

Journal of Applied Engineering Sciences

Volume 7, Issue 3, September 2024

P-ISSN 2615-4617

E-ISSN 2615-7152

Open Access at : <https://ft.ekasakti.org/index.php/JAES/index/>

ANALISA UJI KUAT TEKAN BETON DENGAN MENGGUNAKAN VARIASI LIMBAH LAS KARBIT SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN SUBSTITUSI SEMEN

ANALYSIS OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST WITH USING VARIATION OF CARBIDE WELDING WASTEAS CEMENT SUBSTITUTION ADDITIVE

Eliza efrizon¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti Padang, Indonesia

E-mail: elizaefrizon13@gmail.com

INFO ARTIKEL

Kata kunci
Limbah las Karbit, Mesin Kompresi 3000 kN, Hasil Pengujian Kompresi

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah las karbit terhadap campuran beton dan dapat menjadi perhitungan yang layak atau tidak untuk meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini menggunakan variasi sampel beton normal 0% dan dengan penambahan limbah las karbit sebanyak 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen yang substitusikan. Pembuatan dan pengujian dilakukan di Laboratorium Beton Dinas Bina Marga Cipta Karya dan Tata Ruang, Kota Padang, Sumatera Barat berlokasi di Jalan Taman Siswa No.1A, Alai Parak Kopi, Kecamatan Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Machine 3000 kN* di uji pada umur beton 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan pengukuran digital, hasil didapatkan secara langsung berupa kertas yang bernama *Compression Testing Result*. Hasil pengujian yang dilakukan didapat hasil kuat tekan rata-rata beton dengan beton normal 0% (tanpa limbah las karbit) adalah sebesar 22,1 Mpa, sesuai dengan kuat tekan rencana. Setelah beton diberi tambahan limbah las karbit 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar -6,76% dari beton normal menjadi 20,7 Mpa. Penambahan limbah las karbit 10% juga terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar -32,33% dari beton normal menjadi 16,7 Mpa dan 15% tetap mengalami penurunan sebesar -31,54% dari beton normal dengan kuat tekan yang diperoleh yaitu 16,8 Mpa dan disaat penambahan limbah las karbit 20% menurun kembali sebesar -41,66% dari beton normal yaitu 15,6 Mpa.

Copyright © 2024 JAES. All rights reserved.

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

Limbah las Karbit,
Compression Machine
3000 kN, Compression
Testing Result

This study aims to determine the effect of the addition of carbide welding waste to the concrete mixture and can be a feasible calculation or not to increase the compressive strength of concrete. This research uses a variety of normal concrete samples 0% and with the addition of carbide welding waste as much as 5%, 10%, 15%, and 20% of the weight of the substituted cement. Manufacture and testing were carried out at the Concrete Laboratory of the Office of Bina Marga Cipta Karya and Spatial Planning, Padang City, West Sumatra, located at Jalan Taman Siswa No.1A, Alai Parak Kopi, Padang Utara District, Padang City, West Sumatra. Concrete compressive strength testing is carried out using a 3000 kN Compression Machine tool tested at the age of 14 days, 21 days, and 28 days of concrete with digital measurements, the results are obtained directly in the form of a paper called Compression Testing Result. The results of the tests carried out obtained the average compressive strength of concrete with 0% normal concrete (without carbide welding waste) is 22.1 Mpa, in accordance with the compressive strength of the plan. After the concrete was added with 5% carbide welding waste, there was a decrease in the compressive strength value of -6.76% from normal concrete to 20.7 Mpa. The addition of 10% carbide welding waste also decreased the compressive strength value by -32.33% from normal concrete to 16.7 Mpa and 15% still decreased by -31.54% from normal concrete with a compressive strength obtained of 16.8 Mpa and when the addition of 20% carbide welding waste decreased again by -41.66% from normal concrete, namely 15.6 Mpa.

