

Studi Pengaruh Subtitusi Limbah *Thermosetting Polymers* Terhadap Mutu Beton Ringan

Nur Ida Kurnia Putri¹, Zainuddin², M.Zainul Ikhwan³

^{1,2,3}Universitas Bojonegoro, Jl. Lettu Suyitno no.2 Bojonegoro.
nuridakurniaputri@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini jenis beton yang mulai diminati adalah beton ringan. Beton jenis ini memiliki banyak variasi campuran bahan seperti *fly ash*, *styrofoam*, hingga limbah plastik. Pada penelitian kali ini peneliti akan menggunakan limbah plastik sebagai campuran, hal tersebut dikarenakan jumlah limbah pertahun yang kian membengkak yaitu berkisar 20,2 juta ton/tahun pada bulan Mei tahun 2023 dan diketahui jumlah limbah plastik yaitu sebesar 18,5% dari total jumlah limbah pertahun. Data ini dapat dilihat pada web resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Salah satu jenis limbah plastik yang sukar untuk diolah adalah *thermosetting polymers*, hal tersebut dikarenakan sifatnya yang sukar meleleh. Maka dari itu tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai upaya pemanfaatan limbah plastik *thermosetting polymers* sebagai inovasi bahan material campuran beton ringan sehingga dapat membantu dalam pengolahan limbah plastik melalui ilmu konstruksi. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji silinder (10cm x 20cm) sesuai peraturan mix design SNI 03-3449-2002 dengan variasi substitusi limbah *thermosetting polymers* sebanyak 4 variasi yaitu 0%, 2%, 5%, dan 8% terhadap agregat kasar. Lalu dilakukan pengujian berat isi dan kuat tekan pada umur beton 28 hari. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai perhitungan rata-rata berat isi benda uji umur 28 hari untuk variasi BR-0 sebesar 1834 kg/m³, BR-2 sebesar 1780 kg/m³, BR-5 sebesar 1667 kg/m³, BR-8 sebesar 1660 kg/m³. Sedangkan untuk pengujian nilai kuat tekan didapatkan nilai rata-rata kuat tekan benda uji umur 28 hari untuk variasi BR-0 sebesar 7,890 Mpa, BR-2 sebesar 2,574 Mpa, BR-5 sebesar 6,643 Mpa, BR-8 sebesar 6,870 Mpa.

Kata Kunci : Beton Ringan, Berat Isi, Kuat Tekan, Limbah *Thermosetting Polymers*.

ABSTRACT

The most popular type of concrete today is lightweight concrete. This type of concrete has many variations of mixed materials such as *fly ash*, *styrofoam*, even plastic waste. In this study, researchers will use plastic waste as a mixture, this is because the amount of waste per year is increasing, which will be around 20.2 million tonnes/year in May 2023 and the known amount of plastic waste is 18.5% of the total amount of waste per year. This data can be seen on the official website of the National Waste Management Information System (SIPSN). One type of plastic waste that is difficult to process is *thermosetting polymers*, because they are difficult to melt. Therefore, the purpose of this research is an effort to utilize *thermosetting polymer* plastic waste as an innovative lightweight concrete mix material so that it can help in the processing of plastic waste through construction science. The method used in this research is an experimental method by making cylindrical specimens (10cm x 20cm) according to the mix design regulations of SNI 03-3449-2002 with 4 variations of *thermosetting polymers* waste substitution, namely 0%, 2%, 5%, and 8% of coarse aggregate. The density and compressive strength were then tested after 28 days. Based on the results, the average calculation value of the 28-day weight of the test specimens for the BR-0 variation is 1834 kg/m³, BR-2 is 1780 kg/m³, BR-5 is 1667 kg/m³, BR-8 is 1660 kg/m³. As for testing the compressive strength value, the average compressive strength of 28-day-old test specimens for the BR-0 variation is 7.890 Mpa, BR-2 is 2.574 Mpa, BR-5 is 6.643 Mpa, BR-8 is 6.870 Mpa.

Keywords: Lightweight Concrete, Weight Content, Compressive Strength, Waste *Thermosetting Polymers*.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan komponen utama yang dibutuhkan dalam pekerjaan konstruksi. Beton sendiri memiliki beberapa jenis seperti beton ringan, beton precast, beton komposit dan masih banyak lagi inovasi inovasi. Akan tetapi untuk saat ini jenis beton yang mulai diminati adalah beton ringan atau lightweight concrete. Beton jenis ini memiliki banyak variasi campuran bahan seperti fly ash, styrofoam, hingga limbah plastik. Pada penelitian kali ini peneliti akan menggunakan limbah plastik sebagai campuran.

