Tekan Rata-Rata

Pengaruh terhadap kuat tekan pada grafik 1 menjelaskan bahwa pada presentase 2% limbah las karbit di umur 28 hari sebesar 3,21 Mpa, dimana hasil tersebut melebihi hasil kuat tekan pada presentase 0% yang hanya didapat 3,05 Mpa. Namun disini dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan karbit mengalami penurunan diakibatkan proses pengikatan material penyusun beton ringan kurang maksimal sehingga menurunkan kuat tekan.

2. Pengaruh terhadap Kuat Lentur Balok



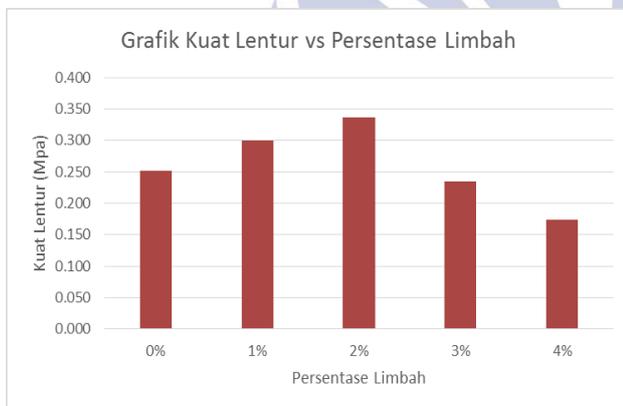
Grafik 2 Kuat Lentur Rata-Rata Balok

Pengaruh terhadap kuat lentur balok pada grafik 2 menjelaskan bahwa nilai kuat lentur umur 28 hari tertinggi 1,12 Mpa untuk variasi 2%, dimana hasil tersebut melebihi hasil kuat lentur pada presentase 0% yang hanya didapat

0,93 Mpa. Namun disini bisa dilihat bahwa semakin banyak penambahan karbit akan membuat nilai kuat lentur akan menurun. Hal ini terjadi karena sifat limbah karbit yang mudah menyerap air sehingga terlalu banyak kandungan air pada campuran beton akan memperlemah beton.

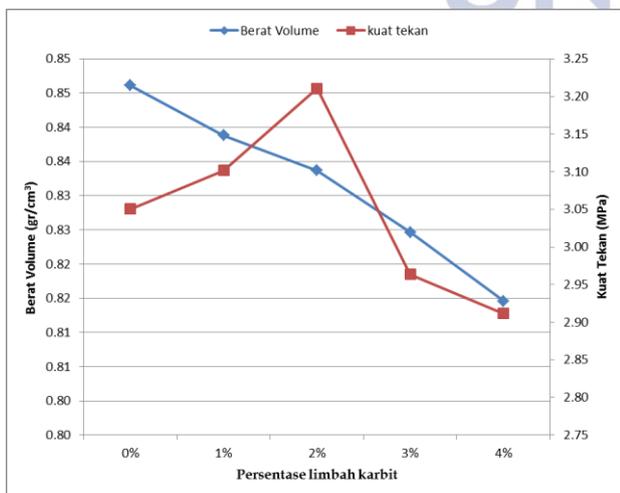
3. Pengaruh Terhadap Kuat Lentur Panel 40x25x3 cm³

Pengaruh terhadap kuat lentur panel pada grafik 3 menjelaskan nilai kuat lentur tertinggi didapatkan variasi 2% dengan hasil yaitu 0,34 Mpa pada umur 28 hari. Namun disini bisa dilihat bahwa semakin banyak penambahan karbit akan membuat nilai kuat lentur akan menurun. Hal ini terjadi karena sifat limbah karbit yang mudah menyerap air sehingga terlalu banyak kandungan air pada campuran beton akan memperlemah beton dan proses pengikatan material penyusun beton tidak sempurna.



Grafik 3 Kuat Lentur Rata-Rata Panel

4. Hubungan berat volume vs kuat tekan



Grafik 4 Berat Volume dan Kuat Tekan

Berat volume pada grafik 4 dinyatakan hampir memenuhi ketentuan sasaran penelitian dan untuk kuat tekan telah memenuhi yaitu diatas 1,4 MPa sesuai dengan peraturan ASTM C869. Hasil yang didapat dalam pengujian kuat tekan mengalami peningkatan sampai variasi 2% namun berat volume mengalami penurunan dikarenakan pada saat pembuatan benda uji beberapa hari mengalami penyusutan yang berakibat berat volume menurun.

SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memanfaatkan limbah karbit pada pembuatan beton ringan dapat menggantikan sebagian semen terhadap kuat tekan dan kuat lentur pada benda uji kubus, panel, dan balok. Hasil optimum yang didapat pada pembuatan beton ringan untuk pengujian kuat lentur balok dan kuat lentur panel variasi 2% dikarenakan mengalami pengikatan material secara sempurna dan homogen. Namun kuat lentur balok dan panel variasi 3-4% mengalami penurunan dikarenakan ketidak homogenan material.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C109/C109M. 2008. *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 50mm) Cube Specimens*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.04.02.2008. ASTM 2008: Philadelphia.
- ASTM C348. 2002. *Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars*, Annual Book of ASTM Standard, Vol.14.04.2002. ASTM, 2002: Philadelphia.
- ASTM C796-97. 1998. *Standard Test Method for Foaming Agents for Use in Producing Cellular Concrete Using Preformed Foam*, Annual Book of ASTM Standard Vo04.02.1998. ASTM, 1998: Philadelphia.
- ASTM C869/C869M-11, *Standard Specification for Foaming Agent Used in Making Preformed Foam for Cellular Concrete*, Annual Book of ASTM Standard. Pennsylvania: ASTM, 2011.
- ASTM C293/C293-02, *Standard Test Method for Flexure Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)*, Annual Book of ASTM Standard Vo04.02. ASTM, 2002.
- Hazim. Muhammad F. 2016. "Studi Penggunaan Catalyst, Monomer, Dan Kapur Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Seluler". *Rekayasa Teknik Sipil* Vol. 03 Nomor 03/rekat/16 (2016), Halaman 138-149. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.
- Rajiman. 2005. "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan Material Agregat Alam (FELDSPART) Terhadap Sifat Fisik Beton , *Jurnal Teknik Sipil* Vol.04 No.2. FST Sang Bumi Ruwai Jurai.

- Bayuaji dan Biyanto. 2009. "Evaluasi Densiti *Lightweight Foam Concrete* Menggunakan Metode *Statistical Process Control (SPC)*". Jurnal ITS: Surabaya.
- Hamad, J. Ali. 2014. "*Material, Production, Production and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*". Engineering Technical College, Mosul: Iraq.
- Jitchaiyaphum, K., Sinsiri, T., Chindaprasirt, P. 2011. *Cellular Lightweight Concrete Containing Pozzolan Materials. Procedia Engineering*. 14 (2011) Halaman 1157-1164. Published By Elsevier Ltd, DOI: 10.1016/j.proeng.2011.07.145.
- Malau, F. Blasius. 2004. "Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan Membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Batu Raja dengan Tambahan Foaming Agent dan Silica Fume". Universitas Sriwijaya: Sumatera Utara.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: Andi.
- SNI 3-0349-1989. 1989. *Bata beton untuk pasangan dinding*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2495-1991. 1991. *Spesifikasi Bahan Tambah Untuk Beton*. Departemen Pekerjaan Umum. Bandung: LPMB.
- SNI 03-6820-2002. 2002. *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2847-2002. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional: Bandung.
- SNI 15-2049-2004. 2004. *Semen Portland*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6434-2000. 2000. *Metode Pengujian Fisik Panel Gypsum dan Papan Gypsum*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847-2013. 2013. *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyono. 2013. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: CV. Alfabeta