Copyright © JAES. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi di Indonesia berkembang pesat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Dengan berkembangnya pembangunan berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan akan beton sebagai bahan bangunan yang banyak digunakan, dan pembangunan akan terus berkembang begitu juga dengan kebutuhan akan beton selanjutnya dimasa yang akan datang. Dampak dari pertumbuhan yang terus berkembang itu ialah pemanasan global atau yang sering dikenal dengan global warming. Kenaikan suhu bumi yang melatarbelakangi penulis untuk mandalami bagaimana kenaikan suhu bumi yang terjadi akibat kegiatan yang berlangsung dari pekerjaan-pekerjaan pembangunan yang diperani oleh tenaga sipil.

Beton sangat mempengaruhi peningkatan pembangunan sehingga produsen berlomba-lomba untuk menciptakan teknologi konstruksi baru. Semua konstruksi bangunan yang dibangun harus memiliki kekuatan yang kokoh. Sehingga bangunan konstruksi tersebut memiliki tingkat keamanan yang tinggi.

Beton juga merupakan bahan bangunan komposit yang terbuat dari agregat dan pengikat semen, bentuk paling umum dari beton adalah semen portland yang terdiri dari agregat mineral, semen dan air. Perkembangan pembangunan didunia teknik sipil sangat mempengaruhi tingkat kebutuhan akan terus berkembang setiap tahunnya. Untuk mengurangi produksi semen diperlukan bahan alternatif pengganti lainnya, salah satunya bahan alternatif tersebut yaitu limbah las karbit.

Latar belakang limbah las karbit yang dibuang sia-sia, sekitar 3-6 kg limbah karbit dibuang tiap harinya yang itu hanya baru satu bengkel las karbit, jadi ada ketertarikan penulis mengangkat limbah las karbit untuk diteliti lebih lanjut. Pemanfaatan limbah las karbit jika digunakan sebagai bahan tambahan campuran beton diharapkan dapat memberikan reaksi yang baik sehingga dapat meningkatkan kuat tekan beton.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan perancangan campuran beton menggunakan menurut SNI 03-2834-2000. Penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Dinas Bina Marga Cipta Karya dan Tata Ruang, Kota Padang, Sumatera Barat yang bertujuan untuk membuktikan apakah dengan penambahan limbah

las karbit dapat menaikkan nilai kuat tekan beton mencapai mutu $f_c'20$ MPa. Penambahan limbah las karbit yaitu dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen yang disubstitusikan dengan benda uji berjumlah 15 sampel masing-masing setiap variasi 3 benda uji diuji pada umur beton 14 hari, 21 hari, dan 28 hari dengan benda uji berupa silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Hasil Perencanaan Campuran Beton

No.	Uraian	Tabel/Grafik/Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Kuat tekan yang disyaratkan	Ditetapkan	20	MPa
2	Deviasi standar	Diketahui	6	Mpa
3	Nilai tambah (margin)	Diketahui	9,84	MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1 + 3	29,84	MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	Semen Portland PCC	
6	Jenis agregat : - Kasar	Ditetapkan	Batu Pecah	
	- Halus	Ditetapkan	Alami	
7	Faktor air semen bebas	Grafik 2.5	0,5	
8	Faktor air semen maksimum	Ditetapkan	0,6	
9	Slump	Ditetapkan	30 - 60	mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	20	mm
11	Kadar air bebas	Ditetapkan	190	Kg/m ³
12	Jumlah semen	11 : 7	380	Kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	380	Kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	325	Kg/m ³
15	Faktor air semen yang disesuaikan	Grafik 2.3	0,5	
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 2.5 s/d 2.8	Zona 2	
17	Susunan agregat kasar /gabungan	Grafik 2.9 s/d 2.11	Maks 20 cm	
18	Persen agregat halus	Grafik 2.12 s/d 2.14	37	%
19	Berat jenis relatif agregat (kering permukaan)	Diketahui	2,61	
20	Berat isi beton	Grafik 2.15	2370	Kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	20 -12 - 11	1800	Kg/m ³
22	Kadar agregat halus	18 x 21	666	Kg/m ³
23	Kadar agregat kasar	21 – 22	1134	Kg/m ³

(Sumber:Hasilpengujian)

