

Penggunaan Limbah Gypsum dan Limbah Karbit Sebagai Substitusi Semen Terhadap Campuran Beton

Triyana Vivin Wagio ^{*1}, Jonie Tanijaya ^{*2}, Desi Sandy^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia trianavivinwagio12@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia ² jonie.tanijaya@gmail.com ^{*2} sandy.mylife@yahoo.co.id

Corresponding Author: trianavivinwagio12@gmail.com

Abstrak

Limbah karbit adalah sisa pembakaran karbit dimana limbah karbit memiliki kesamaan kandungan dengan semen. Limbah gypsum merupakan sisa dari industri pembuatan profil gypsum. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui nilai dan bagaimana pengaruh hubungan dari kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dengan menggunakan limbah gypsum 5% dan variasi limbah karbit 8% dan 12% sebagai bahan substitusi pada semen. Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental terhadap campuran beton. Mutu beton yang direncanakan yaitu 30 MPa dengan umur pengujian 3, 7.21, dan 28 hari dengan variasi limbah gypsum 5% dan variasi limbah karbit 0%, 8%, dan 12%. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada 28 hari untuk variasi 0%, 8%, dan 12% diperoleh nilai sebesar 31,038 MPa, 31,507 MPa, dan 32,277 MPa. Hasil pengujian kuat tarik belah pada variasi 0%, 8%, dan 12% diperoleh nilai sebesar 2,854 MPa, 2,902 MPa, dan 2,996 MPa. Pada pengujian modulus elastisitas pada variasi 0%, 8%, dan 12% diperoleh hasil sebesar 27903,497 MPa, 30328,111 MPa, dan 31570,793 MPa. Pada pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas diperoleh nilai maksimal pada variasi 12%. Dengan hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah didapatkan hasil yang berbanding lurus dengan kenaikan persentasi limbah las karbit begitu juga dengan hubungan kuat tekan dan modulus elastisitas didapatkan hasil yang berbanding lurus dengan kenaikan persentasi limbah las karbit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan limbah gypsum dan limbah las karbit dapat meningkatkan kekuatan beton.

Kata Kunci: limbah, gypsum, karbit, tekan, tarik belah.

Abstract

Carbide waste is the residue of carbide combustion where carbide waste has a similar content with cement. Gypsum waste is a remnant of the gypsum profiling industry. The purpose of the study is to determine the value and how the relationship affects the compressive, strength, tensile strength of splitting, and modulus of elasticity by using 5% gypsum waste and 8% and 12% carbide waste variations as substitution materials in cement. The research conducted is experimental on concrete mixtures. The planned concrete quality is 30 MPa with a test life of 3, 7.21, and 28 days with a 5% variation in gypsum waste and a variation in carbide waste of 0%, 8%, and 12%. Based on the results of compressive strength testing at 28 days for variations of 0%, 8%, and 12% obtained values of 31,038 MPa, 31,507 MPa, and 32,277 MPa. The results of the tensile strength test at variations of 0%, 8%, and 12% obtained values of 2,854 MPa, 2,902 MPa, and 2,996 MPa. In the modulus elasticity test at variations of 0%, 8%, and 12% obtained results of 27903,497 MPa, 30328,111 MPa, and 31570,793 MPa. In tests of compressive strength, split tensile strength, and modulus of elasticity obtained maximum values at a variation of 12%. With the relationship of compressive strength and tensile strength, results are obtained that are directly proportional to the increase in the percentage of carbide welding waste as well as the relationship of compressive strength and modulus of elasticity, results

are obtained that are directly proportional to the increase in the percentage of carbide welding waste. The results show that the use of gypsum waste and carbide welding waste can increase the strength of concrete.

Keywords: *Gypsum, Carbide, Strength, Tensile, Elasticity Modulus.*

PENDAHULUAN

Beton merupakan bahan bangunan yang paling utama digunakan pada struktur konstruksi. Dimana memiliki beberapa campuran yaitu agregat kasar, agregat halus, air, dan semen, dengan mengikuti perkembangan zaman era globalisasi ini maka diperlukan peningkatan kualitas konstruksi seperti kuat tekan dan kuat tarik belah beton, ada banyak cara dan salah satunya adalah dengan menambahkan bahan tambah dan mensubstitusikan bahan tambah dengan campuran beton.

