

ANALISIS PENGARUH PENINGKATAN SUHU TERHADAP NILAI KUAT TEKAN MATERIAL KOMPOSIT DENGAN PENAMBAHAN POPOK SEKALI PAKAI

Disusun Oleh :

Miko Bagas Nurahman

Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Penelitian ini didasari oleh penggunaan limbah popok dan pengembangan teknologi berupa mortar atau material komposit sehingga mengurangi limbah popok yang ada di Indonesia. Bahan mudah terbakar akan sangat mengkhawatirkan jika diproyeksikan menjadi material mortar, oleh karena itu dilakukan uji coba untuk melihat pengaruh suhu terhadap material komposit dengan campuran popok sekali pakai.

Bahan uji dirancang dengan dimensi $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ dan campuran popok sebesar 0%, 0,5%, 1%, 5%, 15%, dan 30% sebagai pengganti agregat halus. Jumlah sampel dibuat sebanyak 72 sampel yang kemudian dibakar dengan variasi pembakaran 0 menit, 60 menit, 180 menit, dan 240 menit. Kemudian dilakukan uji kuat tekan pada 72 sampel serta dilakukan uji densitas dan uji penyerapan air (*absorpsi*) terhadap 72 sampel sebelum dibakar dan 54 sampel pasca bakar.

Sampel campuran 0,5% popok dengan pembakaran selama 240 menit menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 37,76 Mpa. Sedangkan campuran 15% popok dengan lama pembakaran 60 menit menghasilkan nilai kuat tekan terendah sebesar 12,05 Mpa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa 1) Mortar dengan campuran popok $\leq 5\%$ dapat mempertahankan nilai kuat tekannya dengan baik; 2) Semakin banyak limbah popok yang ditambahkan, semakin kecil kemungkinannya dalam mempertahankan nilai kuat tekannya; 3) Campuran popok sebesar 0,5% menghasilkan ketahanan yang paling baik dibandingkan campuran 0%, 1%, 5%, 15%, dan 30% terhadap suhu tinggi.

Kata Kunci: Suhu, Absorpsi, Densitas, Uji Kuat Tekan, Ketahanan.

Abstract

This research is based on the use of diaper waste and technology development in the form of mortar or composite materials to reduce diaper waste in Indonesia. Combustible materials will be very worrying if they are projected into mortar material, therefore a trial was carried out to see the effect of temperature on the composite material with a mixture of disposable diapers.

The test material was designed with dimensions of 5 cm × 5 cm × 5 cm and a diaper mixture of 0%, 0.5%, 1%, 5%, 15% and 30% as a substitute for fine aggregate. The number of samples was made as many as 72 samples which were then burned with variations of burning 0 minutes, 60 minutes, 180 minutes and 240 minutes. Then a compressive strength test was carried out on 72 samples and a density test and water absorption test were carried out on 72 samples before burning and 54 samples after burning.

A mixed sample of 0.5% diapers with burning for 240 minutes produced the highest compressive strength value of 37.76 MPa. Whereas a mixture of 15% diapers with a burning time of 60 minutes produced the lowest compressive strength value of 12.05 MPa. The results of this study indicate that 1) Mortar with ≤5% diaper mixture can maintain its compressive strength value well; 2) The more diaper waste added, the less likely it is to maintain its compressive strength; 3) Diaper mixture of 0.5% produces the best resistance compared to mixtures of 0%, 1%, 5%, 15%, and 30% against high temperatures.

Keywords: Temperature, Density, Absorption, Compressive Strength Test, Durability.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan suatu faktor berkurangnya sifat mekanis dari suatu material, kondisi tersebut mengakibatkan kerugian secara materi dan non materi. Kebakaran biasanya terjadi pada rumah hunian yang terdapat campuran mortar di dalamnya. Biasanya ketika terjadi kebakaran, akan terdapat bekas yang ringan hingga fatal, dimulai dari perubahan warna hingga

mengelupasnya bagian mortar yang mana menandakan bahwa sifat mekanis dari material tersebut akan berkurang. Untuk itu, kemajuan teknologi yang mendukung konstruksi masih dikembangkan diantaranya inovasi pembuatan mortar dan yang menjadi ketertarikan tersendiri ketahanannya terhadap kebakaran.

Saat ini salah satu limbah yang mendapatkan perhatian adalah limbah

popok pada tahun 2022 limbah popok menyumbang 101,08 ton/hari untuk daerah karawang sendiri hal ini yang dapat memicu perhatian masyarakat. sama seperti bahan daur ulang lainnya, sehingga terpikirkan untuk memanfaatkan popok menjadi suatu produk yang pada dasarnya popok berfungsi untuk penyerapan dan setelah fungsi tersebut selesai maka bahan yang tersisa hanyalah bahan plastik dengan jenis tertentu.

Material komposit menggunakan popok menjadi kajian perkembangan teknologi komposit seperti yang diteliti oleh (Adriel, 2020) tentang pemanfaatan limbah popok sebagai bahan campuran pembuatan *paving block* dengan kesimpulan bahwa campuran popok optimal pada variasi campuran 1%. Namun, material komposit berbahan dasar popok masih belum terdapat pengujian pembakaran atau peningkatan suhu pada material yang kita ketahui bahwa kondisi suhu tinggi memiliki resiko kerugian non materil.

Penelitian tentang peningkatan suhu pada material yang pernah dilakukan, mengakibatkan proses perubahan yang berbeda. Selama 3 jam pembakaran dengan suhu 400°C

menghasilkan peningkatan pada mutu beton 15 Mpa dan 20 Mpa sedangkan terjadi penurunan pada mutu beton 22 Mpa dan 25 Mpa (Cornelis, 2014).

Berdasarkan hal tersebut penelitian tentang ketahanan mortar dengan campuran popok perlu diteliti terhadap kenaikan suhu. Sehingga dapat memberikan data kekuatan material alternatif saat kebakaran, apakah material alternatif dengan campuran popok memiliki dampak positif atau dampak negatif terhadap karakteristik mortar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

komposit merupakan gabungan antara dua bahan atau lebih yang membentuk satu unit struktural makroskopik (Gibson, 1994). Penyusunan material komposit berdasarkan bahan penyusunnya dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Material Komposit

- Matriks (Pengikat)

Matriks merupakan bagian terbesar dari sebuah komposit yang akan ditingkatkan sifat dan karakteristiknya sehingga komposisi matriks biasanya

lebih dari 50% bahan penyusun komposit.

- *Reinforcement*

Salah satu bahan utama yang terdapat pada komposit yaitu sebagai penguat dengan menanggung beban utama pada komposit (Nayirah, 2016). Selain itu komposisi dari reinforcement biasanya tidak lebih dari 50% karena menghindari penurunan sifat komposit yang dihasilkan akibat terlalu banyaknya penguat yang digunakan sehingga ikatan antara penguat dan matriks tidak maksimal.

2.1 Mortar

Mortar merupakan bagian dari material dalam konstruksi yang juga memiliki standar SNI dalam sebuah pendapat mortar merupakan bahan bangunan yang terbentuk dari campuran bahan berupa air, bahan perekat dan agregat halus (Tjokrodimulyo, 2007). Komposisi yang mempengaruhi kuat tekan mortar tersebut termasuk jumlah semen dalam campuran, FAS, jumlah pasir dalam campuran.

2.2 Spesifikasi Mortar

Spesifikasi mortar pun sudah diatur dalam suatu standar yaitu SNI 03-6882-2002 yang diklasifikasikan menjadi empat tipe, yaitu M, S, N, dan O dengan

bahan yang sama dengan komposisi yang berbeda. Dapat dilihat pada tabel 1 tentang persyaratan proporsi mortar merupakan perbandingan antara penggunaan semen dan pasir.

Tabel 1 Persyaratan proporsi mortar

Mortar	Tipe	Campuran dalam volume (bahan bersifat semen)					Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi yang lembab dan gembur)
		Semen Portland/sem en giling	Semen pasangan			Kapur padam/ Kapur pasta	
			M	S	N		
Kapur Semen	M	1	$\frac{1}{4}$	$2\frac{1}{4} - 3$ kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	1	...	...	...	$> \frac{1}{4} - \frac{1}{2}$
	N	1	...	...	...	$> \frac{1}{4} - 1\frac{1}{4}$
	O	1	...	...	...	$> 1\frac{1}{4} - 2\frac{1}{2}$
Semen Pasangan	M	1			1	...	$2\frac{1}{4} - 3$ kali jumlah volume bahan bersifat semen
	M	...	1			...	
	S	$\frac{1}{2}$			1	...	
	S	...		1		...	
	N	...			1	...	
	O	...			1	...	

Sumber: (SNI 03-6882-2002)

Mortar	Tipe	Kuat Tekan rata-rata 28 hari min. (Mpa)	Retensi air min. (%)	Kadar udara mak. (%)	Rasio agregat (Pengukuran pada kondisi yang lembab dan gembur)
Kapur Semen	M	17,2	75	12	$21/4 - 31/2$ kali jumlah volume bahan bersifat semen
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14bj	
	O	2,5	75	14bj	
Semen Pasangan	M	17,2	75	...c)	
	S	12,4	75	...c)	
	N	5,2	75	...c)	
	O	2,4	75	...c)	

Sumber: (SNI 03-6882-2002)

2.3 Peran popok dalam material komposit

Popok dengan kandungan plastik dapat menjadi campuran dalam material komposit, dalam hal ini popok berperan sebagai *reinforcement* (penguat) atau pengisi dari produk komposit yaitu mortar. Untuk menggantikan (*Replacement*) agregat halus dalam pembuatan mortar sebagai material komposit dapat digunakan persamaan (S Zuraida, 2021).

$$mp = \% \text{ rep} \left(\frac{\rho p}{\rho ah} \right) \times mah$$

Keterangan:

mp = massa popok (gr)

$\% \text{ rep}$ = Persen *replacement*

ρp = Berat jenis popok (gr/cm^3)

ρah = Berat jenis agregat halus (gr/cm^3)

mah = massa agregat halus (gr)

2.4 Kebakaran Material

Kebakaran material merupakan proses bakar terhadap objek material yang mengakibatkan kerusakan akibat peningkatan suhu, sedangkan peningkatan suhu adalah pemberian suhu atau panas terhadap sebuah objek benda yang dijadikan sampel. energi termal mengakibatkan berbagai perubahan pada komposit baik dalam segi fisik maupun sifat mekanis serta

unsur penyusun material. Pada kondisinya kenaikan suhu atau penurunan suhu akibat siklus termal membuat suatu benda tidak stabil seperti pada saat normal baik benda yang bersifat konduktor maupun benda yang bersifat isolator. Peningkatan suhu alamiahnya menghilangkan kadar air yang ada di dalam beton tersebut sehingga jika dipanaskan di atas suhu 100 °C masih memiliki kemungkinan akan meningkatkan kekuatannya. Akan tetapi pada saat suhu mencapai 250 °C secara perlahan kehilangan kekuatannya sesuai dengan waktu terjadinya kebakaran.

2.5 Sifat Mekanik Komposit

Kuat tekan dalam SNI M – 14 – 1989 adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani gaya tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

σ = Kekuatan tekan mortar (Mpa);

P = Gaya tekan (N);

A = Luas penampang benda uji/mortar (mm^2).

Penurunan kekuatan tekan pada komposit dapat dihitung menggunakan

persentase atau perbandingan. Namun untuk dapat menghitung persentase pengurangan tersebut dapat menggunakan rumus (Sutapa, 2011).

$$\text{Penurunan } CS = \frac{CS - CSB}{CS} \times 100\%$$

Keterangan:

CS = Komposit Standar;

CSB = Komposit Pasca Bakar.

2.6 Uji Penyerapan Air

Uji Penyerapan Air merupakan pengujian pada material untuk melihat kemampuan material dalam menyerap air. Kondisi ini dipengaruhi oleh pori-pori dari produk material atau objek yang diuji (mortar), semakin besar pori-pori dari material tersebut maka akan semakin besar persen air yang terserap. Secara umum penyerapan air pada material komposit dipengaruhi dari material penyusunnya. Untuk mengetahui daya serap air pada material komposit dapat digunakan persamaan

$$\text{Absorpsi}(\%) = \frac{m_b - m(\text{SSD})}{m(\text{SSD})} \times 100\%$$

Keterangan:

m_k = Berat sampel dalam kondisi kering (gram);

$m(\text{SSD})$ = Berat sampel dalam

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan melakukan uji coba untuk memahami proses-sebab akibat dari variabel yang digunakan. Variabel pada penelitian ini terdiri dari campuran popok dan juga lama waktu pembakaran. Mengamati proses sebab-akibat tersebut, digunakan parameter berupa pengujian *destructive* dan *non destructive*. Uji *non destructive* terdiri dari

- Uji Bakar

Uji bakar merupakan suatu tindakan pemberian suhu dengan variasi lama pembakaran untuk melihat pengaruh panas pada mortar dengan rekayasa pembakaran secara manual. Tungku pembakaran yang digunakan pada penelitian ini yaitu kompor gas karena memiliki suhu yang relatif konsisten. Akan tetapi, material dibakar melalui oven yang bawahnya memiliki lubang sehingga api kompor dapat bersentuhan dengan mortar yang akan dibakar.

- Uji Densitas

Uji densitas yaitu pengujian terhadap massa jenis dari material dengan memperhitungkan kondisi massa sesungguhnya atau massa saat mortar tidak kekurangan air

dan tidak kelebihan air. Pada penelitian ini, massa jenis dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Massa Jenis} = \frac{\text{Massa Bahan Uji (gr)}}{\text{Volume Bahan Uji cm}^3}$$

- Uji Penyerapan Air

Uji penyerapan air adalah pengujian yang dilakukan pada objek untuk melihat kemampuan material dapat menyerap air, semakin tinggi kemampuan menyerap airnya semakin rendah beban yang mampu diterima material. Pada penelitian ini uji penyerapan air digunakan persamaan:

$$\% \text{ Penyerapan Air} = \frac{\text{Massa Jenuh} - \text{Massa Kering}}{\text{Massa Air}} \times 100\%$$

Uji *destructive* terdiri dari uji kuat tekan yang parameter utama untuk melihat kemampuan mortar dalam mempertahankan karakteristiknya setelah dibakar. Uji kuat tekan dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Kuat Tekan Mortar (Mpa)} = \frac{\text{Gaya Tekan (N)}}{\text{Luas Penampang Mortar (mm}^2\text{)}}$$

3.1 Rancangan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua kondisi, kondisi sebelum dibakar dan

kondisi setelah dibakar. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian *non destructive* dan *destructive*. Uji *non destructive* terdiri dari uji densitas, dan uji penyerapan air. Sedangkan uji *destructive* terdiri dari pengujian kuat tekan. Jumlah sampel sebanyak 72 sampel seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Sampel Mortar

Jenis Uji	Usia	Waktu pembakaran	Variasi Popok					
			0 %	0,5 %	1 %	5 %	15 %	30 %
Densitas, Penyerapan Air, Kuat Tekan.	28 Hari	0 menit	3	3	3	3	3	3
	28 Hari	60 menit	3	3	3	3	3	3
	28 Hari	180 menit	3	3	3	3	3	3
	28 Hari	240 menit	3	3	3	3	3	3
Total Sampel								72

Sumber: Ilustrasi Penulis

Tabel 2 menunjukkan bahwa rancangan benda uji yang dibuat yaitu sejumlah 72 sampel untuk dilakukan pengujian. Untuk tahap pengujian dilakukan 4 kali.

3.2 Rancangan Benda Uji

Pada penelitian ini perhitungan campuran menggunakan perhitungan dengan type M karena memiliki mutu tertinggi senilai 17,5 Mpa.

Tabel 3 Komposisi mortar setelah konversi

No	Variasi Popok	Semen Portland (gr)	Agregat Halus (gr)	Popok (gr)	Air (gr)
1	0%	73,20	162,74	0,00	27,82
2	0,5%	73,20	161,93	0,08	27,82
3	1%	73,20	161,11	0,16	27,82
4	5%	73,20	154,60	0,82	27,82
5	15%	73,20	138,33	2,45	27,82
6	30%	73,20	113,92	4,90	27,82

Sumber: Ilustrasi Penulis

4. HASIL DAN ANALISIS

Proses pembuatan sampel terdiri dari beberapa langkah yang telah disesuaikan dengan penelitian terdahulu dan beberapa acuan Standar Nasional Indonesia. Bahan yang digunakan dapat dilihat dari penjelasan berikut ini.

a. Air

Air yang digunakan pada penelitian ini merupakan air isi ulang yang tidak memiliki kandungan lumpur sehingga reaksi pengikatan antara material penyusun terjadi dengan baik.

b. Semen

Semen yang digunakan Jenis semen portland dengan merk “Tiga Roda”.

c. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah butiran pasir hasil penyaringan berdiameter 1,5 mm.

d. Popok

Popok berperan sebagai pengganti agregat halus, persen penggunaannya merupakan perbandingan dari jumlah pasir. Popok yang digunakan dipotong kecil secara manual menggunakan gunting dengan ukuran panjang ± 10 mm dan lebar $\pm 0,25$ mm.

Proses untuk membuat sampel terdiri dari:

- Menimbang material sesuai dengan rancangan sampel;
- Pencampuran bahan;
- Mencetak Sampel;
- Perawatan benda uji;
- Pengaplikasian rangkaian pengujian.

Rangkaian pengujian diawali dengan pembakaran material dengan variasi yang berbeda untuk melihat penyebaran perubahan kekuatan dari campuran yang digunakan. Oleh karena itu, digunakan beberapa kode untuk menandai material sesuai dengan lama pembakaran tertentu dengan suhu yang diberikan ± 190 °C. Variasi popok yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Pemberian Kode Pada Variasi Sampel

Kode	Lama Pembakaran
A	0%
B	0,5%
C	1%
D	5%
E	15%

Sumber: Hasil Studi Literatur

Sedangkan masing - masing variasi sampel diberikan perlakuan pembakaran yang berbeda oleh karena itu untuk membedakan, peneliti memberi kode untuk masing-masing sampel menggunakan kode angka pada tiap variasi pembakaran yang dapat dilihat pada tabel 4.3. Sehingga jika dipadukan dengan kode dari variasi campuran, cara melihatnya sebagai berikut:

- A1: Sampel dengan tambahan popok 0% dengan lama pembakaran 0 menit;
- A2: Sampel dengan tambahan popok 0% dengan lama pembakaran 60 menit;
- A3: Sampel dengan tambahan popok 0% dengan lama pembakaran 180 menit;
- A4: Sampel dengan tambahan popok 0% dengan lama pembakaran 240 menit.

Tabel 5 Variasi Pembakaran

Kode	Lama Pembakaran (Menit)
1	0

2	60
3	180
4	240

Sumber: Hasil Studi Literatur

Pembakaran sampel dilakukan menggunakan oven yang telah dimodifikasi dengan menambahkan alat detektor suhu dan menambahkan celah pada oven agar api dapat mengenai fisik material yang dapat dilihat pada gambar 2. Oven dibakar di atas api kompor gas dengan suhu stabil.



Gambar 2 Pembakaran Material

Sumber: Dokumentasi Penulis

Untuk mengontrol suhu api agar sesuai dengan yang diharapkan dengan suhu ± 200 digunakan alat tambahan pada gambar 3 yaitu PID REX C-100.



Gambar 3 Pembakaran Material

Sumber: Dokumentasi Penulis

4.1 Identifikasi Sampel Material Komposit

Menurut kondisi fisik sampel saat kejadian pasca bakar, material mengalami perubahan warna kecoklatan seperti pada gambar 5 dibandingkan dengan sebelum pembakaran yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Kondisi fisik Material Komposit

Sumber: Dokumentasi Penulis



Gambar 5 Kondisi Fisik Sampel Uji Pasca Bakar

Sumber: Dokumentasi Penulis

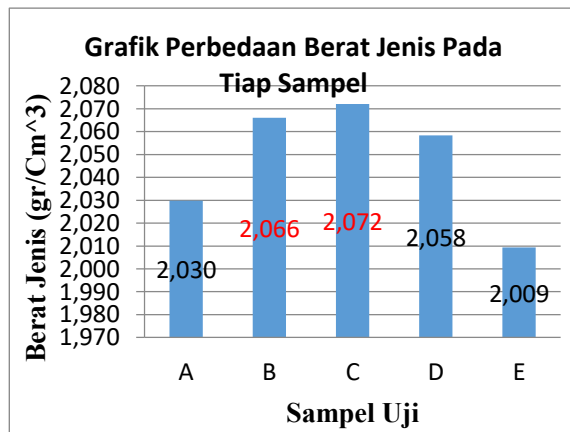
4.2 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

bahan uji memiliki volume yaitu 125 Cm^3 , oleh karena itu menghasilkan berat jenis yang bervariasi yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Berat Jenis Bahan Uji/Sampel

Tipe	Rata-Rata Berat Jenis (gr/Cm^3)
A	2.029
B	2.066
C	2.072
D	2.058
E	2,009

Seperti yang ditunjukkan pada tabel 6. Campuran sebesar 0,5% dan 1% memiliki bobot tertinggi yang dapat dilihat pada grafik 1.



Grafik 1 Perubahan Berat Jenis Pada Sampel

Berat jenis dan penyerapan air memiliki keterikatan untuk memprediksi penyebab dari massa tersebut menjadi besar atau kecil. Dapat dilihat pada tabel 6, persen penyerapan air pada masing - masing sampel dimana A, B, C, D, dan E Merupakan mortar dengan campuran 0%, 0,5%, 1%, 5%, dan 15%. Sedangkan angka 1, 2, 3, dan 4 mewakili lama waktu pembakaran secara berurutan 0 menit, 60 menit, 180 menit, dan 240 menit.

Berat jenis terbesar terjadi pada campuran 1% dan 0,5%.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tipe	Rata-Rata Berat Jenis (gr/Cm ³)	Rata-Rata Penyerapan Air Sebelum Pembakaran (%)
A 1	2.049	5.30%
A 2	1.976	3.62%
A 3	2.044	3.47%
A 4	2.051	4.52%
B 1	2.071	2.38%
B 2	2.019	2.50%
B 3	2.054	2.04%
B 4	2.120	2.00%
C 1	2.072	2.23%
C 2	2.032	2.14%
C 3	2.087	1.82%
C 4	2.098	1.93%
D 1	2.089	2.31%
D 2	1.999	1.26%
D 3	2.048	1.47%
D 4	2.097	1.43%
E 1	2,025	4,91%
E 2	1,993	2,18%

Pada tabel 7, penyerapan air pada material sesuai hasil eksperimen menunjukkan suatu penurunan dari setiap proporsi popok. Sampel yang memiliki porositas tinggi adalah sampel yang tidak ditambahkan popok. Dari rata rata sampel, Penyerapan air terkecil terjadi pada saat campuran sebesar 5%. Data hasil berat jenis dan penyerapan air *pasca* bakar dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasca Bakar

Tipe	Rata-Rata Berat Jenis (gr/Cm ³)	Rata-Rata Penyerapan Air Setelah Pembakaran %
A2	1.942	14.06%
A3	2.033	17.05%
A4	1.825	11.17%
B2	2.017	11.91%
B3	2.155	11.43%
B4	2.127	9.53%
C2	1.942	11.30%
C3	2.126	10.90%
C4	2.127	8.52%
D2	1.945	10.40%
D3	2.075	8.75%
D4	2.079	9.89%
E2	1.992	6.65%

4.3 Analisis Kuat Tekan

A Perubahan Kuat Tekan Pada Variasi Campuran Popok 0%

Untuk dapat melihat perubahan kuat tekan yang terjadi pada mortar dengan penambahan popok sebesar 0% dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar Tanpa Penambahan Popok

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
0 menit	28 Hari	31.17	29.97	100.00%
		27.33		
		31.41		
60 menit	28 Hari	32.33	34.59	115.42%
		33.93		
		37.52		
180 menit	28 Hari	34.52	33.13	110.53%
		33.57		
		31.29		
240 menit	28 Hari	28.89	28.98	96.71%
		27.85		

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
		30.21		

Sumber: Hasil Analisis Penulis 2023

B Perubahan Kuat Tekan Pada Variasi Campuran Popok 0,5%

Hasil pengujian mortar dengan penambahan campuran popok sebesar 0,5% dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar dengan penambahan popok 0,5%

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
0 menit	28 Hari	23.42	26.91	100.00%
		30.53		
		26.77		
60 menit	28 Hari	35.88	34.60	128.61%
		34.40		
		33.53		
180 menit	28 Hari	32.81	34.13	126.83%
		31.81		
		37.76		
240 menit	28 Hari	40.44	37.76	140.35%
		34.81		
		38.04		

C Perubahan Kuat Tekan Pada Variasi Campuran Popok 1%

Hasil pengujian mortar dengan penambahan campuran popok sebesar 1% dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar dengan penambahan popok 1%

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
0 menit	28 Hari	21.82	24.56	100.00%
		25.33		
		26.53		

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
60 menit	28 Hari	29.93	30.48	124.08%
		33.65		
		27.85		
180 menit	28 Hari	30.77	30.70	125.00%
		30.97		
		30.37		
240 menit	28 Hari	34.92	35.00	142.52%
		35.20		
		34.88		

Sumber: Hasil Analisis Penulis 2023

D Perubahan Kuat Tekan Pada Variasi Campuran Popok 5%

Hasil pengujian mortar dengan penambahan campuran popok sebesar 5% dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar dengan penambahan popok 5%

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerata Mpa	Kekuatan Sisa
0 menit	28 Hari	16.26	16.56	100.00%
		15.74		
		17.66		
60 menit	28 Hari	21.10	22.04	133.15%
		21.42		
		23.62		
180 menit	28 Hari	20.82	22.46	135.64%
		23.78		
		22.78		
240 menit	28 Hari	22.70	22.75	137.41%
		21.18		
		24.38		

E Perubahan Kuat Tekan Pada Variasi Campuran Popok 15%

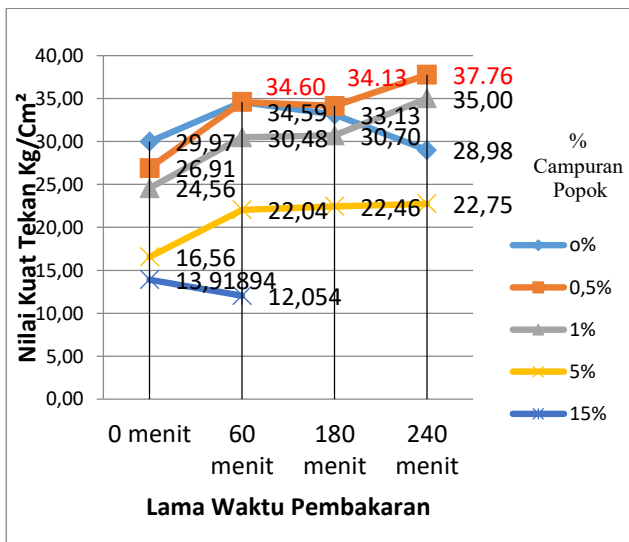
Hasil pengujian mortar dengan penambahan campuran popok

sebesar 15% dapat dilihat pada tabel 13.

Tabel 13 Hasil Uji Kuat Tekan Mortar dengan penambahan popok 15%

Lama Waktu Pembakaran	Umur	Kuat Tekan (Mpa)	Rerat a Mpa	Kekuatan Sisa
0 menit	28 Hari	15.46	13.92	100.00%
		10.83		
		15.46		
60 menit	28 Hari	8.55	12.05	86.60%
		13.67		
		13.95		

Selain ditinjau dari perubahan kuat tekan tiap campuran, dapat dilihat juga perubahan kuat tekan yang terjadi pada setiap lama pembakaran pada tabel 13. Untuk melihat perbedaan kuat tekan pada variasi pembakaran tiap campuran dapat dilihat grafik 2.



Grafik 2 Rekap Perbandingan Nilai Kuat Tekan terhadap lama waktu pembakaran

Campuran 0,5% popok dapat mempertahankan nilai kuat tekan dengan lebih baik dibandingkan dengan

mortar konvensional ataupun dengan persen campuran popok lainnya. Hal ini dapat dilihat pada grafik dengan angka kuat tekan tertinggi saat pembakaran selama 60 sampai 240 menit.

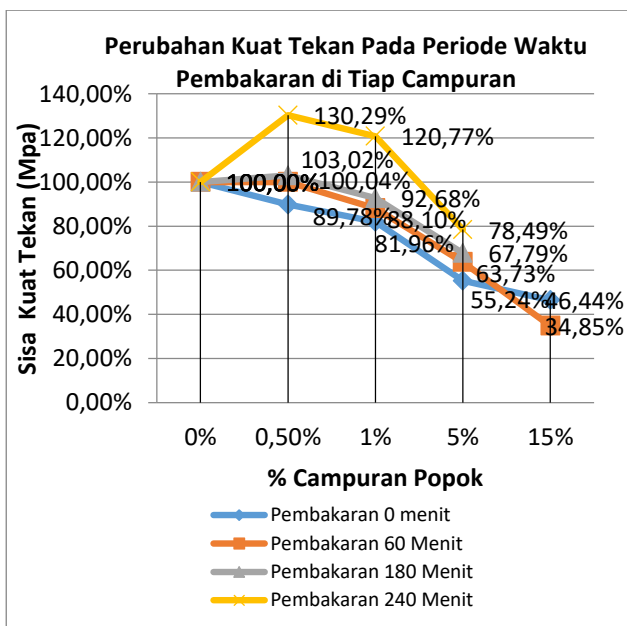
Pembakaran tersebut tentunya mengakibatkan terjadinya degradasi pada komponen penyusunnya, sehingga memiliki perbedaan nilai kuat tekan dari kondisi normal (tanpa bakar) yang dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14 Perubahan Kuat Tekan Terhadap Campuran Tanpa Popok

Lama Waktu Pembakaran	Penambahan Popok (%)	Umur (Hari)	Kuat Tekan (Mpa)	Kekuatan Sisa (%)
0 menit	0	28	29.97	100.00
	0,5	28	26.91	89.78
	1	28	24.56	81.96
	5	28	16.56	55.24
	15	28	13.92	46.44
60 menit	0	28	34.59	100.00
	0,5	28	34.60	100.04
	1	28	30.48	88.10
	5	28	22.04	63.73
	15	28	12.05	34.85
180 menit	0	28	33.13	100.00
	0,5	28	34.13	103.02
	1	28	30.70	92.68
	5	28	22.46	67.79
	15	28	12.05	34.85
240 menit	0	28	28.98	100.00
	0,5	28	37.76	130.29
	1	28	35.00	120.77
	5	28	22.75	78.49
	15	28	12.05	34.85

Kondisi sisa kuat tekan yang ditunjukkan pada tabel 14 relatif turun, hanya beberapa campuran yang dapat mempertahankan nilai kuat tekannya

dengan baik. Pada pembakaran selama 0 menit mortar tanpa campuran popok memiliki nilai kuat tekan yang paling tinggi. dengan selisih terkecil yaitu antara campuran 0% dan 0,5% dengan nilai selisih 10,22%. Pada data tersebut, dua campuran dengan popok terjadi peningkatan nilai kuat tekan terhadap campuran tanpa popok, ada pun penurunan kuat tekan akibat pembakaran. Perubahan tersebut akan terlihat lebih jelas pada grafik 3.



Grafik 3 Perubahannya Kuat Tekan Terhadap % Penambahan Popok

Pada pembakaran selama 60 menit, mortar dengan campuran popok sebesar 0,5 % mengalami peningkatan dibanding mortar dengan campuran popok sebesar 0%. Sedangkan pada mortar dengan campuran 1%, 5%, dan

15% nilai kuat tekan mulai menurun dengan selisih yang cukup besar.

Sama halnya dengan pembakaran selama 60 menit, pembakaran selama 180 menit pun memiliki peningkatan kuat tekan pada mortar dengan campuran 0,5%.

Selain itu, pada lama pembakaran 240 menit tidak hanya terjadi peningkatan kuat tekan pada mortar dengan campuran 0,5% juga terjadi peningkatan kekuatan pada mortar dengan campuran 1% dengan selisih peningkatan 20,77% meskipun tidak setinggi mortar dengan campuran 0,5% yang memiliki nilai selisih 30,29% dari mortar dengan campuran popok 0%.

Grafik 3. Menunjukkan tren menurun yang lebih dominan dari pada peningkatan yang hanya terjadi pada mortar dengan campuran popok sebesar 0,5%. Hal ini dibuktikan dengan pembakaran selama 60 menit, 180 menit, dan 240 menit, grafik sisa kuat tekan terhadap proporsi campuran popok terus menurun setelah campuran popok lebih dari 0,5%. Meskipun hal ini berbeda dengan tren sisa kuat tekan tanpa pembakaran yang terus menurun, dapat disimpulkan bahwa dengan campuran popok sebesar 0,5% dapat mempertahankan suhu dengan baik

dibandingkan dengan mortar tanpa campuran popok atau 0% dan juga dengan campuran popok $\geq 1\%$.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Dari empat komposisi campuran, tiga diantaranya memiliki nilai kuat tekan yang baik setelah dibakar selama 0 sampai 240 menit. Nilai kuat tekan campuran 0,5% meningkat dari 26,91 Mpa menjadi 37,76 Mpa, campuran 1% meningkat dari 24,56 Mpa menjadi 35 Mpa, dan campuran 5% meningkat dari 16,56 Mpa menjadi 22,75 Mpa. Sebaliknya, campuran popok sebesar 15% mengalami penurunan nilai kuat tekan 13,92 Mpa menjadi 12,05 Mpa pada pembakaran selama 0 sampai 60 menit.
2. Dari enam variasi campuran, lima campuran yang dapat dilanjutkan untuk dilakukan pengujian, sedangkan satu campuran tidak dapat terbentuk menjadi struktural yang utuh dan tidak dapat dilakukan uji kuat tekan. Perubahan fisik yang terjadi pada material komposit setelah

pembakaran dari 0 sampai 240 menit membuat material berubah warna menjadi putih kecoklatan. Selain itu, perubahan yang terjadi pada sifat mekanis dengan campuran popok sebesar 0,5%, 1%, dan 5% membuat nilai kuat tekan dari material meningkat, sedangkan campuran sebesar 15% membuat sifat mekanis material menurun sejak pembakaran 60 menit. Dari empat campuran yang menggunakan popok, 75% menunjukkan perubahan nilai kuat tekan yang baik setelah dibakar dan 25 % menunjukkan penurunan nilai kuat tekan. Perubahan nilai kuat tekan setelah dibakar dengan tiga campuran yang berhasil dilakukan uji kuat tekan memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan material mortar tanpa campuran popok.

3. Material komposit memiliki hasil yang optimal terhadap api pada campuran popok sebesar 0,5% dengan nilai kuat tekan tertinggi pada saat pembakaran selama 240 menit sebesar 37,76 Mpa sedangkan hasil terendah terjadi pada kondisi tanpa pembakaran dengan nilai kuat tekan 26,91 Mpa

persentase perubahan tersebut sebesar 40,35% dari kondisi tanpa pembakaran.

5.2 Saran

Selesainya penelitian ini tentunya ada harapan, baik dalam implementasi hasil penelitian dan juga pengembangan teknologi, diantaranya yaitu:

- 1 Dengan adanya penelitian ini, diharapkan masyarakat dapat menjadikan mortar dengan campuran popok sekali pakai sebagai material alternatif tanpa perlu khawatir terhadap kondisi mortar jika terkena suhu yang tinggi. Sehingga dapat membantu mengurangi limbah popok yang ada di Indonesia.
- 2 Dari hasil penelitian ini, peneliti merekomendasikan untuk penelitian lebih lanjut dengan menambahkan parameter suhu dan waktu pembakaran yang lebih lama sehingga dapat melihat batas maksimal dari pengaruh suhu terhadap mortar dengan campuran popok.

DAFTAR PUSTAKA

Adriel. (2020). Pemanfaatan Popok Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving Block .

Jurnal Rekayasa Lingkungan, 29-35.

Cornelis, Y. d. (2014). Kajian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Dengan Dan Tanpa Perendaman Berdasarkan Variasi Mutu Beton. Jurnal Teknik Sipil, 161-172.

Gibson. (1994). *Principle Of Composite Materials Mechanics Mc Graw-Hills*. Singapur.

S Zuraida, B. J. (2021). *Calculation formula in determining recycling of disposable diapers waste as concrete composite. Earth and Environmental Science*. IOP Publishing.

SNI-03-6882-2002. (2002). Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan. .

Tjokrodimulyo, K. (2007). Pengujian Laboratorium Beton Pasca Bakar. Yogyakarta: UGM.