Tabel 2. Hasil Perbandingan 1 m3 campuran beton

Proporsi campuran	Semen	Air	Ag. Halus	Ag. Kasar
	(kg)	(kg/lite)	(kg)	(kg)
Tiap m ³ (Aktual)	380,0	201,9	654,6	1133,5
Tiap campuran 3 silinder (0,019 m ³)	7,22	3,83	12,43	21,54

(Sumber: Hasil pengujian)

Tabel 3. Kebutuhan Material untuk Satu Benda Uji

Kebutuhan/ benda uji			
Semen (kg)	Air (kg/liter)	Pasir (kg)	Split (kg)
2,41	1,27	4,15	7,18

(Sumber: Hasil pengujian)

Volume yang didapatkan dari perencanaan beton untuk 1m³ dijadikan acuan untuk perencanaan beton pada beda uji. Untuk pembuatan benda uji/sampel diperlukan cetakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Maka volume untuk 1 buah benda uji silinder adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume 1 silinder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (0,15)^2 \times 0,30 = 0,0053 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan untuk 3 benda uji beton} \\ &= \text{Volume silinder} \times \text{faktor koreksi} \times \text{jumlah} \\ &= 0,0053 \times 1,2 \times 3 = 0,0190 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk Kebutuhan Limbah Las Karbit yang digunakan harus dihitung terlebih dahulu. Perhitungan jumlah limbah las karbit diambil dari persentase semen, sebagai contoh 5% limbah las karbit mempunyai arti benda uji mengandung limbah las karbit 5% dari berat semen. Jika suatu benda uji 5% limbah las karbit mengandung 2,41 kg semen maka benda uji tersebut mengandung limbah las karbit = 5% x 2,41 kg = 0,12 kg limbah las karbit maka jumlah semen akan berkurang. Jika untuk 3 benda uji silinder maka didapat penambahan limbah las karbit seperti Tabel 14.

Tabel 4. Kebutuhan untuk 3 Benda Uji Beton (0,0053 m³)

Limbah Las Karbit (%)	Berat (kg)				
	Semen	Air	Pasir	Split	Limbah Las Karbit
0%	7,22	3,83	12,43	21,54	0
5%	6,86	3,83	12,43	21,54	0,36
10%	6,50	3,83	12,43	21,54	0,72
15%	6,14	3,83	12,43	21,54	1,08
20%	5,78	3,83	12,43	21,54	1,44

Gambar 1. Pengujian Slump Beton

Hasil Pengujian Slump Beton

Tabel 5. Hasil Pengukuran Nilai Slump

Variasi Limbah Las Karbit (%)	Tinggi Slump (cm)			
	H1	H2	H3	Rata - rata
Beton Normal 0%	7,00	7,00	7,00	7,00
Limbah las karbit 5%	6,50	7,00	7,00	6,84
Limbah las	6,00	6,00	6,00	6,00

karbit 10%				
Limbah las karbit 15%	6,00	5,50	6,00	5,84
Limbah las karbit 20%	5,00	6,00	5,50	5,50

(Sumber: Hasil pengujian)