Berikut beberapa penelitian terdahulu diantaranya Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton. Penelitian ini menggunakan limbah gypsum board sebagai bahan substitusi yang menggunakan persentase limbah karbit sebar 5%, 10%, dan 15%. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan menambahkan limbah gypsum board terhadap semen didapatkan hasil yang cukup bagus, dimana beton yang memiliki nilai kuat tekan rata-rata paling tinggi terdapat pada variasi limbah gypsum 10% [1]. Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum, penelitian ini menggunakan variasi persentase limbah gypsum 14%, 17%, dan 20%. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan diperoleh bahwa beton yang diberi bahan tambah limbah gypsum mempunyai nilai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal tanpa tambahan limbah gypsum. Dimana penelitian nilai kuat tekan rata-rata tertinggi pada 28 hari adalah pada variasi limbah gypsum 20% [2]. Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah B3 Las Karbit Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton, Kadar persentase limbah karbit yang digunakan sebanyak 0%, 2%, 4%, 6%, dan 10%. Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan penggunaan limbah karbit pada variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% memenuhi mutu kuat tekan yang direncanakan yaitu sebesar 25 MPa, dimana pada variasi 10% tidak memenuhi kuat tekan rencana. Sedangkan pada pengujian kuat lentur yang menggunakan limbah karbit masih belum efektif dan belum optimum [3]. Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan material Agregat ALam (Feldspart) Terhadap Sifat Fisik Beton, variasi limbah karbit yang digunakan sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% sedangkan feldspart sebagai pengganti agregat kerikil. Pemanfaatan limbah karbit sebagai bahan substitusi pada penelitian ini menunjukkan pada variasi limbah karbit 10%-40% mengalami peningkatan yang signifikan, sedangkan pada variasi 50% mengalami penurunan [4]. Studi Pemanfaatan Limbah B3 Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai, pada penelitian ini penggunaan fly ash yaitu 25% dan variasi limbah karbit yaitu 2,5%, 5%, dan 10%. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa penggunaan fly ash 25% dan variasi limbah karbit sebesar 2,5%, 5%, dan 10% mengalami kenaikan sebesar 34%, 18%, dan 13,14% dari beton normal. Dimana campuran komposisi terbaik terdapat pada penggunaan fly ash 25% dan variasi limbah karbit 10% [5]. Pengaruh Substitusi Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Beton, penelitian ini menggunakan persentase limbah karbit sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian kuat tekan paling tinggi, pengujian porositas dan absorpsi terendah, dan pengujian rembesan yang terendah terdapat pada variasi limbah karbit 5% untuk umur beton 28 hari [6]. Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen, penelitian dengan menggunakan limbah las karbit sebagai pengganti sebagian semen memiliki variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan rata-rata paling tinggi diperoleh pada variasi limbah karbit y10% dengan umur beton 28 hari [7], Pengaruh Limbah Karbit/Calcium Carbit Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton, variasi limbah karbit yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 0%,

4%, 6%, dan 8% dengan jumlah benda uji sebanyak 72 sampel. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengujian kuat tekan, pengujian tarik belah, dan pengujian modulus elastisitas nilai tertinggi diperoleh pada variasi limbah karbit 4% [8]. Pemanfaatan Limbah Las Karbit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton, penelitian tentang pemanfaatan limbah karbit terhadap nilai kuat tekan beton. Pada penelitian ini digunakan 4 variasi limbah las karbit 5% , 7%, dan 10% dengan menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Hasil dari nilai uji kuat tekan beton normal sebesar 253,93 kg/cm² pada variasi las karbit 5% sebesar 230,85 kg/cm², untuk variasi 7% sebesar 242,39 kg/cm², dan untuk variasi limbah karbit 10% sebesar 259,70 kg/cm². Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi limbah karbit 10% [9]. Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, variasi limbah karbit yang digunakan sebagai pengganti semen sebanyak 10% dan 12,5%. Dimana pada persentase limbah karbit 10% adalah nilai kuat tekan maksimal dan pada persentase limbah karbit 12,5% mengalami penurunan. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa persentase limbah karbit yang melebihi 10% akan mengalami penurunan [10].