Seperti yang kita ketahui pada beberapa tahun terakhir ini pengurangan penggunaan plastik mulai gencar disebarkan, hal tersebut dikarenakan jumlah sampah pertahun yang kian membengkak yaitu berkisar 20,2 juta ton/tahun pada bulan Mei tahun 2023 dan berakibat beberapa persen dari jumlah sampah belum tertangani yaitu berkisar 6 juta ton/tahun data ini dapat dilihat pada web resmi Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). Dari web resmi tersebut juga dapat diketahui jumlah sampah plastik yaitu sebesar 18,5% dari total jumlah sampah pertahun. Untuk limbah plastik sendiri pemerintah sebenarnya sudah memulai beberapa gerakan untuk menekan jumlah sampah plastik seperti penyuluhan dan pelatihan untuk pengolahan sampah, seperti di Bojonegoro sendiri sudah memulai gerakan bank sampah dan pelatihan membuat kerajinan dari limbah plastik. Akan tetapi gerakan gerakan tersebut mayoritas hanya mengolah sampah plastik jenis thermoplastic.

Terdapat dua jenis limbah plastik yaitu thermoplastic dan thermosetting. Untuk limbah thermoplastic dapat diolah kembali dengan metode pelelehan, sedangkan thermosetting tidak dapat dilakukan dengan cara tersebut karena ketika bahan ini terkena panas bahan ini cenderung lebih mengeras dan tidak dapat meleleh. Karakteristik limbah thermosetting polymers yang seperti itu cocok digunakan sebagai material konstruksi

Karena sifat plastik thermosetting yang sukar meleleh tersebut, ide untuk mengolah limbah plastik jenis ini sebagai campuran beton ringan yang kian diminati oleh masyarakat teretuskan. Dengan harapan, penelitian ini dapat menjadi langkah baru dalam upaya mengurangi limbah plastik di Indonesia.

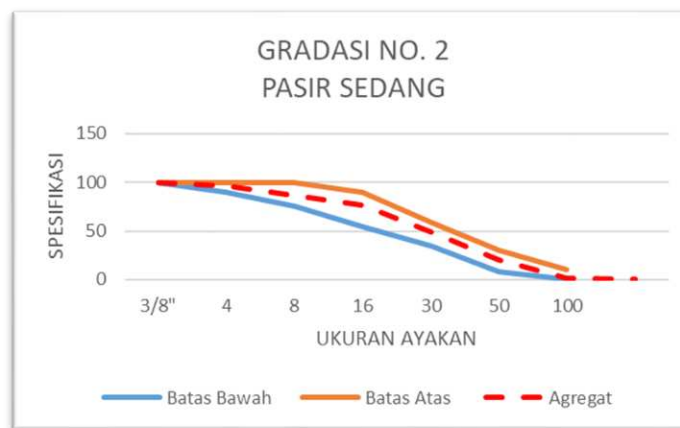
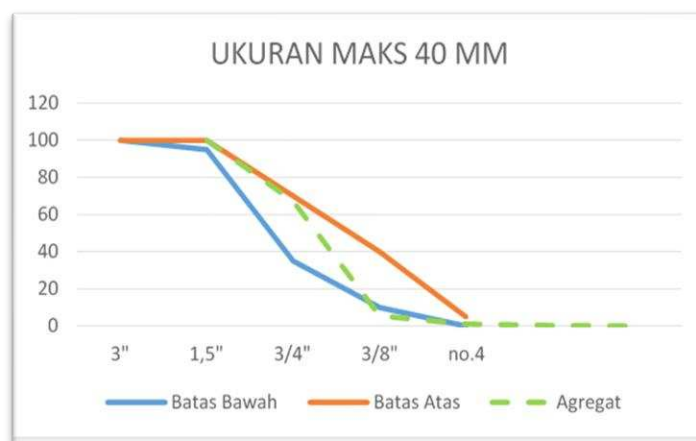
2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah eksperimental dengan membuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm, dengan kuat tekan yang disyaratkan sebesar $f'_{c'17,24}$ berumur 28 hari yang berjumlah 6 benda uji untuk setiap variasi substitusi limbah thermosetting polymers yaitu 0%, 2%, 5%, 8% dari berat agregat kasar untuk pengujian kuat tekan dan berat isi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian ini diawali dengan uji properties agregat yang akan digunakan dalam membuat benda uji yang berupa beton ringan dengan bentuk silinder berukuran (10 x 20) cm. pada uji properties diketahui bahwa agregat halus dan kasar yang diujikan menghasilkan data sebagai berikut :