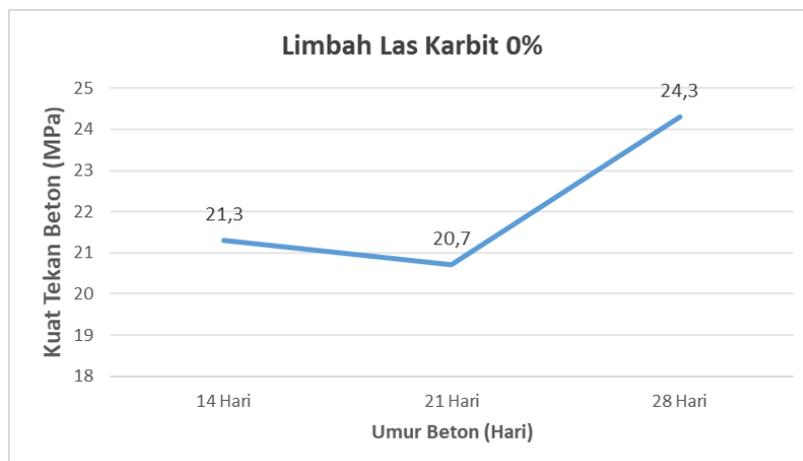
Setelah dilakukan pengukuran nilai slump dan di rata-rata kan didapatkan hasil nilai slump tertinggi pada campuran beton normal dengan tinggi 7,00 cm, sedangkan nilai slump paling rendah adalah 5,50 cm dan terdapat pada volume limbah las karbit 20 %. Jadi dapat disimpulkan bahwa pengaruh bahan tambah limbah las karbit terhadap campuran beton mengakibatkan penurunan nilai slump, semakin sedikit limbah las karbit semakin tinggi nilai slumpnya. Penurunan nilai slump terjadi karena pengaruh bahan tambah limbah las karbit, yaitu karena limbah las karbit menyerap zat cair dan ion-ion yang terdapat dalam campuran beton sehingga menjadi lebih kering dan kental.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton normal dan dengan penambahan 5%, 10%,15%, dan 20% limbah las karbit pada umur 14, 21, dan 28 hari dapat dilihat pada Tabel dibawah ini:

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Berat Benda Uji	Luas Bidang (A)	Nilai Bacaan Alat (P)	Nilai Terkoreksi (P)	Kuat Tekan Nilai Terkoreksi (fc')	Kuat Tekan Rata-Rata (f'cr)
	(Hari)	(Kg)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(MPa)	(MPa)
T1	14	12,496	17662,5	378,4	375,5	21,3	22,1
T2	21	12,496	17662,5	368,7	365,8	20,7	
T3	28	12,354	17662,5	432,8	429,5	24,3	

Gambar 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

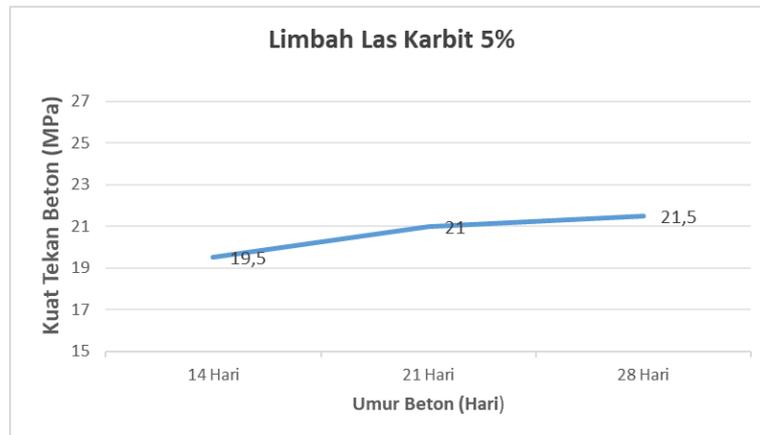


Tabel 7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 5% Limbah Las Karbit

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Berat Benda Uji	Luas Bidang (A)	Nilai Bacaan Alat (P)	Nilai Terkoreksi (P)	Kuat Tekan Nilai Terkoreksi (fc')	Kuat Tekan Rata-Rata (f'cr)
	(Hari)	(Kg)	(mm ²)	kN	kN	MPa	(MPa)
T1 5%	14	12,400	17662,5	346,4	343,7	19,5	20,7
T2 5%	21	12,494	17662,5	374,1	371,2	21,0	
T3 5%	28	12,472	17662,5	383,1	380,0	21,5	

Pada penambahan limbah las karbit 5% terjadi penurunan = -6,76% dari beton normal

Pada penambahan limbah las karbit 5% terjadi penurunan = -6,76% dari beton normal