METODOLOGI

1. Lokasi pengambilan material

Lokasi pengambilan material berupa agregat kasar dan agregat halus yang digunakan pada saat penelitian berasal dari Sungai Jeneberang, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengujian karakteristik material dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat Kasar dan Halus

2. Pengadaan Material

- Semen PCC (*Portland Composite Cement*).
- Agregat halus dan kasar dari Sungai Jeneberang, Sulawesi Selatan.
- Air sumur bor di Laboratorium Teknologi dan Bahan Beton UKI-Paulus, Makassar.
- Limbah karbit dari bengkel yang ada di Makassar.
- Limbah gypsum dari sisa pekerjaan konstruksi yang ada di Makassar.



Gambar 2. Limbah Karbit



Gambar 3. Limbah Gypsum

3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material Agregat Halus

Tabel 1. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus

No.	Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
1	Kadar lumpur	1,523	0,20 % - 6,00 %	Memenuhi
2	Zat organik	No. 1	< No. 3	Memenuhi
3	Kadar air	3,769	3,00 % - 5,00 %	Memenuhi
4	Berat volume padat	1,595	1,4 kg/ltr - 1,9 kg/ltr	Memenuhi
5	Berat volume gembur	1,505	1,4 kg/ltr - 1,9 kg/ltr	Memenuhi
6	Berat jenis SSD	2,512	1,60 – 3,20	Memenuhi
7	Absorsi (Penyerapan)	1,160	1,20 % - 2,00 %	Memenuhi
8	Modulus kehalusan	2,650	2,20 – 3,10	Memenuhi

Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar

No.	Karakteristik	Hasil	Interval SNI	Keterangan
1	Kadar lumpur	0,685	0,20 % - 1,00 %	Memenuhi
2	Kadar air	0,847	0,5 % - 2,00 %	Memenuhi
3	Berat volume padat	1,782	1,4 kg/ltr - 1,9 kg/ltr	Memenuhi
4	Berat volume gembur	1,700	1,4 kg/ltr – 1,9 kg/ltr	Memenuhi
5	Absorsi (Penyerapan)	1,564	0,20 % - 4,00 %	Memenuhi
6	Berat jenis SSD	2,677	1,6 – 3,2	Memenuhi

4. Mix Design (SNI 7656 – 2012)

Tabel 3. Komposisi Campuran Beton untuk 1 m³ dalam berat (kg)

Material	Berat kg/m ³		
	Limbah Karbit		
	0%	8%	12%
Limbah Gypsum 5%	0	27,13	27,13
Limbah Karbit	0	53,26	79,90
Semen	465	384,61	357,97
Agregat halus	596,54	596,54	596,54
Agregat kasar	1083,86	1083,86	1083,86
Air	204,6	204,6	204,6

5. Pembuatan Benda Uji

Pada pembuatan benda uji mengacu pada metode SNI 7656-2012 dengan menggunakan cetakan silinder ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diisi campuran beton sesuai dengan komposisi *mix design* dengan acuan *slump test* rencana yaitu 30-60 mm.

6. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan berdasarkan SNI 2493:2011 dengan tujuan :

- Agar tidak terjadi keretakan pada permukaan beton yang di akibatkan oleh penguapan air yang terlalu cepat pada beton yang masih muda.
- Memperbesar tercapainya kekuatan beton yang lakukan dengan cara menstabilkan hidrasi semen.

7. Pengujian Sifat Mekanik Beton

a. Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton yang dilakukan sesuai dengan pedoman yang terdapat pada SNI 1974:2011.

b. Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan sesuai dengan pedoman yang terdapat pada SNI SNI 2491:2002.

c. Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas dilakukan setelah melalui proses perawatan selama 28 hari.



Gambar 4. Beton yang diuji kuat tekan.



Gambar 5. Beton yang diuji kuat tarik belah.



Gambar 6. Beton yang diuji modulus elastisitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

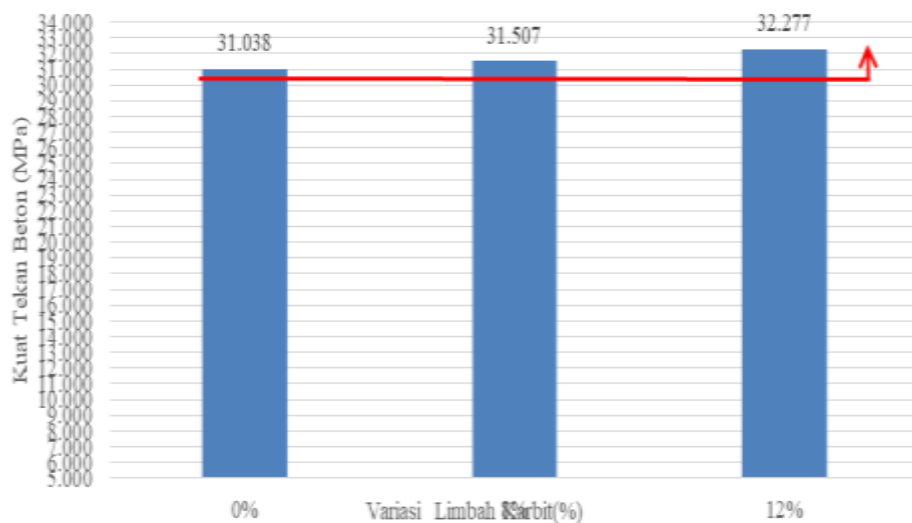
1. Hasil Pengujian

Kuat Tekan Beton

Tabel 4. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Konversi 28 Hari

Variasi Limbah	Umur (Hari)	Kuat Tekan Aktual	Faktor Konversi	Kuat Tekan Konversi 28	Rata-Rata	Rata-Rata Konversi (28	Persentase Kenaikan dari
----------------	-------------	-------------------	-----------------	------------------------	-----------	------------------------	--------------------------

Karbit	(MPa)	Hari (MPa)	(MPa)	Hari)	f'c Rencana (%)
BNKT 0%	3	12.739	31.847	31.038	3.46%
		11.607	29.016		
		12.173	30.432		
	7	20.382	31.357		
		19.533	30.051		
		19.816	30.486		
	21	30.573	32.182		
		28.875	30.394		
		29.724	31.288		
	28	31.423	31.423		
		32.838	32.838		
		31.139	31.139		
BKT 8%	3	12.456	31.139	31.507	5.02%
		11.323	28.309		
		13.305	33.263		
	7	19.25	29.615		
		20.948	32.228		
		20.382	31.357		
	21	29.158	30.692		
		30.573	32.182		
		30.856	32.48		
	28	33.121	33.121		
		31.423	31.423		
		32.272	32.272		
BKT 12%	3	12.173	30.432	32.277	7.59%
		13.022	32.555		
		12.456	31.139		
	7	21.515	33.099		
		20.099	30.922		
		20.665	31.793		
	21	30.007	31.586		
		31.989	33.672		
		30.856	32.48		
	28	32.555	32.555		
		33.687	33.687		
		33.404	33.404		



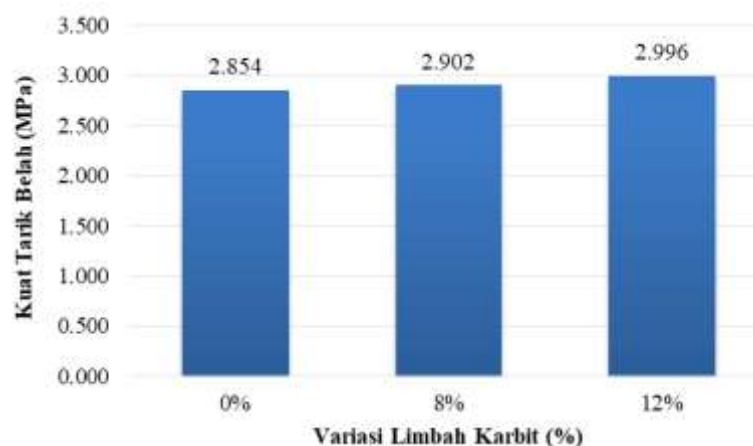
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton 28 Hari (MPa)

Dari grafik menunjukkan hubungan kuat tekan beton 28 hari dan variasi limbah karbit berbanding lurus dimana semakin besar variasi limbah karbit maka semakin besar nilai kuat tekan.

Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 5. Hasil perhitungan kuat tarik belah beton pada umur 28 hari

Variasi Limbah Karbit	Umur (Hari)	P (kN)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Rata-Rata (MPa)
BNTB 0%	28	210	2.972	2.854
		195	2.760	
		200	2.831	
		205	2.902	
BTB 8%	28	190	2.689	2.902
		220	3.114	
		215	3.043	
BTB 12%	28	220	3.114	2.996
		200	2.831	



Gambar 8. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton 28 Hari (MPa)

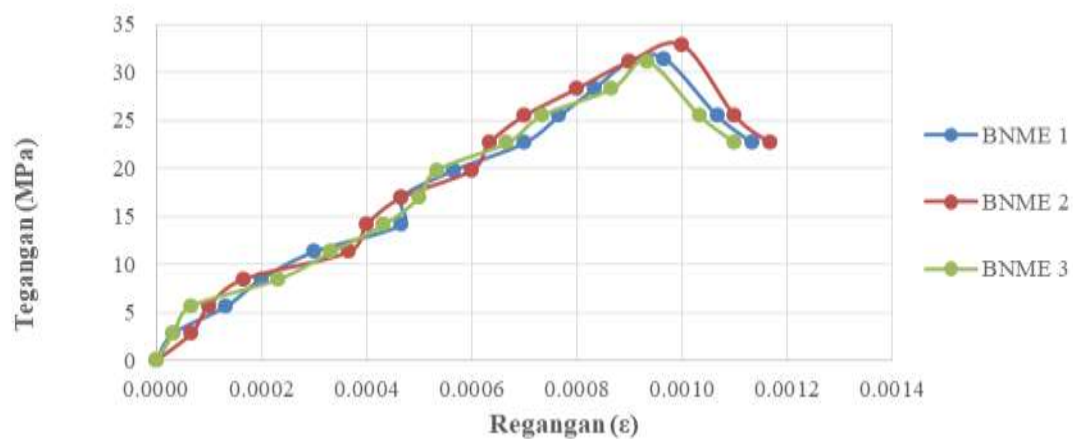
Dari grafik menunjukkan bahwa variasi limbah karbit dan kuat tarik belah beton berbanding lurus dimana semakin besar variasi limbah karbit maka semakin besar nilai kuat tarik belah.

Modulus Elastisitas Beton

Tabel 6. Hasil perhitungan modulus elastisitas beton variasi 0%

Variasi Limbah Karbit	Umur (Hari)	Nomor Sampel	Tegangan (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-Rata
0%	28	BNME 1	0.000	0.000000	25740.3638	27903.497
			2.831	0.000033		
			5.662	0.000133		
			8.493	0.000200		
			11.323	0.000300		

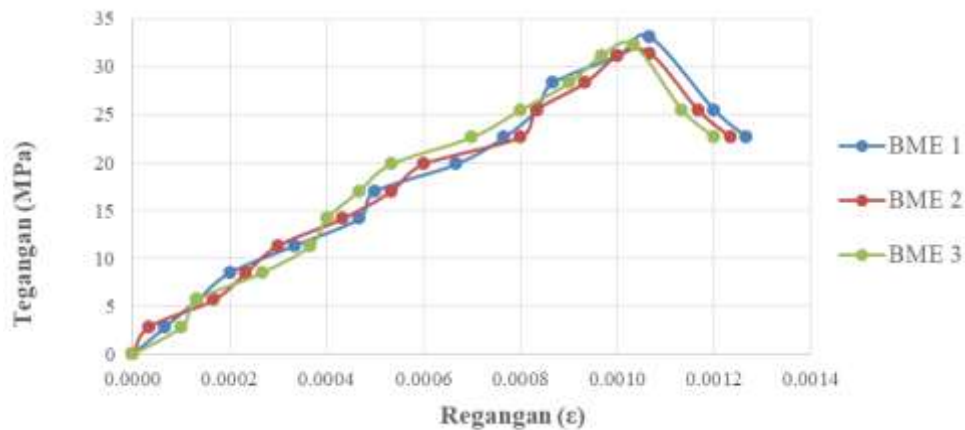
	14.154	0.000467	
	16.985	0.000467	
	19.816	0.000567	
	22.647	0.000700	
	25.478	0.000767	
	28.309	0.000833	
	31.139	0.000900	
	31.423	0.000967	
	25.478	0.001067	
	22.647	0.001133	
	0.000	0.000000	
	2.831	0.000067	
	5.662	0.000100	
	8.493	0.000167	
	11.323	0.000367	
	14.154	0.000400	
	16.985	0.000467	
BNME 2	19.816	0.000600	32579.97379
	22.647	0.000633	
	25.478	0.000700	
	28.309	0.000800	
	31.139	0.000900	
	32.838	0.001000	
	25.478	0.001100	
	22.647	0.001167	
	0.000	0.000000	
	2.831	0.000033	
	5.662	0.000067	
	8.493	0.000233	
	11.323	0.000333	
	14.154	0.000433	
	16.985	0.000500	
BNME 3	19.816	0.000533	25390.15475
	22.647	0.000667	
	25.478	0.000733	
	28.309	0.000867	
	31.139	0.000933	
	25.478	0.001033	
	22.647	0.001100	



Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%

Tabel 7. Hasil perhitungan modulus elastisitas beton variasi 8%

Variasi Limbah Karbit	Umur (Hari)	Nomor Sampel	Tegangan (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-Rata
8%		BME 1	0.000	0.000000	29746.6989	30328.111
			2.831	0.000067		
			5.662	0.000133		
			8.493	0.000200		
			11.323	0.000333		
			14.154	0.000467		
			16.985	0.000500		
			19.816	0.000667		
			22.647	0.000767		
			25.478	0.000833		
			28.309	0.000867		
			31.139	0.001000		
			33.121	0.001067		
			25.478	0.001200		
			22.647	0.001267		
		BME 2	0.000	0.000000	26963.448	
			2.831	0.000033		
			5.662	0.000167		
			8.493	0.000233		
			11.323	0.000300		
			14.154	0.000433		
			16.985	0.000533		
			19.816	0.000600		
			22.647	0.000800		
			25.478	0.000833		
			28.309	0.000933		
			31.139	0.001000		
			31.423	0.001067		
			25.478	0.001167		
			22.647	0.001233		
		BME 3	0.000	0.000000	34274.185	
			2.831	0.000100		
			5.662	0.000133		
			8.493	0.000267		
			11.323	0.000367		
			14.154	0.000400		
			16.985	0.000467		
			19.816	0.000533		
			22.647	0.000700		
			25.478	0.000800		
			28.309	0.000900		
			31.139	0.000967		
			32.272	0.001033		
			25.478	0.001133		
			22.647	0.001200		

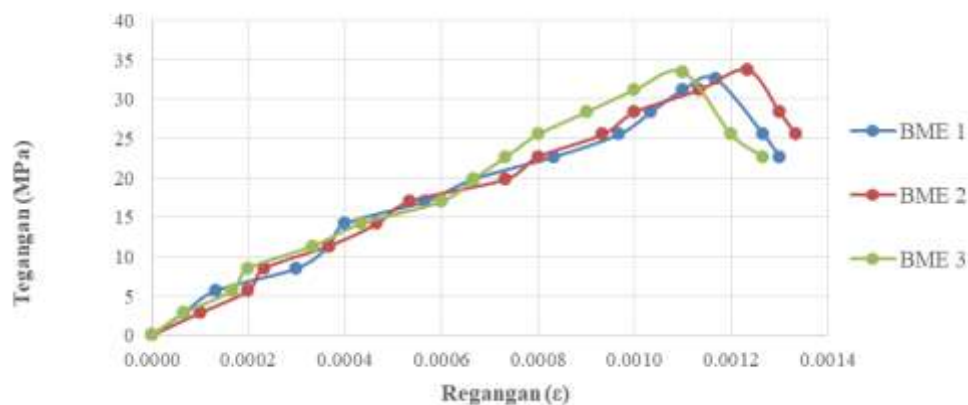


Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi 8%

Tabel 8. Hasil perhitungan modulus elastisitas beton variasi 8%

Variasi Limbah Karbit	Umur (Hari)	Nomor Sampel	Tegangan (MPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (MPa)	Rata-Rata
12%	28	BME 1	0.000	0.000000	32372.664	31570.793
			2.831	0.000067		
			5.662	0.000133		
			8.493	0.000300		
			11.323	0.000367		
			14.154	0.000400		
			16.985	0.000567		
			19.816	0.000667		
			22.647	0.000833		
			25.478	0.000967		
			28.309	0.001033		
			31.139	0.001100		
			32.555	0.001167		
			25.478	0.001267		
			22.647	0.001300		
		BME 2	0.000	0.000000	30711.6672	
			2.831	0.000100		
			5.662	0.000200		
			8.493	0.000233		
			11.323	0.000367		
			14.154	0.000467		
			16.985	0.000533		
			19.816	0.000733		
			22.647	0.000800		
			25.478	0.000933		
			28.309	0.001000		
			31.139	0.001133		
			33.687	0.001233		
			28.309	0.001300		
			25.478	0.001333		
		BME 3	0.000	0.000000	31628.0478	
			2.831	0.000067		

5.662	0.000167
8.493	0.000200
11.323	0.000333
14.154	0.000433
16.985	0.000600
19.816	0.000667
22.647	0.000733
25.478	0.000800
28.309	0.000900
31.139	0.001000
33.404	0.001100
25.478	0.001200
22.647	0.001267



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Variasi 12%

2. Pembahasan Pegujian

a. Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan pada beton umur 3, 7, 21, dan 28 hari dengan tambahan limbah gypsum 5% dan variasi limbah karbit 0%, 8%, dan 12% menunjukkan kenaikan pada setiap variasi. Dimana nilai kuat tekan pada variasi limbah karbit untuk 0% sebesar 31,038 MPa, variasi limbah karbit 8% sebesar 31,507 MPa, dan untuk variasi limbah karbit 12% sebesar 32,277 MPa.

b. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan limbah gypsum 5% dan variasi limbah karbit 0%, 8%, dan 12% untuk umur 28 hari menunjukkan bahwa variasi limbah karbit dan kuat tarik belah beton berbanding lurus dimana semakin besar variasi limbah karbit maka semakin besar nilai kuat tarik belah pada beton. Untuk nilai kuat tarik belah pada variasi limbah karbit 0% yaitu 2,854 MPa, untuk variasi limbah karbit 8% yaitu 2,902 MPa, dan variasi 12% sebesar 2,996 MPa.

c. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Hasil pengujian modulus elastisitas dengan limbah gypsum 5% dan variasi limbah karbit 0%, 8%, dan 12% untuk umur 28 hari menunjukkan bahwa semakin besar variasi limbah karbit maka semakin besar nilai modulus elastisitas. Nilai modulus elastisitas untuk variasi limbah karbit 0% sebesar 27903.497 MPa, variasi 8% sebesar 30328.111 MPa, dan untuk variasi 12% sebesar 31570.793 MPa.

d. Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton

Tabel 9. Hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah

Limbah Karbit	Kuat Tekan (f'_c) [MPa]	Kuat Tarik Belah (f_t) [MPa]	$\frac{f_t}{f'_c} \times 100\%$
0%	31.800	2.854	9.197
8%	32,272	2.902	9.210
12%	33,215	2.996	9.282

Pada tabel menunjukkan hasil hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah berbanding lurus dengan bertambahnya persentase variasi limbah karbit dimana diperoleh pada variasi limbah karbit 0% diperoleh nilai persentase 9,197% dari nilai kuat tekan, pada variasi limbah karbit 8% diperoleh nilai persentase 9,210% dari nilai kuat tekan, pada variasi limbah karbit 12% diperoleh nilai persentase 9,282% dari nilai kuat tekan. Jadi dapat disimpulkan dari nilai tersebut bahwa untuk variasi limbah karbit 0%, 8% dan 12% memenuhi syarat ketentuan yaitu berkisar 7% - 11% dari nilai kuat tekannya.

e. Hubungan Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton

Tabel 10. Hubungan Antara Kuat Tekan Dengan Modulus Elastisitas

Variasi Limbah Karbit	f'_c (MPa)	E (MPa)	Modulus Elastisitas Teoritis ($4700\sqrt{f'_c}$)
0%	31,800	27903.497	26184.469
8%	32,272	30328.111	26381.528
12%	33,215	31570.793	26702.066

Dari tabel menunjukkan bahwa variasi limbah karbit dan nilai modulus elastisitas teoritis (E_c) berbanding lurus dimana semakin besar variasi limbah karbit maka semakin besar pula nilai modulus elastisitas teoritisnya. Begitu juga dengan nilai kuat tekan dan nilai modulus elastisitasnya, dimana semakin besar nilai kuat tekan maka semakin besar pula nilai modulus elastisitas beton.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dalam pembuatan benda uji silinder dan balok pada Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan substitusi gypsum 5% dan variasi limbah karbit 0%, 8%, dan 12% terhadap semen. Pada pengujian kuat tekan diperoleh hasil maksimum pada variasi limbah karbit 12% yang mengalami kenaikan sebesar 7,590% dari kuat tekan rencana yaitu 30 MPa. Pada kuat tarik belah dan modulus elastisitas didapatkan nilai hasil pengujian maksimum pada variasi limbah karbit 12% sebesar 2,996 Mpa, dan 31570.793 MPa.
2. Berdasarkan hasil pengujian hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton pada variasi 0%, 8%, dan 12% diperoleh hasil yang berbanding lurus dengan bertambahnya persentase variasi limbah karbit dimana pada variasi 0% diperoleh nilai persentase sebesar 9,197%, pada variasi 8% sebesar 9,210%, dan untuk variasi 12% sebesar 9,282%. Pada hubungan kuat tekan dan modulus elastisitas beton pada variasi 0%, 8%, dan 12% juga diperoleh hasil yang berbanding lurus dengan bertambahnya persentase variasi limbah karbit dimana diperoleh modulus teoritis pada variasi 0% sebesar 26184,469 MPa, variasi 8% sebesar 26381,528 MPa, dan pada variasi 12% sebesar 26702,066 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. H. Prayogo, A. Ridwan, S. Winarto, "Pemanfaatan Limbah Gypsum Board Dan Batu Bata Merah Untuk Substitusi Semen Pada Pembuatan Beton," *Jurmateks*, vol. 2, no. 2, 2019.
- [2] A. Hasmudi, "Pemeriksaan Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Limbah Gypsum". *UMSU Research Repository*, 2017. <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/12704>
- [3] K. Wilda, M. A. Nasution, E. S. Y. Sitanggang, "Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah B3 Las Karbit Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton," *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [4] Rajiman, "Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Dan material Agregat ALam (Feldspart) Terhadap Sifat Fisik Beton," *Tapak*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [5] N. R. Dewi, D. Dermawan, M. L. Ashari, "Studi Pemanfaatan Limbah B3 Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP)(Studi Kasus: PT. Varia Usaha Beton)," *Jurnal Presipitasi*, vol. 13, no. 1, 2016.
- [6] H. Taufik, Z. Djauhari, M. Sebayang, M. Muhandis, "Pengaruh Substitusi Limbah Karbit Terhadap Karakteristik Beton," *Jurnal Sainstek STT Pekanbaru*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [7] A. Makmur, S. harahap, F. Patriotika, "Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen," *Jurnal Statika*, vol. 5, no. 1, 2022.
- [8] L. J. Somalinggi, "Pengaruh Limbah Karbit/Calcium Carbit Sebagai Bahan Substitusi Semen Pada Beton," *Journal of Civil Engineering*, vol. 2, no. 4, 2020.
- [9] I. Agus, "Pemanfaatan Limbah Las Karbit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton," *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, vol. 9, no. 1, 2020.
- [10] P. Mahendra, Y. Risdianto, "Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Rekayasa Teknik Sipil*, vol. 1, no. 2, 2019.