- a. Uji kadar lumpur
Kadar lumpur pada agregat halus yang diujikan sebesar 3,0% sedangkan agregat kasar sebesar 4,4% yang artinya memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.
- b. Uji kadar Organik
Kadar organik pada agregat halus yang diujikan memiliki hasil warna yang sesuai dengan no.3 pada colour glass scale, yang artinya memenuhi persyaratan.
- c. Kadar air pada agregat halus yang diujikan adalah 9,22 % pada kondisi awal SSD, sedangkan untuk agregat kasar kadar airnya adalah 1,36% pada kondisi awal asli dan 4,20% pada kondisi awal SSD.
- d. Pada analisis ayakan untuk agregat halus memenuhi klasifikasi gradasi no.2 (pasir sedang) sedangkan untuk agregat kasar memenuhi klasifikasi untuk ukuran maks. 40 mm.

**Gambar 1** Gradasi Agregat Halus**Gambar 2** Gradasi Agregat Kasar

Setelah dilakukan uji properties tahap selanjutnya adalah perencanaan *mix design* dengan mengacu pada SNI – 03 – 3449 – 2002 dengan hasil sebagai berikut :

1. Kuat tekan yang diisyaratkan ditetapkan sebesar f'_c 17,24 Mpa
2. Deviasi standar yang ditetapkan adalah 7 Mpa
3. Nilai tambah yang didapatkan sebesar 11,48 Mpa
4. Kuat tekan rata-rata yang didapatkan sebesar 28,72 Mpa
5. Kuat hancur agregat diketahui berdasarkan grafik 3 pada SNI adalah 3,125 Mpa
6. Berat isi yang diisyaratkan berdasarkan tabel pada SNI adalah 1400 kg/cm³
7. Jumlah fraksi agregat kasar berdasarkan grafik 4,5,6,7 pada SNI ditentukan 0,35
8. Kuat tekan adukan berdasarkan point no.7 diketahui sebesar 43 Mpa
9. Berat isi mortar berdasarkan point no.7 diketahui 2153,51 kg/m
10. Nilai fas didapatkan berdasarkan grafik pada SNI yaitu sebesar 0,275
11. Dengan melakukan interpolasi berdasarkan data grafik pada SNI, didapatkan susunan campuran adukan tiap 1m³ yaitu sebagai berikut :

Semen	= 575,06	kg/m ³
Air	= 158,14	kg/m ³
Pasir	= 1557,30	kg/m ³
Total	= 2290,50	kg/m ³
12. Berdasarkan point no.10 diatas didapatkan susunan campuran beton sebagai berikut :

Agregat Kasar	= $PA \times nf \times 1000$	= 217,00	kg/m ³
Semen	= $(1-nf) \times 575,06$	= 373,79	kg/m ³
Air	= $(1-nf) \times 158,14$	= 102,79	kg/m ³
Agregat halus	= $(1-nf) \times 1557,30$	= 1023,24	kg/m ³
Total	= bobot isi beton	= 1705,83	kg/m ³
13. Susunan campuran beton tiap 1 m³ adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Susunan Campuran Beton Tiap 1 m³

	semen (kg)	air (kg)	pasir (kg)	agregat kasar (kg)
Tiap 1m ³	373,790625	102,7924219	1012,24	217,00

14. Susunan campuran beton tiap silinder 10 x 20 cm untuk setiap variasi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Susunan Campuran Beton Tiap Silinder

benda uji	semen (kg)	air (kg)	pasir (kg)	agregat kasar (kg)	limbah plastik thermosetting polymers (kg)
BR - 0	0,586851281	0,161384102	1,58922	0,34069	-
BR - 2	0,586851281	0,161384102	1,58922	0,33388	0,0068138
BR - 5	0,586851281	0,161384102	1,58922	0,32366	0,0170345
BR - 8	0,586851281	0,161384102	1,58922	0,31343	0,0272552

Setelah melakukan perencanaan *mix design* tahap selanjutnya adalah pembuatan yng dilakukan di Lab Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro serta perawatan selama 28 hari dengan cara direndam di dalam air. Setelah itu dilakukan penimbangan berat beton lalu perhitungan berat isi dari masing masing beton dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3 Hasil Perhitungan Berat Isi Benda Uji

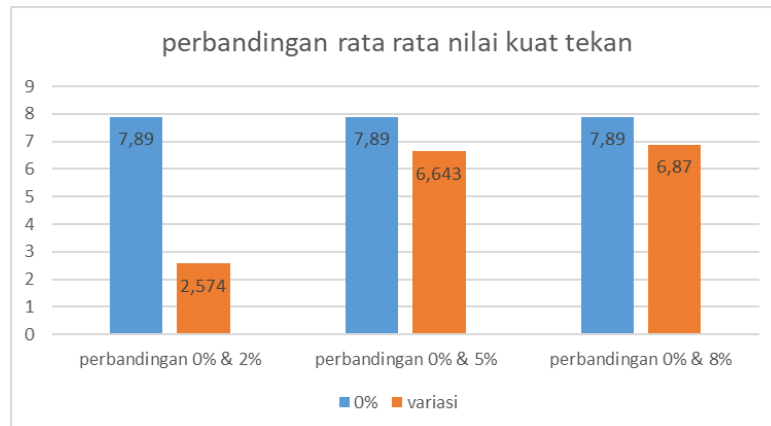
No. Benda Uji	Variasi Benda Uji (%)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Benda Uji (kg/m ³)	volume benda uji (m ³)	Berat Isi Benda Uji Rata-rata (kg/m ³)
1	Normal (0%)	2,881	1835	0,00157	1834
2		2,881	1835		
3		2,907	1852		
4		2,887	1839		
5		2,850	1815		
6		2,873	1830		
1	Campuran Limbah T.P. (2%)	2,755	1755	0,00157	1780
2		2,840	1809		
3		2,770	1764		
4		2,804	1786		
5		2,834	1805		
6		2,766	1762		
1	Campuran Limbah T.P. (5%)	2,577	1641	0,00157	1667
2		2,625	1672		
3		2,630	1675		
4		2,658	1693		
5		2,627	1673		
6		2,587	1648		
1	Campuran Limbah T.P. (8%)	2,654	1690	0,00157	1660
2		2,644	1684		
3		2,559	1630		
4		2,603	1658		
5		2,604	1659		
6		2,573	1639		

Dari hasil perhitungan berat isi diatas dapat disimpulkan bahwa masing masing benda uji memenuhi persyaratan batas maksimal berat isi beton ringan yaitu 1800 kg/m³ . dari data

di atas dapat diketahui juga benda uji yang memiliki berta isi paling ringan adalah benda uji variasi BR – 8 nomor 3. Setelah dilakukan perhitungan berat isi tahap selanjutnya yaitu dilakukan pengujian kuat tekan dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan

variasi	No.	Umur BU (hari)	Berat Benda Uji	T. Hancur f' _c	Rata-rata T. Hancur f' _c (Mpa)
				Mpa	
BR-0	1	28	2,881	6,74	7,890
	2	28	2,881	9,69	
	3	28	2,907	8,94	
	5	28	2,850	8,33	
	6	28	2,873	10,3	
BR-2	1	28	2,755	2,58	2,574
	3	28	2,770	3,82	
	4	28	2,804	2,63	
	6	28	2,766	2,61	
	1	28	2,577	6,19	
BR-5	2	28	2,625	8,050	6,643
	3	28	2,630	4,9	
	4	28	2,658	8,09	
	5	28	2,627	6,24	
	6	28	2,587	6,39	
BR-8	1	28	2,654	7,351	6,870
	2	28	2,644	6,74	
	3	28	2,559	6,86	
	4	28	2,603	7,64	
	5	28	2,604	5,98	
	6	28	2,573	6,65	



Gambar 3. Diagram Batang Perbandingan Rata-Rata Hasil Uji Kuat Tekan

Seperti yang terlihat pada grafik di atas, variasi BR-2 memiliki kuat tekan rata-rata paling rendah dibandingkan dengan variasi BR-0 maupun variasi yang lainnya. Hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya human error pada saat pembuatannya seperti pada saat penimbangan material ataupun pada proses pengadukan yang kurang sempurna karena proses pembuatan variasi BR-2 dilakukan dengan cara 2 kali pengadukan (3 benda uji pada setiap proses pengadukan). Sedangkan untuk variasi BR-0, BR-5, dan BR-8 di buat dengan cara satu pengadukan untuk satu benda uji.

Terlepas dari hal tersebut, hasil uji kuat tekan beton ringan variasi lain yang menggunakan metode sama dengan BR-0 yaitu BR-5 dan BR-8 tetap saja memiliki nilai kuat tekan dibawah nilai kuat tekan beton ringan normal, meski tidak terlalu besar perbedaannya tetap saja hal tersebut membuktikan bahwa dengan mensubstitusikan limbah thermosetting polymers pada campuran beton ringan tidak mengakibatkan perkuatan pada beton ringan.

Dari hasil pengujian kuat tekan di atas terdapat data residual yang tidak perlu di cantumkan pada saat perhitungan standart deviasi. Berikut adalah data yang sudah disortir dari data residual :

Tabel 5. Data Residual

variasi	No.	Umur BU (hari)	Berat Benda Uji	T. Hancur f' _c Mpa	Faktor Koreksi BU (L/D)	Rata-rata T. Hancur f' _c (Mpa)
BR-0	1	28	2,881	6,74	1,04	7,890
	2	28	2,881	9,69	1,04	
	3	28	2,907	8,94	1,04	

	5	28	2,850	8,33	1,04	
	6	28	2,873	10,3	1,04	
	1	28	2,755	2,58	1,04	
	3	28	2,770	3,82	1,04	
	4	28	2,804	2,63	1,04	
BR-2	6	28	2,766	2,61	1,04	2,574
	1	28	2,577	6,19	1,04	
	2	28	2,625	8,050	1,04	
	3	28	2,630	4,9	1,04	
	4	28	2,658	8,09	1,04	
	5	28	2,627	6,24	1,04	
BR-5	6	28	2,587	6,39	1,04	6,643
	1	28	2,654	7,351	1,04	
	2	28	2,644	6,74	1,04	
	3	28	2,559	6,86	1,04	
	4	28	2,603	7,64	1,04	
	5	28	2,604	5,98	1,04	
BR-8	6	28	2,573	6,65	1,04	6,870

Berikut merupakan hasil perhitungan standart deviasi berdasarkan data kuat tekan yang telah diperoleh dengan menggunakan rumus sesuai ketentuan SNI 03-3449-2002 :

Tabel 6. Hasil Perhitungan Standart Deviasi

variasi	T. Hancur f'c Mpa	Rata- rata T. Hancur f'c (Mpa)	xi-x	(xi-x) ²	n	$\sum (xi-x)^2$	$(\sum (xi-x)^2)/n$	standart deviasi
	6,744		-2,062	4,253				
	9,685		0,879	0,77193796				
	8,943		0,137	0,01865956				
	8,332		-0,474	0,22505536				
BR-0	10,328	8,806	1,522	2,31526656	5	7,58441	1,51688	1,23162
	2,576		-0,332	0,10989225				
	3,815		0,908	0,82355625				
BR-2	2,634		-0,274	0,07480225				
	2,605	2,908	-0,303	0,09150625	4	1,09976	0,27494	0,52435
	6,194		-0,449	0,201601				
	8,050		1,407	1,979649				
	4,896		-1,747	3,052009				
BR-5	8,086		1,443	2,082249				
	6,244		-0,399	0,159201				
	6,388	6,643	-0,255	0,065025	6	7,53973	1,25662	1,12099

	7,351	0,481	0,231040					
BR-8	6,744	-0,126	0,015960					
		-						
L	6,861	0,009	0,000087					
A								
N	7,643	0,773	0,597014					
J								
U	5,976	-0,894	0,799832					
T								
A								
N	6,647	6,870	-0,223	0,049878	6	1,69381	0,2823	0,53132

Hasil perhitungan standart deviasi menunjukkan bahwa keempat variasi memiliki kesamaan nilai pada tiap benda ujinya karena setiap variasinya memiliki nilai standart deviasi yang kecil (kurang dari 1,64), sehingga dapat dikatakan tidak terjadi penyimpangan antara benda uji satu dengan yang lain pada setiap variasinya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan penimbangan berat benda uji dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya presentase limbah thermosetting polymers yang disubstitusikan maka berat benda uji semakin menurun. Dari perhitungan berat isi benda uji menunjukan bahwa semakin banyak substitusi limbah thermosetting polymers maka semakin kecil nilai berat isi benda ujinya. Dari data hasil uji kuat tekan benda uji dapat disimpulkan bahwa substitusi limbah thermsetting polymers pada beton ringan tidak mengakibatkan perkuatan pada beton ringan. akan tetapi, karena selisih nilai kuat tekan yang dihasilkan tidak terlalu besar maka program pemanfaatan limbah thermosetting polymers sebagai upaya pengolahan sampah plastik masih memungkinkan untuk dilakukan. Dan variasi yang paling memungkinkan untuk diterapkan adalah BR-8.

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya penambahan bahan adiktif yang berfungsi memperkuat benda uji dapat ditambahkan.
2. Untuk memperoleh nilai kuat tekan benda uji yang lebih besar maka untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi presentase yang lebih besar.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat dicoba dengan dimensi benda uji yang lebih besar untuk mengetahui pengaruh dimensi benda uji terhadap kuat tekan beton ringan
4. Untuk jenis agregat ringan kasar dapat dicoba menggunakan jenis agregat ringan yang lain seperti lempung bekah.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Anung Suwarno, & Sudarmono. (2015). Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton. *Wahana Teknik Sipil* Vol.20 No.1, 10.
- Aulia, M. D. (2012). Studi Eksperimental Permeabilitas dan Kuat Tekan Beton K-450 Menggunakan Zat Adiktif Conplast WP421. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, 12.
- Delli Noviarti Rachman, Susi Riwayati, Ahmad Hidayat, & Pratiwi, T. N. (2022). Penggunaan Foam Agent Pada Beton Untuk Pembuatan Beton Ringan. *Jurnal Ilmiah Tekno Global*, 6.
- Dipohusodo, I. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Doni Rinaldi Basri, & Mubarak, H. (2020). Beton Ringan dengan Bahan Plastik sebagai Agregat Kasar untuk Konstruksi di Atas Lahan Gambut. *Jurnal Teknik Sipil ITP* Vol.8 , 7.
- Fakultas Sains dan Teknik . (2023). *Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro* . Retrieved from Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro Web site: <https://saintek.unigoro.ac.id/teknik-sipil/fasilitas/laboratorium/>
- Hamdany, Y. D. (2017). *Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas pada Beton*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Julianda, A. (2022). *Analisis Pengaruh Variasi Serat Plastik Terhadap Kekuatan Tekan dan Impak Dalam Pembuatan Batako*. Medan: Universitas Medan Area.
- Mahendra, I. N. (2018). *Pemakaian Foam Agent dan Serat Ijuk Pada Kuat Lekat Beton Busa dengan Tulangan*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Pradana, Y. T. (2019). *Pengaruh Campuran Limbah Plastik sebagai Material Beton Ringan*. Medan: Universitas Medan Area.
- Raya Agni, Moh Jamhari, & Tangge, L. (2022). Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Campuran Batako dalam Upaya Mengatasi Sampah Rumah Tangga di Desa Mpanau, Kecamatan Sigi Biromaru Kabupaten Sigi. *Jurnal Abdidas* Vol.3 No.4, 6.
- Rofikatul Karimah, Yunan Rusdianto, & Hamdany, D. Y. (2017). Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan dan Koefisien Permeabilitas pada Beton. *Media Teknik Sipil*, 6.
- Sanggapramana. (2010, september 10). *Mengenal Ilmu Teknik Sipil*. Retrieved from sanggapramana.wordpress: <https://sanggapramana.wordpress.com/2010/09/10/pasir/>
- SNI-03-3449-2002. (2002). *Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Gregat Ringan*. Bandung: Yayasan LPMB .
- Supriyadi, Kusdiyono, Herry Ludiro Wahyono, Marchus Budi Utomo, & Nurhadi, I. (2020). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis Thermosetting Terhadap Mutu Bata Ringan (Hebel)*. Semarang: Wahana TEKNIK SIPIL.
- Tjokrodimuljo, K. (1992). *Bahan Bangunan*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- WAHIB, T. (2022, Maret 28). *Mbizmarket*. Diambil kembali dari mbizmarket.co.id: <https://www.mbizmarket.co.id/catalog/detail/semen-gresik-1754291-4481279.html>
- Yessi Rismayasari, Utari, & Santoso, U. (2012). *Pembuatan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakteristiknya*. 7.