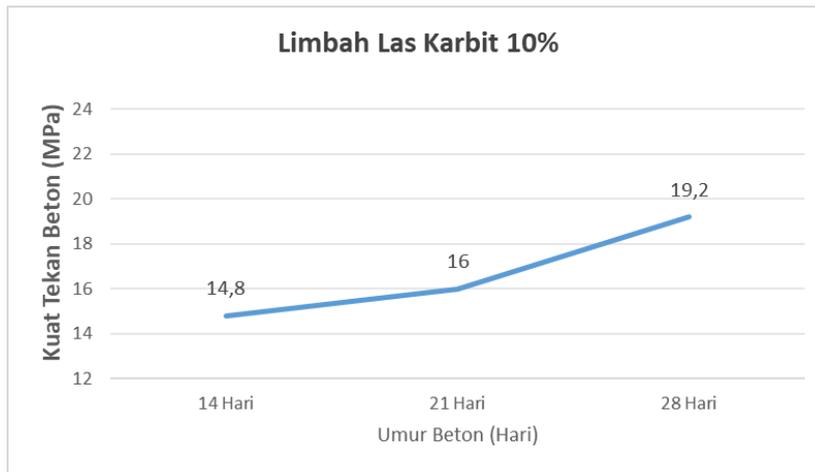


Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 5% Limbah Karbit

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 10% Limbah Las Karbit

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Berat Benda Uji	Luas Bidang (A)	Nilai Bacaan Alat (P)	Nilai Terkoreksi (P)	Kuat Tekan Nilai Terkoreksi (fc')	Kuat Tekan Rata-Rata (f'cr)
	(Hari)	(Kg)	(mm ²)	kN	kN	MPa	(MPa)
T1 10%	14	11,982	17662,5	264,4	262,2	14,8	16,7
T2 10%	21	11,986	17662,5	284,4	282,2	16,0	
T3 10%	28	12,078	17662,5	341,0	338,3	19,2	

Pada penambahan limbah las karbit 10% terjadi penurunan = -32,33% dari beton normal



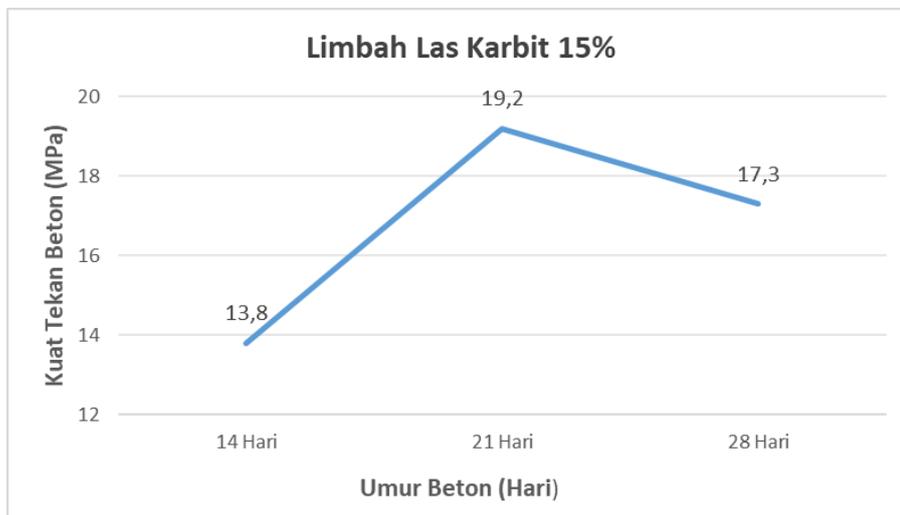
Pada penambahan limbah las karbit 10% terjadi penurunan = -32,33% dari beton normal

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 15% Limbah Las Karbit

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Berat Benda Uji	Luas Bidang (A)	Nilai Bacaan Alat (P)	Nilai Terkoreksi (P)	Kuat Tekan Nilai Terkoreksi (fc')	Kuat Tekan Rata-Rata (f'cr)
	(Hari)	(Kg)	(mm ²)	kN	kN	MPa	(MPa)
T1 15%	14	12,080	17662,5	246,6	244,5	13,8	16,8
T2 15%	21	12,150	17662,5	342,0	339,3	19,2	
T3 15%	28	12,150	17662,5	308,3	305,8	17,3	

