

Pemanfaatan Limbah Karbit Pada Campuran Beton Ringan Sebagai Bahan Tambah

B. Erdiansyah Putra¹, Sharwanda Asfarina¹

¹ Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Muhammadiyah Bima, Kota Bima, 84117
yhandecoz@gmail.com

Abstract

Lightweight concrete is a rapidly developing technology. It is utilized for a variety of applications, including construction walls, insulation, roofing, and foundation fillers. Because of its low density and energy consumption, lightweight concrete may replace traditional concrete materials, encouraging low-carbon growth. The purpose of this study is to determine the effect of adding carbide waste to the concrete mix composition, as well as to discover the concrete mix that produces the best outcomes. The method is carried out in the form of determining the materials and composition of the mixture to be used, variations in the composition of the mixture with a percentage of 0-35 persen carbide waste with a ratio of 1Pc: 6Sand, and one variation will be made three test objects and inspected at the age of 7, 14, and 28 days. Making samples involves creating lightweight concrete test items with predetermined composition changes. test items in the shape of 5x5x5 cm cubes. The results showed that the average compressive strength of concrete from a mixture of 0%, 15%, 20%, 25%, 30%, and 35% variation of carbide waste at the age of 28 days was 6.35 MPa, 5.50 Mpa, 5.45 Mpa, 5.32 Mpa, and 4.78 Mpa, and the content weight was 1872.12 kg/m³, 1865.76 kg/m³, 1862.31 kg/m³, 1853.42 kg/m³, 1840. 24 kg/m³, and 1808. 26 kg/m³. The optimal compressive strength of 28-day-old concrete with 15% carbide waste was 5.50 MPa when using a 1Pc:6Psr concrete mix.

Keywords: Lightweight Concrete, Carbide, Compressive Strength

Abstrak

Perkembangan beton ringan merupakan suatu teknologi yang sedang mengalami perkembangan pesat, Beton ringan digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk dinding bangunan, insulasi, atap, dan pengisi pondasi. Karena kepadatannya yang rendah, konsumsi energi yang rendah, beton ringan dapat menggantikan material beton asli, sehingga mendorong pengembangan rendah karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak dari penambahan limbah karbit pada komposisi campuran beton, serta untuk menemukan campuran beton yang memberikan hasil yang optimal. Metode yang dilakukan berupa penentuan bahan dan komposisi campuran yang akan digunakan, variasi komposisi campuran dengan persentase limbah karbit 0-35% dengan perbandingan 1Pc : 6Pasir dan satu variasi akan dibuatkan 3 benda uji serta pada umur 7, 14, 28 hari dilakukan pemeriksaan. Pembuatan sampel dengan membuat benda uji beton ringan dengan variasi komposisi yang telah ditentukan. benda uji berupa kubus 5x5x5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan rerata beton dari campuran limbah karbit variasi 0%,15%, 20%, 25%, 30% dan 35% pada umur 28 hari berturut-turut adalah sebesar 6.35 MPa, 5.50 Mpa, 5.45 Mpa, 5.32 Mpa, 4.78 Mpa. dan berat isi berturut-turut sebesar 1872.12 kg/m³, 1865.76 kg/m³, 1862.31 kg/m³, 1853.42 kg/m³, 1840. 24 kg/m³, dan 1808. 26 kg/m³. Campuran beton dari komposisi 1Pc: 6Psr dengan penambahan limbah karbit menunjukkan bahwa kuat tekan optimal beton berumur 28 hari dengan 15% limbah karbita sebesar 5.50 MPa).

Kata Kunci: Beton Ringan, Karbit, Kuat Tekan

PENDAHULUAN

Perkembangan beton ringan merupakan suatu teknologi yang sedang mengalami perkembangan pesat. Beton ringan memiliki berat jenis yang lebih rendah dari beton standar. Beton ringan adalah jenis beton khusus yang memiliki kepadatan yang relatif rendah, biasanya setengah atau kurang dari beton normal (Mo et al., 2016). Beton ringan digunakan untuk berbagai keperluan, termasuk dinding bangunan, insulasi, atap, dan pengisi pondasi. Karena kepadatannya yang rendah, konsumsi energi yang rendah, beton ringan dapat menggantikan material beton asli, sehingga mendorong pengembangan rendah karbon dalam industri konstruksi (Samson et al., 2017). Sektor bahan bangunan merupakan industri dasar yang penting dalam perekonomian nasional, yang memberikan bantuan untuk meningkatkan taraf hidup, mengatur lingkungan ekologi, dan menghasilkan perputaran ekonomi (L Chica, 2019).

Limbah karbit adalah hasil samping dari proses pembuatan gas acetylene. Limbah karbit berbentuk butiran halus dan memiliki warna putih ke abu-abuan. Dari reaksi pembuatan gas acetylene diketahui bahwa Limbah Karbit mengandung Ca(OH)₂. Berdasarkan reaksi pozzolan yang membutuhkan Ca(OH)₂ untuk bereaksi. Limbah karbit merupakan sisa pembakaran karbit yang tidak terpakai, yang merupakan limbah yang diperoleh dari industri pengelasan pada bengkel las karbit. Limbah atau bahan buangan industri dan pertanian telah banyak diolah dan digunakan sebagai elemen penyusun beton dengan hasil yang baik (Putra. & Israjunna, 2023).

Tabel 1. Kandungan Limbah Karbit

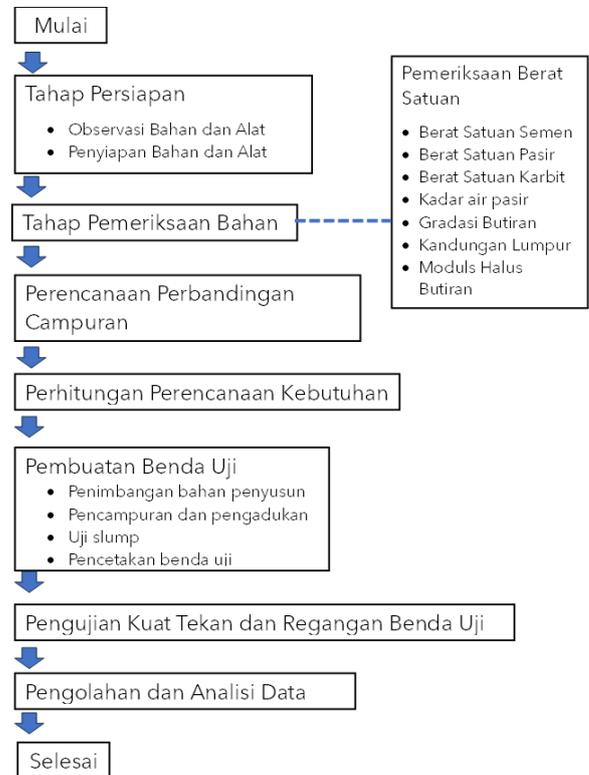
No	Senyawa	%
1	Al ₂ O ₃	0,61
2	SiO ₂	0,94
3	SO ₃	0,3
4	CaO	95,37
5	Fe ₂ O ₃	0,48
6	Y ₂ O ₃	0,25
7	MoO	2,1

Secara umum, beton ringan dapat memiliki modulus elastisitas 15-60% lebih rendah daripada beton dengan berat normal pada kelas kekuatan yang sama (Rodacka et al., 2023), Beton ringan memiliki beberapa jenis yang berbeda, seperti beton ringan struktural dengan kuat tekan maksimum 41.36 MPa dan berat jenis 1860 Kg/m³, serta kuat tekan minimal 17.24 MPa dengan berat jenis 1400 Kg/m³. Selain itu, terdapat juga struktur ringan dengan kuat tekan maksimum 17.24 MPa dan berat jenis 1400 Kg/m³, serta kuat tekan minimal 6.89 MPa dengan berat jenis 800 Kg/m³. Untuk kebutuhan isolasi, struktur sangat ringan memiliki kuat tekan maksimum 6.89 MPa dengan berat jenis 800 Kg/m³. (SNI 03-3449-2002, 2002). Kuat tekan rata-rata mortar umur 28 hari variasi limbah karbit 0-12.5% sebagai berikut adalah 20.67-19 MPa (Ultann & Risdianto, 2020). Kuat tekan mortar umur 28 hari dengan penambahan limbah karbit 10% dan 20% adalah 28,22 MPa dan 21,027 MPa (Makmur, 2023). Menurut Dea, 2016. Beton ringan dengan 5%, 10%, atau 15% substitusi limbah karbit memiliki kuat tekan masing-masing sebesar 10.05 MPa, 8.53 MPa, dan 6.7 MPa. Dalam hal berat jenis, semua sampel memenuhi kriteria yang ditetapkan yaitu kurang dari 1850 kg/m³. (Natania, 2016). Beton ringan LCR-EMS (light calcium carbonate reinforced epoxy microspheres) memiliki densitas dan kuat tekan beton masing-masing adalah 1.246 g/cm³ dan 8.19 MPa. Kepadatan dan kuat tekan maksimum beton ringan masing-masing adalah 1.146 g/cm³ dan 6.37 Mpa (Wang et al., 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak dari penambahan limbah karbit pada komposisi campuran beton, serta untuk menemukan campuran beton yang memberikan hasil yang optimal.

METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan berupa penentuan bahan dan komposisi campuran menentukan Bahan-bahan untuk campuran beton ringan meliputi semen, agregat halus, dan limbah karbit, setelah itu dilakukan pemeriksaan bahan yang meliputi pemeriksaan berat satuan (semen, pasir, karbit), kadar air, kandungan lumpur, gradasi butiran dan modulus halus butiran. Penentuan variasi komposisi campuran dengan persentase limbah karbit 0-35% dengan perbandingan 1Pc : 6Psr dan satu variasi akan dibuatkan 3 benda uji. kemudian dilakukan perhitungan analisa kebutuhan bahan untuk tiap benda uji berdasarkan berat satuan . Proses pencampuran/mix desugn beton ringan mengacu pada SNI 03-3449-2002 dilakukan secara manual di lokasi pengujian. Kemudian dilakukan

pencetakan benda uji untuk beton berumur 7, 14, 28 haei berupa kubus 5x5x5 cm, Untuk kuat tekan beton ditentukan dengan uji tekan. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah peralatan yang terdapat di Laboratorium Workshop Dinas PUPR Kota Bima. Berikut adalah gambar bagan alur penelitian



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Bahan, Tujuan dari pemeriksaan beton adalah untuk menentukan sifat dan ciri-ciri dari elemen-elemen penyusun beton, seperti semen, pasir, dan bahan tambahan lainnya. Hal ini dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruhnya terhadap kualitas beton jadi. Pemeriksaan ini terdiri dari pemeriksaan berat satuan semen, berat satuan pasir, berat satuan limbah karbit, kadar air pasir, kandungan lumpur, dan modulus halus butiran. Seperti pada Tabel 2.

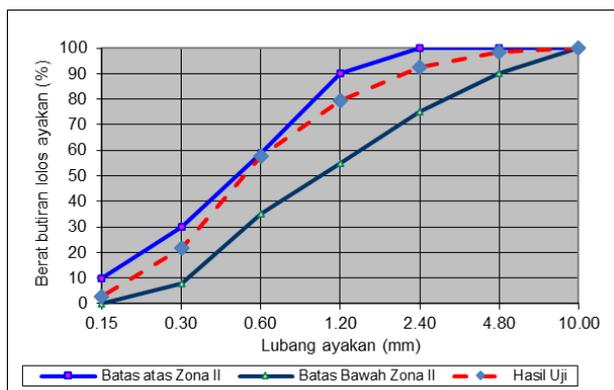
Pemeriksaan Gradasi Pasir. Tujuan pemeriksaan gradasi pasir adalah untuk mendapatkan informasi tentang gradasi butiran pasir dan distribusinya. Ini memungkinkan untuk memastikan bahwa Pasir dalam campuran beton memenuhi kualitas dan standar gradasi. Pemeriksaan gradasi pasir dilakukan melalui proses saringan, dimana pasir diayak melalui berbagai ukuran saringan untuk mengukur distribusi ukuran butiran. Data gradasi pasir yang diperoleh akan digunakan dalam perencanaan adukan beton, dimana gradasi pasir harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Pemeriksaan gradasi pasir. termasuk gradasi daerah I memenuhi kireteria berada

diantara zona 1 dan zona 2 (SNI 03-3449-2002, 2002). variasi campuran seperti ditunjukkan Gambar 2. Hasil pemeriksaan pasir selengkapnya dapat dilihat pada

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Bahan / material

No	Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi	Referensi
1	Berat Satuan Semen	gr/cm ³	1.309	-	(SNI 1973:2016, 2016)
2	Berat Jenis Karbit	gr/cm ⁴			
3	Berat Satuan Karbit	gr/cm ⁵	0.835	-	-
4	Berat Jenis Pasir	gr/cm ⁶	2.790	2,4 – 2,9	(Tjokrodinuljo, 1992)
5	Berat Satuan Pasir	gr/cm ⁴	1.507	0.4 -1.9	(SNI 1973:2016, 2016)
6	Kadar air pasir	%	1.51	0.5-2.0	(SNI 1971:2011, 2011)
7	Kandungan lumpur Pasir	%	2.47	< 5	(M-09-1989-F, 1989)
8	Kadar Zat Organik		warna standar No.11	memenuhi standar	(SNI 2816:2014, 2014)
9	Daya Serap Pasir	%	1.51	< 5	(03-1970-2008, 2008)
10	Modulus halus butiran	-	2.51	1,5 – 3,8	(03-1750-1990, 1990)

Sumber: Hasil pemeriksaan



Gambar 2. Grafik Pemeriksaan Gradasi Pasir

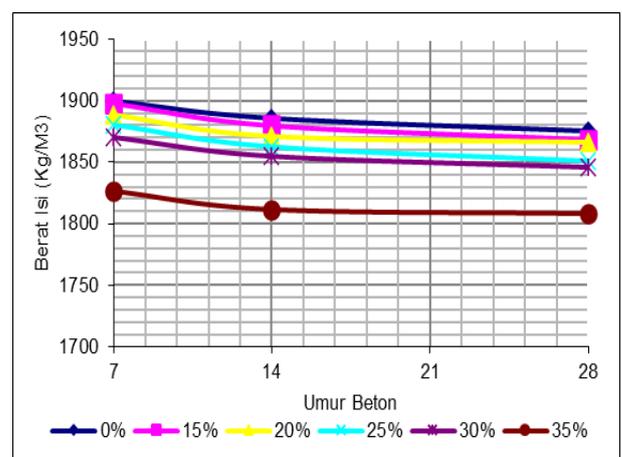
Analisis Kebutuhan Bahan. Sebelum pencampuran dan Pencetakan benda uji perlu dilakukan perhitungan analisis kebutuhan bahan. Kebutuhan bahan yang diperlukan berdasarkan hitungan perencanaan kebutuhan bahan yang disajikan pada Tabel 3.

Berat isi yang diperiksa pada penelitian ini adalah berat isi basah (beton segar) dan berat isi beton kering. Berat isi basah (beton segar) merupakan perbandingan antara berat beton basah (beton segar) dibagi dengan volume beton tersebut. Pada penelitian ini pengujian berat isi dari beton dilakukan melalui pengujian kuat tekan terhadap mortar. Umur beton komposisi 0%,15%, 20%, 25%, 30% dan 35% karbit pada 28 hari memiliki Berat isi rerata berturut-turut sebesar 1872.12 kg/m³, 1865.76 kg/m³, 1862.31 kg/m³, 1853.42 kg/m³, 1840.24 kg/m³, dan 1808.26 kg/m³. Berdasarkan SNI 03-3449-2002, berat isi berdasarkan hasil pengujian pada variasi 0 - 35% masuk kedalam klasifikasi ringan untuk Struktural (SNI 03-3449-2002, 2002). Perhitungan berat Isi beton terhadap umur beton disajikan pada Gambar 3, Perhitungan berat Isi beton terhadap persentase kimbah karbit disajikan pada Gambar 4.

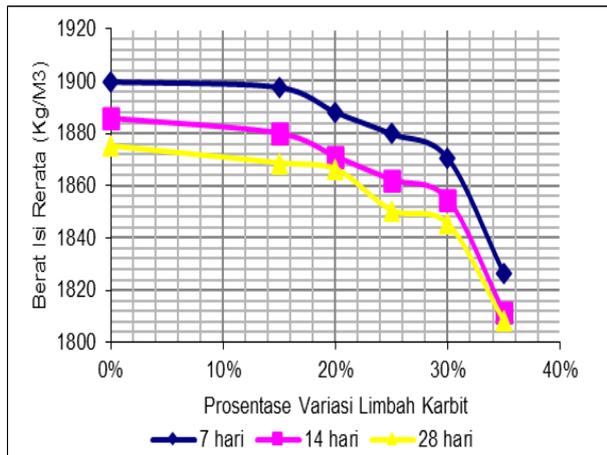
Tabel 3. Analisa Kebutuhan Bahan

Perentase karbit	semen (gr)	Pasir (gr)	Karbit (gr)
0	140.95	973.63	0.00
5%	139.95	966.72	4.46
10%	138.97	959.92	8.86
15%	137.99	953.20	13.20
20%	137.04	946.58	17.48
25%	136.09	940.06	21.70
30%	135.16	933.62	25.86
35%	134.24	927.27	29.97

Sumber: Hasil pemeriksaan



Gambar 3. Grafik Hubungan Berat Isi Rerata Terhadap Umur Beton



Gambar 4. Grafik Hubungan Berat Isi Rerata Terhadap Persentase Limbah Karbit

Berdasarkan hasil analisa, terdapat variasi berat isi beton yang terjadi dimana semakin lama umur beton, berat jenisnya cenderung menurun. Penurunan ini disebabkan oleh proses pengeringan atau pengurangan kadar air di dalam beton seiring dengan bertambahnya usia beton hingga mencapai 28 hari

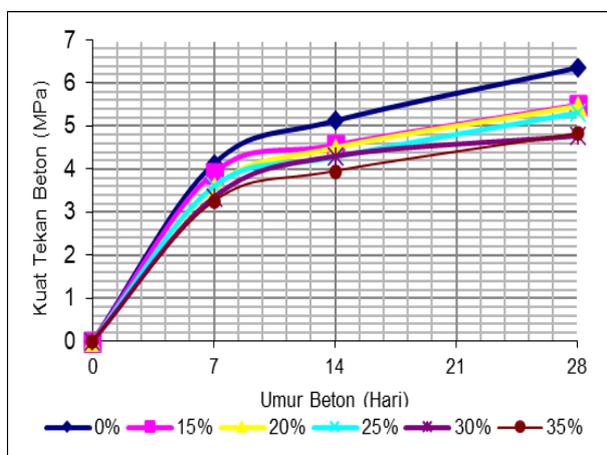
Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa berat isi rerata beton mengalami penurunan pada umur 28 hari seiring dengan peningkatan proporsi limbah karbit, ini terjadi karena berat satuan limbah karbit lebih rendah dibandingkan dengan berat satuan semen dan pasir. Data menunjukkan berat satuan semen sebesar 1309 kg/m³, berat satuan pasir sebesar 1607 kg/m³, dan berat satuan limbah karbit sebesar 835 kg/m³.

Pada umur beton 7, 14, 28 hari dilakukan uji tekan beton. Setiap umur beton tersebut terdiri dari sembilan variasi campuran, dengan masing-masing variasi memiliki tiga benda uji. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, seperti faktor air semen (fas), kepadatan campuran beton, umur beton, jenis semen, jumlah semen, dan sifat-sifat dari agregat penyusun campuran beton. hal-hal ini berperan dalam menentukan seberapa kuat beton tersebut. (Tjokrodinuljo, 1992), Hasil pengujian kuat tekan beton rerata untuk tiap variasi campuran ditunjukkan oleh Tabel 4 dan Gambar 5.

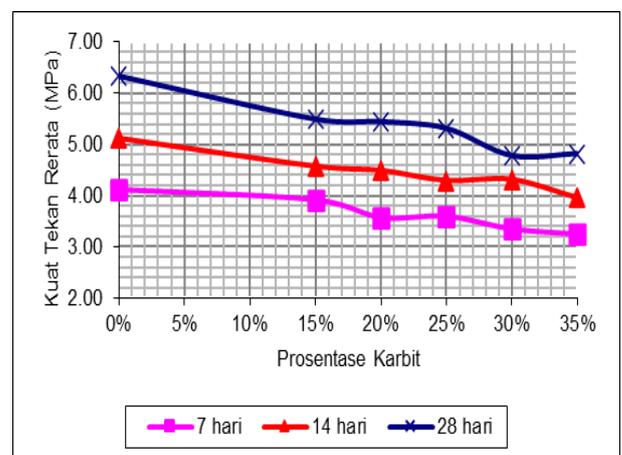
Tabel 4. Kuat Tekan Beton dan Berat Isi

Variasi adukan	Berat Isi Rerata Beton Tiap Umur (Kg/m ³)			Kuat Tekan Rerata Beton Tiap Umur (MPa)			
	7 hari	14 hari	28 hari	0	7	14	28
1 PC : 6 Psr : 0 % Kb	1899.89	1885.67	1872.12	0	4.12	5.12	6.35
1 PC : 6 Psr : 15 % Kb	1897.80	1879.96	1865.76	0	3.92	4.57	5.50
1 PC : 6 Psr : 20 % Kb	1888.26	1874.21	1862.31	0	3.57	4.49	5.45
1 PC : 6 Psr : 25 % Kb	1880.00	1863.27	1853.42	0	3.60	4.29	5.32
1 PC : 6 Psr : 30 % Kb	1870.71	1855.76	1840.24	0	3.35	4.31	4.78
1 PC : 6 Psr : 35 % Kb	1826.60	1812.43	1808.26	0	3.25	3.95	4.82

Sumber: Hasil Pengolahan Data



Gambar 5. Grafik Hubungan Kuat Tekan Terhadap Umur Beton



Gambar 6. Grafik hubungan Kuat Tekan Terhadap Persentase Limbah Karbit

Dari Tabel 6, didapat kuat tekan rerata beton untuk variasi campuran limbah karbit 0%,15%,20%,25%,30% dan 35% berikut sebesar 6.35 MPa, 5.50 Mpa, 5.45 Mpa, 5.32 Mpa, 4.78 Mpa mencapai umur 28 hari. Pada Gambar 5, Sebuah grafik menunjukkan hubungan antara kekuatan tekan rata-rata dan usia beton. Dapat diamati bahwa kuat tekan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton hingga mencapai nilai maksimal. Titik puncak kuat tekan terjadi ketika limbah karbit ditambahkan dalam proporsi sebesar 15%. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan limbah karbit mampu memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan sifat mekanik beton dengan efektif 5.50 Mpa.

Pada Gambar 6. diatas menunjukkan bahwa kuat tekan beton mencapai maksimalnya setelah mencapai 28 hari. Kuat tekan maksimal terjadi pada campuran limbah karbit dengan prosentase 15%. Berdasarkan kuat tekan menurut klasifikasi (SNI 03-3449-2002, 2002), beton.dengan campuran limbah karbit pada seluruh variasi termasuk beton normal struktural sangat ringan sebagai isolasi karena memiliki kuat tekan diantara < 6,89 MPa.

Modulus elastisitas beton ringan merupakan sifat mekanik yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat mendapat beban. Penentuan modulus elastisitas bergantung pada kemiringan kurva yang dipengaruhi oleh tegangan-regangan beton.

Modulus elastisitas untuk beton yang mengandung campuran limbah karbita diperoleh dari modulus sekan, yang biasanya didefinisikan sebagai modulus sekan ketika kuat tekan beton mencapai 25% hingga 50% dari kuat tekan maksimum. Berdasarkan grafik tegangan dan regangan untuk masing-masing variasi perbandingan campuran maka dapat dicari nilai modulus sekan beton. Modulus elastisitas beton dari campuran limbah karbit untuk semua variasi campuran disajikan pada Tabel 5. Penentuan nilai modulus elastisitas beton dari campuran limbah karbit pada tiap campuran disajikan pada Tabel 5.

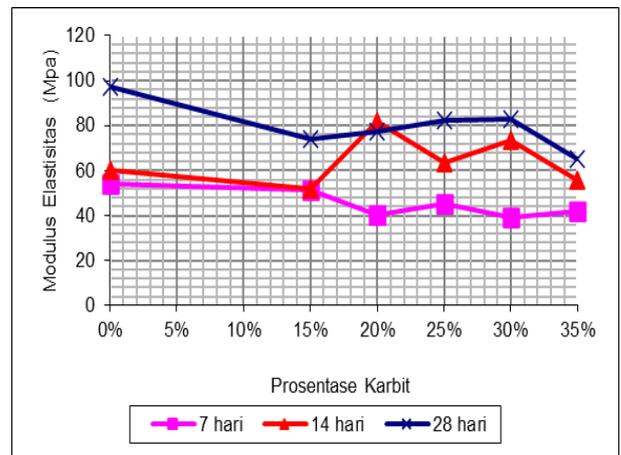
Tabel 5. Modulus elastisitas beton dengan campuran limbah karbit

Variasi adukan	E _{ci} Rerata (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
1 PC : 6 Psr : 0 % Kb	53.999	60.458	97.100
1 PC : 6 Psr : 15 % Kb	51.132	51.987	73.872
1 PC : 6 Psr : 20 % Kb	40.282	81.640	77.548
1 PC : 6 Psr : 25 % Kb	45.510	63.722	82.474
1 PC : 6 Psr : 30 % Kb	39.154	73.726	82.691
1 PC : 6 Psr : 35 % Kb	41.781	56.049	65.038

Sumber: Hasil Pengolahan Data

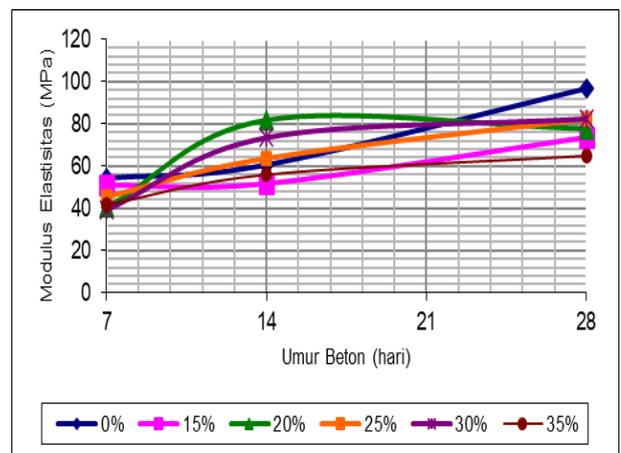
Hubungan Kuat Tekan, Regangan, dan Modulus Elastisitas. Pengaruh kuat tekan dan regangan terhadap modulus elastisitas beton normal dari campuran limbah karbit dapat diamati seiring bertambahnya usia beton. uat tekan mengalami peningkatan fidak selalu konstan begitu juga dengan regangan, namun cenderung meningkat

seiring dengan pertambahan umur beton. Secara khusus, peningkatan tersebut akan terjadi dengan cepat pada saat beton belum berumur 8 hari, namun pasca umur tersebut porsentase kenaikan akan menjadi lambat



Gambar 7. Grafik hubungan Modulus Elastisita Terhadap Persentase Limbah Karbit

Regangan beton normal dari campuran limbah karbit meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton tersebut. Regangan diartikan sebagai kemampuan untuk meregang atau melendut. Semakin lama beton normal tersebut berumur, semakin tinggi regangan yang akan terjadi. Hal ini perlu diperhatikan dalam perencanaan konstruksi untuk memastikan kekuatan dan keawetan beton yang optimal. Regangan pada beton sangat dipengaruhi oleh besarnya rongga yang terbentuk. Rongga ini disebabkan oleh adanya gelembung udara dalam campuran beton yang mengandung limbah karbit. Faktor-faktor seperti kurangnya pemadatan atau penguapan air dapat mempercepat terbentuknya rongga tersebut. Namun, dengan penambahan pasir pada campuran limbah karbit, dapat mengurangi rongga beton yang ada sehingga menghasilkan beton yang berkualitas.



Gambar 8. Grafik hubungan Modulus Elastisita Terhadap Umur Beton

Pada Gambar 6. Perilaku modulus elastisitas terhadap penambahan limbah karbit menunjukkan pola

kenaikan yang signifikan hingga mencapai puncak optimum pada penambahan karbit sebesar 30%. Namun, terdapat penurunan yang teramati ketika variasi penambahan limbah karbit mencapai 35%. Gambar 7. menunjukkan bahwa peningkatan persentase limbah karbit dalam campuran menyebabkan kenaikan modulus elastisitas hingga mencapai 15%, namun kemudian mengalami penurunan. Modulus elastisitas rerata terendah pada umur 28 hari terjadi saat limbah karbit ditambahkan sebesar 35%, dengan nilai mencapai 65.038 MPa, sedangkan nilai modulus elastisitas rerata tertinggi pada variasi 30% penambahan limbah karbit sebesar 82.691 MPa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sifat mekanik beton dari komposisi campuran 1Pc: 6 Psr dengan penambahan limbah karbit disaat umur beton mencapai 7, 14, 28 hari dan dengan tidak melakukan perendaman terlebih dahulu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan optimum beton yang dihasilkan pada umur 28 hari sebesar 5.50 MPa berat isi 1865.76 kg/m³ dengan penambahan limbah karbit sebesar 15%. Penambahan limbah karbit pada beton dapat meningkatkan kekuatan dan mengurangi berat beton, namun menyebabkan penurunan nilai modulus elastisitas.

Diperlukan pertimbangan yang matang dalam penggunaan limbah karbit untuk memastikan keseimbangan antara kekuatan dan elastisitas beton yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh yang kompleks dari kadar limbah karbit terhadap modulus elastisitas, yang perlu dipertimbangkan secara cermat dalam proses penelitian lebih lanjut.

REFERENSI

SNI. 03-1750-1990. (1990). *Mutu dan cara uji agregat beton*. Departemen Pekerjaan Umum.

SNI. 03-1970-2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standar Nasional.

L Chica, A. A. (2019). "Construction and Building Materials", 637–647.

SNI. M-09-1989-F. (1989). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Departemen Pekerjaan Umum.

Makmur, A. (2023). "Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen". *Statika Vol.5 No.1, April 2022*, 5(1), 96–106.

<https://jurnal.ugn.ac.id/index.php/statika>

Mo, K. H., Alengaram, U. J., & Jumaat, M. Z. (2016). Bond properties of lightweight concrete – "A review. *Construction and Building Materials*", 112, 478–496.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.125>

Natania, D. (2016). "Studi Pemanfaatan Limbah Karbit Pt Z Sebagai Bahan Campuran Dalam Pembuatan Beton Ringan". *Repository, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya*.

Perdana, N. S., Ashari, M. L., & Bayuaji, R. (2018).

"Identifikasi Komposisi Limbah Karbit dan Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Uji Waktu Ikut Semen (Uji Setting Time)". *Conference Proceeding on ...*, 2623, 7–12.

<http://journal.ppns.ac.id/index.php/CPWTT/article/view/812%0Ahttp://p3m.ppns.ac.id/wp-content/uploads/2018/12/Conference-Proceeding-on-Waste-Treatment-Technolog.pdf#page=13>

Putra., B. E., & Israjunna, I. (2023). "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Sifat Mekanik Beton Pada Campuran 1 Semen : 2 Pasir : 0 – 15 % Limbah Karbit". *Jurnal SAINTEKA*.

Rodacka, M., Domagała, L., & Szydlowski, R. (2023). "Assessment of Properties of Structural Lightweight Concrete with Sintered Fly Ash Aggregate in Terms of Its Suitability for Use in Prestressed Members". *Materials*, 16(15).

<https://doi.org/10.3390/ma16155429>

Samson, G., Phelipot-Mardelé, A., & Lanos, C. (2017). "A review of thermomechanical properties of lightweight concrete". *Magazine of Concrete Research*, 69(4), 201–216.

<https://doi.org/10.1680/jmacr.16.00324>

SNI 03-3449-2002. (2002). *Tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan*. Yayasan LPMB, 1–32.

SNI 1971:2011. (2011). *Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan*. Badan Standardisasi Nasional, 1–11.

SNI 1973:2016. (2016). *Metode Uji Densitas, Volume Produksi Campuran dan Kadar Udara (Gravimetrik) Beton*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

SNI 2816:2014. (2014). *Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus untuk Beton*. Badan Standar Nasional Indonesia, 10.

Tjokrodinuljo, K. (1992). *Teknologi Beton*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik UGM., Yogyakarta.

Ultann, F. A., & Risdianto, Y. (2020). "Pemanfaatan Limbah Karbit sebagai Bahan Pengganti (Substitusi) Semen pada Pembuatan Beton Ringan Seluler (Cellular Lightweight Concrete)". *Jurnal Teknik Sipil UNS*, 7(2), 1–7.

Wang, E., Xiang, L., Tang, B., Dai, X., Cao, Z., Jiang, T., Wang, Y., Chen, X., Li, W., Zhao, Y., Yang, K., & Wu, X. (2023). "Preparation and Compression Resistance of Lightweight Concrete Filled with Lightweight Calcium Carbonate Reinforced Expanded Polystyrene Foam". *Polymers*, 15(24). <https://doi.org/10.3390/polym15244642>