Pada penambahan limbah las karbit 15% terjadi penurunan = -31,54% dari beton normal

Pada penambahan limbah las karbit 15% terjadi penurunan = -31,54% dari beton normal

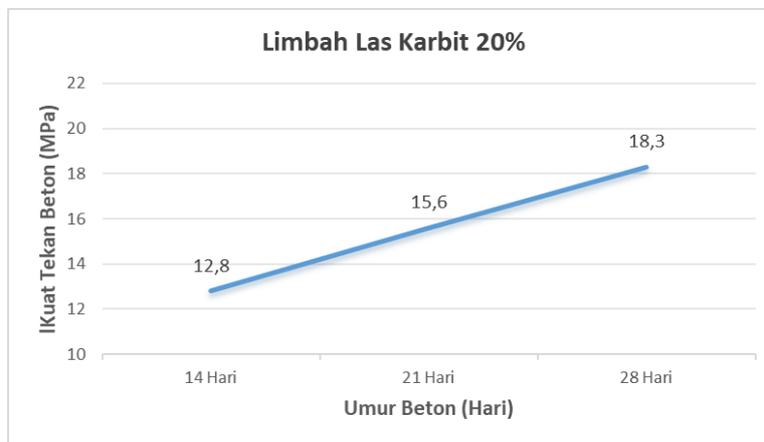


Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 15% Limbah Karbit

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 20% Limbah Las Karbit

Kode Benda Uji	Umur Rencana	Berat Benda Uji	Luas Bidang (A)	Nilai Bacaan Alat (P)	Nilai Terkoreksi (P)	Kuat Tekan Nilai Terkoreksi (fc')	Kuat Tekan Rata-Rata (f'cr)
	(Hari)	(Kg)	(mm ²)	kN	kN	MPa	(MPa)
T1 20%	14	12,116	17662,5	228,9	226,6	12,8	15,6
T2 20%	21	12,222	17662,5	278,4	276,1	15,6	
T3 20%	28	12,170	17662,5	325,0	322,4	18,3	

Pada penambahan limbah las karbit 20% terjadi penurunan = -41,66% dari beton normal



Berdasarkan penelitian yang penulis buat ini kuat tekan rencana adalah 20 MPa dengan penambahan limbah las karbit dengan volume bervariasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% terhadap berat semen dengan cara substitusi pada semen. Menggunakan agregat kasar dari air dingin dengan nilai kadar lumpur agregatnya 0,69% memenuhi standar, berat jenis SSD nya 2,69 memenuhi standar, Kadar air 0,62%, Penyerapan 0,66%, Berat isi gemburnya 1,33 kg/liter. Sedangkan untuk Agregat halus nya berasal dari lubuk alung dengan kadar lumpurnya 1,08% memenuhi standar, Berat jenis SSD 2,48 juga memenuhi standar, Kadar air 1,28%, Penyerapan 2,99%, Berat isi gembur 1,31 kg/liter. Pada pengujian kuat tekan dengan spesifikasi agregat kasar dan agregat halus tersebut dan dengan fc' 20 MPa mendapatkan hasil kuat tekannya seperti pada Gambar 7 terlihat bahwa dari hasil pengujian yang dilakukan didapat hasil kuat tekan beton rata-rata dengan beton normal 0% (tanpa limbah las karbit) adalah sebesar 22,1 Mpa, sesuai dengan kuat tekan rencana. Setelah beton diberi tambahan limbah las karbit 5% terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar -6,76% dari beton normal menjadi 20,7 Mpa. Penambahan limbah las karbit 10% juga terjadi penurunan nilai kuat tekan sebesar -32,33% dari beton normal menjadi 16,7 Mpa dan 15% tetap mengalami penurunan sebesar -31,54% dari beton normal dengan kuat tekan yang diperoleh yaitu 16,8 Mpa. Dan disaat penambahan limbah las karbit 20% menurun kembali sebesar -41,66% dari beton normal yaitu 15,6 Mpa.

Nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dari pengujian 14, 21, dan 28 hari yaitu :

1. Beton normal umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 21,3 MPa, umur 21 hari diperoleh nilai kuat tekan 20,7 MPa, umur 28 hari diperoleh umur kuat tekan beton 24,3 Mpa, dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 22,1 MPa.

2. Beton variasi penambahan limbah las karbit 5% pada umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 19,5 MPa, umur 21 hari diperoleh nilai kuat tekan 21,0 MPa, umur 28 hari diperoleh umur kuat tekan beton 21,5 Mpa, dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 20,7 MPa.

3. Beton variasi penambahan limbah las karbit 10% pada umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 14,8 MPa, umur 21 hari diperoleh nilai kuat tekan 16,0 MPa, umur 28 hari diperoleh umur kuat tekan beton 19,2 Mpa, dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 16,7 MPa.

4. Beton variasi penambahan limbah las karbit 15% pada umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 13,8 MPa, umur 21 hari diperoleh nilai kuat tekan 19,2 MPa, umur 28 hari diperoleh umur kuat tekan beton 17,3 Mpa, dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 16,8 MPa.

5. Beton variasi penambahan limbah las karbit 20% pada umur 14 hari diperoleh nilai kuat tekan 12,8 MPa, umur 21 hari diperoleh nilai kuat tekan 15,6 MPa, umur 28 hari diperoleh umur kuat tekan beton 18,3 Mpa, dan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 15,6 MPa.

Dari uraian ini dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah las karbit pada campuran beton mengalami penurunan dapat dilihat dari umur beton. Hal ini bisa terjadi karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan pada beton. Mulai dari karakteristik material pada agregat yang bervariasi seperti gradasi, bentuk, tekstur, dan sifat-sifat fisik, dapat mengakibatkan kuat tekan beton menurun, cara pengadukan yang berbeda dari satu adukan ke adukan berikutnya juga mempengaruhi kuat tekan pada beton yang akan dihasilkan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Beton Dinas Bina Marga Cipta Karya dan Tata Ruang Kota Padang, Sumatera Barat mengenai penelitian pengaruh penambahan limbah las karbit pada campuran beton terhadap kuat tekan dengan variasi persentase penambahan limbah las karbit 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen yang disubstitusikan. Dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian yang dilakukan hasil kuat tekan beton tanpa penambahan limbah las karbit 0% (beton normal) yang didapat dari pengujian kuat tekan benda uji silinder yaitu 21,3 MPa pada umur 14 hari, 20,7 MPa pada umur 21 hari dan 24,3 MPa pada 28 hari. Nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar 22,1 MPa yaitu sesuai dengan kuat tekan rencana $f'c$ 20 Mpa.

2. Nilai kuat tekan dengan penambahan limbah las karbit 5% hanya mencapai kuat tekan rencana $f'c20$ MPa yaitu sebesar 20,7 MPa. Dan menurun kembali pada penambahan limbah las karbit 10%, 15% yaitu sebesar 16,7 MPa dan 16,8 MPa dengan penambahan limbah las karbit 20% nilai kuat tekan rata-ratanya sebesar 15,6 MPa.

3. Nilai optimum kuat tekan beton dengan tambahan limbah las karbit terjadi pada penambahan limbah las karbit 5% yaitu sebesar 20,7 MPa hanya mencapai kuat tekan beton rencana $f'c$ 20 MPa tetapi tidak melebihi nilai kuat tekan normal (tanpa limbah las karbit) yaitu 22,1 MPa. Dari hasil pengujian yang penulis lakukan untuk penambahan limbah las karbit pada adukan beton tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan betonnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprida, L.F dkk. 2018. Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen. *Jurnal Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah* Volume 1 Nomor 3. September 2018. ISSN: 2623-1727
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 1974:2011 Cara Uji Kuat Tekan dengan Benda Uji Silinder. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Mulyono, T. 2004. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Saputra, W. A., Anisah, A., & Saleh, R. 2020. Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Bahan Tambah Pada Mortar Ditinjau Dari Kuat Tekan. *Jurnal Pensil*, 9(3), 146-151. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v9i3.1644>
- Tjokrodinuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit