



**PILARS**

JURNAL SIPIL  
DAN ARSITEKTUR

OPEN ACCESS



**E-ISSN 2988-5973**

# JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR



<b>PILARS</b>	<b>Volume 2</b>	<b>Nomor 2</b>	<b>Juni 2024</b>	<b>Hal 1-56</b>	<b>Semarang-Jawa Tengah</b>
---------------	---------------------	----------------	------------------	-----------------	---------------------------------



Departemen Sipil dan Perencanaan  
Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro  
Semarang - Jawa Tengah  
Jl. Gubernur Mochtar, Tembalang, Kecamatan Tembalang,  
Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

# JURNAL SIPII DAN ARSITEKTUR



Volume 2 Nomor 2 Juni 2024

Ketua Editor	: Asri Nurdiana, S.T., M.T.	(UNDIP)
Dewan Editor	: Oky Kurnia Putra, S.T.	(UNDIP)
Dewan Redaksi	: Drs. Hartono, M.T.	(UNDIP)
	Riza Susanti, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Shifa Fauziyah, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Previari Umi Pramesti, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Ratih Widiastuti, S.T., M.T.	(UNDIP)
Dewan Reviewer	: Bambang Setiabudi, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Dr. Arnis Rochma Harani, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Dr. Resza Riskiyanto, S.T., M.T.	(UNDIP)
	Ir. M. Mirza Abdillah Pratama, S.T., M.T.	(UNM)
	Helen Gianditha Wayangkau	(UNCEN)

Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur (PILARS) merupakan jurnal terbuka berfokus pada karya ilmiah di bidang teknik sipil dan arsitektur. Jurnal PILARS terbit sebanyak 4 kali dalam satu tahun (Maret, Juni, September, dan Desember). Redaksi menerima artikel ilmiah terkait dengan hasil penelitian dan survei yang erat kaitannya dengan bidang teknik sipil dan arsitektur. Submit artikel melalui laman *website* <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars/index>.

Penerbit :  
Departemen Sipil dan Perencanaan

Alamat :  
Departemen Sipil dan Perencanaan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Jl. Gubernur Mochtar, Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 5027

# JURNAL SIPIL DAN ARSITEKTUR

Volume 2 Nomor 2 Juni 2024

---

## DAFTAR ISI

1. Panel Dinding Pracetak dari Limbah Pukat dan Serabut Kelapa Berlapis *Resin Polyester* dengan Motif *Design Glow In The Dark*  
(*Mia Sofiatu Solikah, Riza Susanti, Shifa Fauziyah*) ..... 1-10
2. *Eco Puzzle Brick* Kedap Air Sistem *Interlock* dengan Substitusi Limbah Plastik  
(*Fajar Kurniawan, Alan Victor Zuhurf Ashari, Shifa Fauziyah, Riza Susanti*) ..... 11-17
3. Pengaruh Penggunaan Serat Kulit Jagung dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Asbes Plafon  
(*Arizal Fadli Fitrianto., Hartono, Asri Nurdiana*) ..... 18-24
4. Pemanfaatan Limbah *High Density Polyethylene (HDPE) Geomembrane* Sebagai Campuran Beton Normal  
(*Agus Hendrayana, Riza Susanti, Shifa Fauziyah*) ..... 25-34
5. 35\_40\_Juni 2024\_Pemanfaatan Limbah Kulit Tiram Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Bata Ringan  
(*Saddam S., Tommi Akbar P., Shifa Fauziyah, Hartono*) ..... 35-40
6. Modifikasi Kereb dengan Inovasi Fitur *Self-Glow* Melalui Penambahan *Fosforence* dan *Glass Bead*  
(*Reza A., Riskina Wilosa S., Riza Susanti, Asri Nurdiana*) ..... 41-49
7. Penggunaan Kapur Tohor dan Abu Vulkanik pada Bata Ringan Terhadap Berat Jenis, Daya Serap Air, dan Kuat Tekan  
(*Hafizh F., Muhmad Iqbal P., Shifa Fauziyah, Bambang S.*) ..... 50-56



## Panel dinding pracetak dari limbah pukat dan serabut kelapa berlapis resin polyester dengan motif *design glow in the dark*

Mia Sofiatius Solikah<sup>a\*</sup>, Riza Susanti<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>

<sup>a\*, b, c</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[miasofiatuss@gmail.com](mailto:miasofiatuss@gmail.com)

#### Article history:

Received : 23 August 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Glow in the Dark, Limbah Pukat, Panel Dinding

### ABSTRACT

*Using concrete blocks, light bricks, red bricks, thick plastering, and action affects the cost budget. This encouraged the author to create wall panels that are ready to install and do not require mortar mix in finishing. Along with this, trawl and coconut fiber waste were the main materials used in making wall panels, and an additional M6 wire mesh iron was used as reinforcement for the construction. The outermost layer was coated with SHCP 2668 clear polyester resin and catalyst combined with phosphorus strontium aluminate powder and metallic pigment coloring. The method used in this research is the experimental method by making four compositional comparisons for each test with three test objects each. The results of this study are the most optimum composition in a mixture of 1.5: 2.75: 1.5, which has a compressive strength of 13.5 N/mm<sup>2</sup> and flexural strength of 2.49 N/mm<sup>2</sup> by SNI 03-3122-1992, is ductile, reflective, has a sound absorption of 0.290 dB by ISO10534-2 testing: 1998, water absorption (DSA) of 0.91% by SNI 03-0349-1989, fire resistance at a rate of 0.22 mm/second by modified SNI 1741-2008 testing, able to emit light for 2-3 hours from a 20-minute lighting source by JIS Z 9107 and JIS Z 9095 testing, and has a lower price than other wall panels.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Panel dinding digunakan sebagai material pengisi dalam pembangunan konstruksi rumah atau gedung. Panel dinding pabrikasi saat ini diminati karena mudah dan lebih cepat dalam penerapan. Inovasi terkait panel dinding yang terbuat dari berbagai bahan sudah banyak ditemui. Namun hingga saat ini, material panel dinding yang beredar di pasaran masih memerlukan finishing dari mortar untuk plesteran, acian, lalu pengecatan yang berlapis-lapis serta pemasangan yang kurang presisi. Seperti contoh pada jurnal penelitian dengan judul Karakteristik Mekanik Campuran Panel Dinding Berbahan Dasar Metakaolin dan Serat Bambu (Paulus, 2022) dan Perancangan Panel Dinding Ringan Berbahan Botol Plastik Metode Komponen Sandwich (Liody, 2017).

Berdasarkan hasil pengamatan di Kabupaten Rembang, Jawa Tengah, mayoritas penduduk yang berprofesi sebagai nelayan menggunakan pukat atau jaring dalam aktivitas mencari ikan. Jumlah penduduk Kabupaten Rembang sebanyak 651,704 jiwa, berasal dari 14 kecamatan dan memiliki letak wilayah yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa (DUKCAPIL, 2022). Rembang juga memiliki panjang pantai ±62 Km sehingga tidak heran apabila penduduk pesisir pantai Rembang banyak yang berprofesi sebagai pelaut dan bertempat tinggal di sekitarnya (DPMPTSPNAKER, 2021). Aktivitas mencari ikan menggunakan pukat merupakan hal yang sering dilakukan oleh para nelayan. Pukat tidak selamanya awet sehingga pukat yang rusak parah akan dibiarkan begitu saja sebagai sampah. Pukat dalam jumlah besar, sampah pukat akan sulit terurai sehingga perlu adanya tindakan daur ulang untuk menghasilkan barang yang lebih bermanfaat.

Pukat atau jaring yang digunakan oleh nelayan penangkap ikan skala besar pada umumnya jenis polyamide atau nylon twine. Bahan benang nilon memiliki kekuatan tinggi serta mudah melepaskan air dibandingkan bahan kuralon, teteron maupun *polyester* sehingga benang ini memiliki ketahanan dan kemudahan dalam penanganannya (Slamet, 1976). Sama halnya dengan limbah pukat, serabut kelapa yang berasal dari limbah penjual kelapa muda maupun pengepul kelapa yang dibuang begitu saja, padahal apabila dimanfaatkan lebih lanjut akan menghasilkan berbagai macam produk seperti beton busa kombinasi serat sabut kelapa (Venny, 2020).

Kandungan dari limbah pukat dan serabut kelapa yang masing-masing memiliki kekuatan dan daya tahan tinggi, maka akan digunakan untuk membuat panel dinding yang dikombinasikan dengan pasir agar menghasilkan panel dinding yang kuat, berkualitas, dan tentunya efisien baik dari segi biaya, waktu, dan pemasangan. Perpaduan beberapa unsur yaitu unsur seni, budaya, dan infrastruktur menjadi keunggulan pembuatan produk SF Panel Dinding pracetak. Unsur seni akan terdapat pada lapisan terluar panel dinding, unsur budaya yang terinspirasi dari budaya nelayan Rembang, dan unsur infrastruktur yang merupakan inovasi material panel dinding dari limbah padat. Perpaduan tersebut, selanjutnya akan dilakukan sebuah penelitian untuk membuktikan kekuatan dan kualitas dari *Sunflow* Panel Dinding serta perbandingan biaya pemasangan antara panel dinding beton ringan dan panel dinding inovasi.

## 2. Data dan metode

Rancangan penelitian berupa benda uji berbentuk mortar kubus berukuran 5cm x 5cm x 5cm untuk pengujian kuat tekan vertikal, daya serap air (DSA), dan uji ketahanan api. Benda uji untuk pengujian kuat lentur horizontal dan absorpsi suara menggunakan benda uji dengan ukuran 11cm x 16cm x 1cm. Benda uji untuk pengujian pendaran cahaya (*afterglow*) dari campuran resin polyester SHCP 2668, katalis, dan fosfor strontium aluminate berukuran 11cm x 16cm x 0,25cm. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik jurusan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang dan Laboratorium S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Waktu pelaksanaan penelitian selama 3 bulan yang dimulai dari bulan Mei 2023 hingga Juli 2023. Inovasi bahan tambahan pembuatan panel dinding yang berasal dari limbah pukat dan limbah serabut kelapa dengan lapisan luar resin polyester yang diberi efek *glow in the dark* dari fosfor strontium aluminate untuk mendapatkan panel dinding tanpa finishing serta sesuai dengan SNI 03-3122-1992, ISO 10534-2:1998, SNI 03-0349-1989, SNI 1741-2008, JIS Z 9107 dan JIS Z 9095. Berdasarkan pengujian panel dinding yang akan dilakukan, maka metode yang diperlukan harus tepat dan sesuai dengan standar. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental dengan analisa kuantitatif dengan perencanaan job mix design digunakan untuk membuat formula core panel dinding yang berasal dari limbah pukat, limbah serabut kelapa, dan pasir. Perencanaan ini menggunakan pedoman atau acuan dari SNI 03-3122-1992, ISO 10534-2:1998, SNI 03-0349-1989, dan SNI 1741-2008. Berikut merupakan rancangan job mix design panel dinding dari limbah pukat dan serabut kelapa dengan penamaan pasir (P), limbah pukat (Pk), dan limbah serabut kelapa (Sk). Adapun *job mix design* disajikan pada Tabel 1 sedangkan *mix design* pengujian *afterglow* disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** *Mix Design* Pengujian SF Panel

No.	Pengujian	Referensi	Kode Benda Uji	Perbandingan (P : Pk : Sk)	Dimensi (cm)	Jumlah
1.	Uji Kuat Tekan	SNI 03-3122-1992	SF1a	1 : 3,25 : 1	5x5x5	3
			SF2a	1,5 : 2,75 : 1,5		3
			SF3a	2,25 : 2,5 : 1		3
			SF4a	1 : 2,5 : 2,25		3
			Total			12
2.	Uji Kuat Lentur	SNI 03-3122-1992	SF1b	1 : 3,25 : 1	10x15x1	3
			SF2b	1,5 : 2,75 : 1,5		3
			SF3b	2,25 : 2,5 : 1		3
			SF4b	1 : 2,5 : 2,25		3
			Total			12
3.	Uji Absorpsi Suara	ISO 10534-2:1998	SF1b	1 : 3,25 : 1	10x15x1	3
			SF2b	1,5 : 2,75 : 1,5		3
			SF3b	2,25 : 2,5 : 1		3

No.	Pengujian	Referensi	Kode Benda Uji	Perbandingan (P : Pk : Sk)	Dimensi (cm)	Jumlah
4.	Uji Daya Serap Air (DSA)	SNI 03-0349-1989	SF4b	1 : 2,5 : 2,25	5x5x5	3
			Total			12
			SF1c	1 : 3,25 : 1		3
			SF2c	1,5 : 2,75 : 1,5		3
			SF3c	2,25 : 2,5 : 1		3
			SF4c	1 : 2,5 : 2,25		3
		Total		12		
5.	Uji Ketahanan Api	SNI 1741-2008	SF1c	1 : 3,25 : 1	5x5x5	3
			SF2c	1,5 : 2,75 : 1,5		3
			SF3c	2,25 : 2,5 : 1		3
			SF4c	1 : 2,5 : 2,25		3
						Total

**Tabel 2.** *Mix Design* Pengujian *Afterglow*

No.	Pengujian	Referensi	Kode Benda Uji	Perbandingan (Rs : k : Fs)	Dimensi (cm)	Jumlah
1.	Uji Pendaran Cahaya ( <i>Afterglow</i> )	JIS Z 9107 dan JIS Z 9095	SF1d	100gr : 1gr : 1gr	11x16x0,2	3
			SF2d	100gr : 1gr : 3gr		3
			SF3d	100gr : 1gr : 4gr		3
			SF4d	100gr : 1gr : 5gr		3
						Total
Total Keseluruhan (SFa + SFb + SFc + SFd)						48

Kadar campuran dari masing-masing bahan selanjutnya digunakan menjadi *mix design* setiap sampel benda uji. Benda uji dengan kode SFb digunakan dalam dua kali jenis pengujian, yaitu Uji Kuat Lentur Horizontal dan Uji Absorpsi Suara. Hal ini dilakukan karena pada pengujian absorpsi suara tidak ditemukan bekas kerusakan/ cacat benda uji sehingga benda uji dapat digunakan untuk pengujian kuat lentur horizontal. Benda uji dengan kode SFc digunakan dalam dua kali jenis pengujian, yaitu pengujian Daya Serap Air (DSA) dan Uji Ketahanan Api. Hal ini dilakukan karena pada pengujian pertama tidak menimbulkan kerusakan sehingga benda uji digunakan kembali untuk pengujian kedua yaitu pengujian ketahanan api.

Langkah-langkah dalam pembuatan panel dinding inovasi dilakukan dengan melelehkan limbah pukat menggunakan panci dan kompor. Apabila dalam skala besar menggunakan alat khusus untuk melelehkan limbah plastik. Beri sedikit oli agar tidak terlalu lengket pada panci. Masukkan limbah serabut kelapa dan pasir sesuai dengan takaran. Setelah semua bahan tercampur, tuang bahan ke cetakan uji. Tunggu hingga mengeras dan masukkan ke dalam air selama 15 menit kemudian keluarkan dari cetakan. Perawatan benda uji setelah dikeluarkan dari cetakan diletakkan pada tempat yang aman agar tidak terkorosi oleh partikel logam atau benda lainnya yang dapat merusak benda uji. Diamkan selama 1 x 24 jam. Masing-masing benda uji yang telah kering, masukkan dalam cetakan untuk pemberian campuran resin polyester yang telah dicampur dengan *pigment* resin dan campuran lain dengan fosfor strontium aluminate sesuai dengan takaran yang telah direncanakan. Lapisan resin polyester dibuat dengan ketebalan masing-masing sisi yaitu dua millimeter. Letakkan pada area aman dan jangan langsung terkena sinar matahari, tunggu hingga kering atau selama 2x24 jam. Lepas bekisting cetakan dengan hati-hati. Haluskan lapisan resin polyester menggunakan rampelas dengan ukuran yang berbeda-beda mulai dari rampelas kasar hingga rampelas yang paling halus hingga mengkilat agar hasilnya maksimal.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Pengujian densitas (Massa Jenis)

Pengujian kuat tekan SF Panel dilakukan pada campuran mortar yang terdiri dari pasir, limbah pukat, dan limbah serabut kelapa dengan perbandingan masing-masing komposisi yaitu (1:3,25:1) , (1,5:2,75:1,5) , (2,25:2,5:1) , dan (1:2,5:2,25). Setiap variasi dibuat 3 buah benda uji berukuran 5cm x 5cm x 5cm untuk mengetahui komposisi terbaik yang menghasilkan kuat tekan paling maksimal. Pengujian dilakukan ketika benda uji berumur 7 hari. Adapun hasil pengujian kuat tekan SF panel disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kuat Tekan SF Panel

Sampel	Kode Sampel	Umur Benda Uji (Hari)	Luas Penampang (cm <sup>2</sup> )	Berat (Kg)	Tekanan (KN)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Konversi Terhadap Umur	Kuat Tekan 28 Hari (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-Rata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm <sup>2</sup> )	SNI 03-3122-1992 Mutu A (N/mm <sup>2</sup> )
SF1a	1	3	25	0,147	8,667	35,3496	0,65	54,384	62,8	6,1	Minimum 4,44
	2	3	25	0,146	9,667	39,4284	0,65	60,659			
	3	3	25	0,137	11,667	47,5860	0,65	73,209			
SF2a	1	3	25	0,153	21,667	88,3740	0,65	135,960			13,5
	2	3	25	0,157	22,333	91,0932	0,65	140,143	138,1		
	3	3	25	0,146	22,000	89,7336	0,65	138,051			
SF3a	1	3	25	0,129	14,000	57,1032	0,65	87,851			8,5
	2	3	25	0,130	12,000	48,9456	0,65	75,300	87,2		
	3	3	25	0,129	15,667	63,9012	0,65	98,309			
SF4a	1	3	25	0,125	9,333	38,0688	0,65	58,567			5,5
	2	3	25	0,134	8,667	35,3496	0,65	54,384	55,8		
	3	3	25	0,144	8,667	35,3496	0,65	54,384			

Mengacu pada tabel 3. hasil uji kuat tekan SF Panel paling baik berada pada sampel benda uji SF2a dengan rata-rata kuat tekan 13,5 Mpa atau sama dengan 138,1 Kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan didapatkan dari hasil konversi umur benda uji saat berumur 7 hari. Sesuai dengan standar SNI mutu panel dinding beton berserat dengan rata-rata 4,44 hingga 4,93 pada mutu A panel dinding menunjukkan bahwa SF panel memiliki kuat tekan tinggi yang mampu melebihi SNI panel dinding beton berserat. Hal ini disebabkan oleh bahan susun atau material yang digunakan (Ermiyati, 2023). Campuran limbah pukat, serabut kelapa, dan pasir yang saling mengikat dengan sangat baik pada perkuatan besi wiremesh 6mm membuat panel dinding ini mampu menahan beban aksial yang diberikan dengan sangat baik melebihi standar rata-rata SNI 03-3122-1992.

### 3.2. Hasil uji kuat lentur

Pengujian kuat lentur SF Panel dilakukan untuk mengetahui nilai kuat lentur sampel dari masing-masing campuran. Adapun hasil pengujian kuat lentur SF panel disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Uji Kuat Lentur SF Panel

Sampel	Kode Sampel	Berat Benda Uji (gr)	Panjang Awal (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Beban Maksimal Spesimen (KN)	Beban Maksimal Spesimen (Kg)	Kuat Lentur (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Lentur Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Lentur Rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )	SNI 03-3122-1992 Mutu A (N/mm <sup>2</sup> )
SF1b	1	146,97	15	10	1	0,90	91,773	206,489			Minimum 1,64
	2	146,01	15	10	1	0,84	85,655	192,723	214,902	2,11	
	3	136,59	15	10	1	1,07	109,108	245,493			
SF2b	1	153,37	15	10	1	1,01	102,990	231,727			2,49
	2	156,59	15	10	1	1,18	120,325	270,730	253,905		
	3	145,84	15	10	1	1,13	115,226	259,259			
SF3b	1	129,30	15	10	1	0,88	89,734	201,901			1,94
	2	129,76	15	10	1	0,85	86,675	195,018	198,077		
	3	129,08	15	10	1	0,86	87,694	197,312			
SF4b	1	125,17	15	10	1	0,77	78,517	176,663			1,59
	2	133,70	15	10	1	0,70	71,379	160,603	162,132		
	3	143,89	15	10	1	0,65	66,281	149,131			

Tabel 4 menunjukkan hasil uji kuat lentur SF Panel paling maksimum berada pada sampel benda uji SF2b dengan rata-rata kuat lentur 2,49 N/mm<sup>2</sup> dengan kenaikan sebesar 26,4% dari rata-rata kuat lentur SNI. Kuat lentur didapatkan dari hasil konversi umur benda uji berumur 7 hari. Sesuai dengan standar SNI mutu panel dinding beton berserat dengan rata-rata 1,64 N/mm<sup>2</sup> menunjukkan bahwa SF Panel memiliki kuat lentur yang mampu melebihi SNI panel dinding beton berserat. Penambahan besi *wiremesh* 6 mm efektif mampu menjadikan panel dinding lebih daktil (Tiyani, 2019). Namun pada sampel uji SF3 dan SF4 terjadi penurunan sebesar 1,4% dan 19% dari rata-rata SNI. Terlalu banyak serat serabut kelapa daripada komponen komposit lainnya membuat benda uji tersebut lebih rapuh (Venny, 2020).

### 3.3. Hasil uji absorpsi suara

Pengujian absorpsi suara SF Panel dilakukan untuk mengetahui nilai optimum daya serap suara sampel dari masing-masing campuran pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Uji Absorpsi Suara SF Panel

Sampel x (cm)	Frekuensi (Hz)	I <sub>o</sub> (dB)	I (dB)			I rata-rata	Koefisien Absorpsi Suara	Referensi
			1	2	3			
SFb1	1	50	53,9	46,9	46,7	48,1	47,23	0,132
	1	80	62,1	51,7	53,09	52,3	52,36	0,171
	1	120	68,8	66,4	64,5	63,7	64,87	0,059
	1	250	78,9	67,1	76,3	77	73,47	0,071
	1	500	89,7	77,9	78,1	78,2	78,07	0,139
	1	1000	99,3	85,2	89,3	88,1	87,53	0,126
	1	2000	110,2	90,1	91	92,1	91,07	0,191
	1	5000	120,1	100,5	101,3	105,3	102,37	0,160
	1	10000	125,5	110,4	104,5	105,8	106,90	0,160
	1	16000	132,9	120,3	103,4	103,8	109,17	0,197
SFb2	1	50	53,9	44,3	45,2	45,1	44,87	0,183
	1	80	62,1	50,9	51,5	49,8	50,73	0,202
	1	120	68,8	59,1	59,3	53,3	57,23	0,184
	1	250	78,9	67,3	70,4	72,6	70,10	0,118
	1	500	89,7	72,3	79	79,1	76,80	0,155
	1	1000	99,3	80,1	79,7	84,2	81,33	0,200
	1	2000	110,2	85,3	86,01	85,9	85,74	0,251
	1	5000	120,1	87,9	90,7	90,9	89,83	0,290
	1	10000	125,5	93,7	95,1	93,5	94,10	0,288
	1	16000	132,9	98,7	97,9	96,8	97,80	0,284
SFb3	1	50	53,9	46,3	49,2	49,1	48,20	0,112
	1	80	62,1	50,9	51,5	49,8	50,73	0,202
	1	120	68,8	66,4	64,5	63,7	64,87	0,059
	1	250	78,9	74,3	70,4	72,6	72,43	0,086
	1	500	89,7	78,8	83,7	82,7	81,73	0,093
	1	1000	99,3	80,8	85,7	83,5	83,33	0,175
	1	2000	110,2	87,9	86,1	86,7	86,90	0,238
	1	5000	120,1	90,3	91,5	90,9	90,90	0,279
	1	10000	125,5	95,7	96,4	95,5	95,87	0,269
	1	16000	132,9	101,5	100,7	101,9	101,37	0,271
SFb4	1	50	53,9	46,3	49,2	49,1	48,20	0,112
	1	80	62,1	58,1	55,3	53,3	55,57	0,111
	1	120	68,8	60	61,2	60,9	60,70	0,125
	1	250	78,9	70,4	74,5	73,7	72,87	0,080
	1	500	89,7	86,6	84,9	81,8	84,43	0,061
	1	1000	99,3	90,7	89,2	88,6	89,50	0,104
	1	2000	110,2	95,1	94,9	91,5	93,83	0,161
	1	5000	120,1	97,2	98,3	97,9	97,80	0,205
	1	10000	125,5	104,2	103,4	103,8	103,80	0,190
	1	16000	132,9	110,4	104,5	105,8	106,90	0,218

ISO 03-0349-1989

Tabel 5 menunjukkan hasil uji absorpsi suara atau daya serap suara pada panel dinding menunjukkan bahwa dari ke empat sampel yang diuji, nilai optimum terdapat pada benda uji SF2b dengan koefisien berkisar 0,1Hz hingga 0,29Hz. Bahan yang digunakan dalam pembuatan panel dinding berpengaruh terhadap daya serap yang diterima (Ermiyati, 2023). Kenaikan dan penurunan penyerapan suara yang ditunjukkan pada grafik 4.3 membuktikan bahwa panel dinding ini bersifat reflektif. Bertambahnya nilai koefisien penyerapan suara yang terjadi seiring meningkatnya frekuensi suara terjadi akibat SF panel terbuat dari material yang memiliki sifat sama dengan plastik. Material plastik tidak berfungsi sebagai penyerap suara karena permukaannya yang licin, namun kepadatan material plastik mampu mengurangi suara yang masuk ke dalam maupun ke luar ruangan (Kurniasari, 2019). Ila densitas yang dihasilkan tersebut rendah maka hasil kuat tekan yang didapatkan juga akan rendah.

### 3.4. Hasil uji daya serap air

Pengujian daya serap air SF Panel dilakukan untuk mengetahui nilai minimum serapan air sampel dari masing-masing campuran. Adapun hasil uji daya serap air SF Panel disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Uji Daya Serap Air SF Panel

Nama	Kode Sampel	B1	B2 2 Jam	B2 24 Jam	DSA 2 Jam	DSA 2 jam (%)	DSA 24 Jam (%)	DSA 24 jam (%)	Referensi
SFc1	1	146,97	147,59	148,66	0,42		1,149895		
	2	146,01	146,76	147,05	0,51	0,42	0,71228	1,13	
	3	136,59	137,02	138,66	0,31		1,515484		
SFc2	1	153,37	154,11	154,51	0,48		0,743301		SNI 03- 0349- 1989
	2	156,59	156,90	157,86	0,20	0,44	0,811035	0,91	
	3	145,84	146,77	147,54	0,64		1,165661		
SFc3	1	129,30	130,07	131,35	0,60		1,58546		Mutu I maksimal 25%
	2	129,76	130,98	131,43	0,94	0,69	1,286991	1,37	
	3	129,08	129,77	130,67	0,53		1,231794		
SFc4	1	125,17	125,60	126,01	0,34		0,671087		
	2	133,70	133,92	135,08	0,16	0,36	1,032162	1,04	
	3	143,89	144,70	145,92	0,56		1,4108		

Tabel 6 menunjukkan hasil uji daya serap air pada panel dinding menunjukkan bahwa dari ke empat sampel yang diuji memiliki daya serap air yang sangat baik. Nilai minimum serapan air terdapat pada benda uji SFc2 dengan DSA 0,91% penyerapan setelah dilakukan perendaman selama 24 jam. Hal ini terpaut jauh dari standar SNI yaitu maksimal penyerapan air yang dimiliki setiap material sebesar 25%. Bahan yang digunakan dalam pembuatan panel dinding berpengaruh terhadap daya serap air (Ermiyati, 2019). Panel dinding yang terbuat dari limbah pukat yang memiliki sifat tahan air sama seperti plastik membuat panel ini tidak banyak menyerap air. Kadar plastik yang berada dalam setiap material akan menurunkan tingkat penyerapan benda uji (Sultan, 2020).

### 3.5. Hasil uji ketahanan api

Pengujian ketahanan api dilakukan pada campuran mortar yang terdiri dari pasir, limbah pukat, dan limbah serabut kelapa dengan perbandingan masing-masing komposisi untuk mengetahui komposisi terbaik yang menghasilkan ketahanan api paling baik. Adapun hasil pengujian ketahanan api SF panel disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Hasil Uji Ketahanan Api SF Panel

Sampel	Waktu Terbakar (s)	Jarak terbakar (mm)			Waktu Leleh (s)	Jarak Terbakar Rata- rata	Rata-rata Kecepatan Terbakar (mm/detik)	Referensi
		1	2	3				
SFb1	10	3	3	2	600	2,67	0,267	
SFb2	10	3	2	1,5	900	2,17	0,217	SNI 1741-2008
SFb3	10	2	3	2	720	2,33	0,233	
SFb4	10	2	2	3	600	2,17	0,233	

Tabel 7 merupakan hasil uji ketahanan api SF Panel memiliki kecepatan yang relatif sama. Hal ini karena lapisan terluar dari resin polyster dengan ketebalan sama yang akan tersentuh api terlebih dahulu ketika terjadi kebakaran. Api akan menyulut ketika benda uji di letakkan sangat dekat dengan api atau dalam hal ini bisa dikatakan benda uji baru akan terbakar ketika bersentuhan dengan api dan tidak langsung membuat benda di sekitarnya terbakar tergantung material dari benda tersebut (SconFire, 2023).

### 3.6. Hasil uji pendaran cahaya

Pengujian pendaran cahaya dilakukan pada campuran yang terdiri dari resin polyester, pigment metallic, dan fosfor strontium aluminate dengan 3 buah benda uji berukuran 16x11x0,2cm untuk

mengetahui komposisi terbaik yang menghasilkan kekuatan cahaya paling cerah. Adapun hasil pengujian pendaran cahaya (*afterglow*) disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil Uji Pendaran Cahaya (*Afterglow*)

Sampel	Kode Sampel	Luas Permukaan Sampel (m <sup>2</sup> )	Intensitas Cahaya I (cd)	Luminasi L (cd/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata Luminasi (cd/cm <sup>2</sup> )	Waktu Sisa Cahaya (menit)		Referensi
						Pencahayaan 1 menit	Pencahayaan 20 menit	
SFd1	1	0,0176	1	28,41	29,92	2	40	JIS Z 9107 dan JIS Z 9095
	2	0,0176	1	31,25		2	40	
	3	0,0176	1	30,11		2	40	
SFd2	1	0,0176	2	45,45	47,35	4	80	
	2	0,0176	2,5	51,14		3,5	70	
	3	0,0176	2,4	45,45		5	100	
SFd3	1	0,0176	3	85,23	71,97	5	100	
	2	0,0176	3,2	68,18		8	160	
	3	0,0176	3	62,50		8	160	
SFd4	1	0,0176	6	142,05	134,47	15	300	
	2	0,0176	6	130,68		15	300	
	3	0,0176	5,6	130,68		17	340	

Tabel 8 merupakan hasil uji pendaran cahaya menghasilkan cahaya yang cukup baik untuk membantu pencahayaan pada malam hari. Benda uji SF4d memiliki cahaya paling dominan daripada sampel lainnya yaitu dengan kemampuan luminasi 134,47 cd/m<sup>2</sup>. Hal ini karena kandungan fosfor strontium aluminate pada campuran resin polyester lebih banyak daripada sampel lainnya. Waktu sisa cahaya yang dimiliki dari awal pencahayaan yang diberikan selama 20 menit mampu menghasilkan lama cahaya 164,50 menit atau hampir 3 jam, hal ini merupakan lama waktu yg dibutuhkan benda hingga cahaya yg dimiliki mulai berpendar atau lenyap. Semakin banyak fosfor yang diberikan maka akan menghasilkan cahaya semakin terang pula. Selain itu, ketebalan media yang digunakan dalam pencampuran fosfor juga mempengaruhi waktu nyala fosfor dalam kegelapan (Kogyo Riken, 2019).

### 3.7. Anggaran biaya material

Tabel 9 merupakan analisis anggaran biaya dalam pembuatan panel dinding dan anggaran biaya dari beberapa material yang digunakan dalam pembuatan 1m<sup>2</sup> dinding sebagai pembanding. Data ini berdasarkan Peraturan Bupati Rembang No.1 Tahun 2021 Kabupaten Rembang.

**Tabel 9.** Analisis Biaya Material Pembuatan 1 m<sup>2</sup> Dinding

Material Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Dinding Partisi Kalsiboard					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Kalsiboard 120 x 240 cm tebal 6 mm	2,3	m <sup>2</sup>	135.000,00	310.500,00
2	Rangka Metal (Hollow 40.40.0,4 mm)	3,5	m'	7.000,00	24.500,00
3	Assesoris (perkuatan, dll)	100% x rangka	ls	7.000,00	24.500,00
				Jumlah	359.500,00
Material Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Dinding bata merah (5x11x22) cm tebal 1/2 batu dgn campuran 1SP : 5PP					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Bata merah local	70	bh	1.500,00	105.000,00
2	Semen Portland	9,68	kg	1.100,00	10.648,00
3	Pasir Pasang (Cepu)	0,045	m <sup>3</sup>	339.600,00	15.282,00
				Jumlah	130.930,00
Material Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Plesteran dgn campuran 1SP : 5PP tebal 15 mm					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Semen Portland	5,184	kg	1.100,00	5.702,40
2	Pasir Pasang (Cepu)	0,026	m <sup>3</sup>	339.600,00	8.829,60
				Jumlah	14.532,00
Material Pemasangan 1 m <sup>2</sup> Acian					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Semen Portland	3,25	kg	1.100,00	3.575,00

Jumlah					3.575,00
<b>Material Pengecatan 1 m<sup>2</sup> Tembok Baru (dulux,mowilex,jotun setara)</b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Plamur Tembok	0,1	kg	25.800,00	2.580,00
2	Cat Tembok Dalam dulux,mowilex/setara	0,1	kg	60.800,00	6.080,00
3	Cat Tembok Dalam dulux,mowilex/setara	0,26	kg	60.800,00	15.808,00
Jumlah					24.468,00

Tabel 9 merupakan tabel material pembuatan 1 m<sup>2</sup> dinding partisi kalsiboard dan dinding batu -bata merah yang kemudian menjadi data pembanding dengan material pembuatan SF panel dinding. Adapun harga SF panel 1 m<sup>2</sup> masing-masing variasi disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Harga SF Panel 1 m<sup>2</sup> pada Masing-masing Variasi

<b>Material Pembuatan Sunflow (SF1) Panel 120x40x5,5 cm</b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pasir Pasang (Cepu)	0,012	m <sup>3</sup>	339.600,00	4.075,20
2	Limbah Pukat	35,2	kg	1.000,00	35.200,00
3	Limbah Serabut Kelapa	12,2	kg	-	-
4	Besi Wiremesh 6mm	1	m <sup>2</sup>	90.000,00	90.000,00
5	Resin Polyester	1,2	kg	45.000,00	54.000,00
6	Pigment Metallic	3	gr	1.250,00	3.750,00
7	Fosfor Strontium Aluminate	5	gr	1.250,00	6.250,00
Jumlah					193.275,20
<b>Material Pemasangan Sunflow (SF1) Panel 1m<sup>2</sup></b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Sunflow (SF) Panel	2	m	193.275,20	386.550,40
Jumlah					386.550,40
<b>Material Pembuatan Sunflow (SF2) Panel 120x40x5,5 cm</b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pasir Pasang (Cepu)	0,019	m <sup>3</sup>	339.600,00	6.520,32
2	Limbah Pukat	27,84	kg	1.000,00	27.840,00
3	Limbah Serabut Kelapa	19,2	kg	-	-
4	Besi Wiremesh 6mm	1	m <sup>2</sup>	90.000,00	90.000,00
5	Resin Polyester	1,2	kg	45.000,00	54.000,00
6	Pigment Metallic	3	gr	1.250,00	3.750,00
7	Fosfor Strontium Aluminate	5	gr	1.250,00	6.250,00
Jumlah					188.360,32
<b>Material Pemasangan Sunflow (SF2) Panel 1m<sup>2</sup></b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Sunflow (SF) Panel	2	m	188.360,32	376.720,64
Jumlah					376.720,64
<b>Material Pembuatan Sunflow (SF3) Panel 120x40x5,5 cm</b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pasir Pasang (Cepu)	0,025	m <sup>3</sup>	339.600,00	8.490,00
2	Limbah Pukat	27,84	kg	1.000,00	27.840,00
3	Limbah Serabut Kelapa	12,2	kg	-	-
4	Besi Wiremesh 6mm	1	m <sup>2</sup>	90.000,00	90.000,00
5	Resin Polyester	1,2	kg	45.000,00	54.000,00
6	Pigment Metallic	3	gr	1.250,00	3.750,00
7	Fosfor Strontium Aluminate	5	gr	1.250,00	6.250,00
Jumlah					190.330,00
<b>Material Pemasangan Sunflow (SF3) Panel 1m<sup>2</sup></b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Sunflow (SF) Panel	2	m	190.330,00	380.660,00
Jumlah					380.660,00
<b>Material Pembuatan Sunflow (SF4) Panel 120x40x5,5 cm</b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga Total

				(Rp)	(Rp)
1	Pasir Pasang (Cepu)	0,015	m3	339.600,00	5.094,00
2	Limbah Pukat	27,84	kg	1.000,00	27.840,00
3	Limbah Serabut Kelapa	22,2	kg	-	-
4	Besi Wiremesh 6mm	1	m2	90.000,00	90.000,00
5	Resin Polyester	1,2	kg	45.000,00	54.000,00
6	Pigment Metallic	3	gr	1.250,00	3.750,00
7	Fosfor Strontium Aluminate	5	gr	1.250,00	6.250,00
				Jumlah	186.934,00

<b>Material Pemasangan Sunflow (SF4) Panel 1m<sup>2</sup></b>					
No.	Material	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Sunflow (SF) Panel	2	m	186.934,00	373.868,00
				Jumlah	373.868,00

Tabel 10 menunjukkan besaran biaya yang diperlukan dalam pembuatan SF panel dinding tiap komposisi memiliki harga yang berbeda-beda. Panel SF1 mengeluarkan biaya sebesar Rp 193.275,20/bh dengan biaya pemasangan tiap 1m<sup>2</sup> sebesar Rp 386.550,40. Panel SF2 mengeluarkan biaya sebesar Rp 188.360,32/bh dengan biaya pemasangan tiap 1m<sup>2</sup> sebesar Rp 376.720,64. Panel SF3 mengeluarkan biaya sebesar Rp 190.330,00/bh dengan biaya pemasangan tiap 1m<sup>2</sup> sebesar Rp 380.660,00. Panel SF4 mengeluarkan biaya sebesar Rp 186.934,00/bh dengan biaya pemasangan tiap 1m<sup>2</sup> sebesar Rp 373.868,00. Adapun rekapitulasi harga SF per m<sup>2</sup> disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Rekap Harga SF1, SF2, SF3, dan SF4 tiap 1m<sup>2</sup>

No.	Material	Harga (Rp)
1.	Material Pemasangan Sunflow (SF1) Panel 1m <sup>2</sup>	386.550,40
2.	Material Pemasangan Sunflow (SF2) Panel 1m <sup>2</sup>	376.720,64
3.	Material Pemasangan Sunflow (SF3) Panel 1m <sup>2</sup>	380.660,00
4.	Material Pemasangan Sunflow (SF4) Panel 1m <sup>2</sup>	373.868,00

Tabel 11 merupakan tabel harga SF panel tiap variasi dapat diketahui variasi paling murah terdapat pada SF4 namun meninjau ulang dari kekuatan yang telah diuji variasi SF2 memiliki harga murah sebesar Rp 376.720,64 dan sesuai standar kualitasnya daripada variasi lainnya serta dengan data pembanding yaitu dari panel dinding kalsiboard dan batu-bata merah. Kemudian harga paling standar SF panel akan dijadikan sebagai acuan pembanding dengan harga material pasang panel dinding. Adapun hasil rekapitulasi harga material pemasangan dinding 1 m<sup>2</sup> disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Rekap Harga Material Pemasangan Dinding 1m<sup>2</sup>

No.	Uraian	Harga (Rp)	Total (Rp)
1.	Pekerjaan Dinding Partisi Kalsiboard		383.968,00
	a. Pemasangan Rangka Dinding	359.500,00	
	b. Pegecatan	24.468,00	
2.	Pekerjaan Sunflow (SF) Panel Dinding Partisi	376.720,64	376.720,64

Tabel 12 merupakan harga pembuatan 1m<sup>2</sup> panel dinding yang menjadi pembanding antara pembuatan dinding partisi kalsiboard dan SF panel sehingga dapat diketahui pemasangan SF panel memiliki harga Rp 7.247,36 lebih murah daripada dinding kalsiboard.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Komposisi SF2 panel dengan perbandingan pasir, limbah pukat, dan limbah serabut kelapa secara berturut-turut 1,5 : 2,75 : 1,5 adalah komposisi paling optimum daripada komposisi desain campuran SF1, SF3 maupun SF4. Keseimbangan masing-masing bahan dalam campuran tersebut menghasilkan panel dinding melebihi standar panel beton ringan berserat dengan modifikasi pengujian lainnya untuk menghasilkan panel dinding yang berkualitas.
- 2) Komposisi SF2 panel memiliki hasil pengujian yang baik daripada yang ditetapkan dalam standar, yaitu:
  - a) Sesuai SNI 03-3122-1992 pada mutu A yang memiliki nilai minimum 4,44 N/mm<sup>2</sup>, SF panel

memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi yaitu 13,5 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan oleh bahan yang digunakan mampu terikat dengan baik.

- b) Sesuai SNI 03-3122-1992 pada mutu A yang memiliki nilai minimum 1,64 N/mm<sup>2</sup>, SF2 panel memiliki nilai kuat lentur optimum yaitu 2,49 N/mm<sup>2</sup> sehingga membuat panel dinding tergolong dalam material daktil. Hal ini disebabkan oleh perkuatan besi wiremesh 6mm yang ada di dalam panel dinding sehingga mampu menambah kuat lentur panel.
  - c) Sesuai dengan ISO 10534-2:1998, hasil pengujian absorpsi suara memiliki nilai tertinggi 0,290 dB pada frekuensi 5000Hz dan membuktikan bahwa SF2 panel memiliki sifat refelektif.
  - d) Sesuai dengan SNI 03-0349-1989, hasil pengujian daya serap air (DSA), SF2 panel memiliki daya penyerapan air yang sangat rendah yaitu sebesar 0,91% terpaut jauh dengan standar SNI yaitu sebesar 25%, sehingga SF2 panel dapat dikategorikan menjadi panel kedap air.
  - e) Sesuai dengan SNI 1741-20082, hasil pengujian ketahanan api menghasilkan bahwa SF2 panel dapat terbakar ketika bersentuhan langsung dengan api dengan kecepatan terbakar 0,22 detik dengan jarak terbakar 2,17 mm.
- 3) Desain *glow in the dark* SF2 panel mampu memancarkan cahaya dalam ruangan selama 164,5 menit atau  $\pm 2-3$  jam dari pencahayaan sebelumnya selama 20 menit dan memiliki rata-rata luminasi sebesar 134,47 cd/cm<sup>2</sup>.
  - 4) Anggaran biaya yang digunakan dalam pemasangan 1m<sup>2</sup> SF2 panel sebesar Rp. 376.720,64. Biaya tersebut selisih Rp. 7.247,36 lebih murah daripada panel dinding kalsiboard konvensional dengan harga Rp 383.968,00.

## Referensi

- Bachtiar S., dkk. (2015). Analisis Sifat Penyerapan Air dan Indeks Nyala Api Pada Papan Komposit yang di Perkuat Serat Daun Pandan Duri dan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon dengan Resin Polyester. Jurnal Dinamika Teknik Mesin. Vol.5 No.2. ISSN 2088-088X.
- E-book Badan Standardisasi Nasional (BSN). SNI 03-3122-1992.
- Ermiyati, dkk. (2023). Pengaruh Variasi Kecepatan Pembebanan Aksial Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton fc'20 MPa. Journal of Civil Engineering, Building and Transportation (JCEBT) Vol.7 (No.1). ISSN 2549-6387.
- Kafrain Yohan & Siswosukarto, S. (2014). PENGEMBANGAN PANEL DINDING POLYSTYRENE DENGAN PERKUATAN KERTAS ROTI DI BAGIAN PERMUKAANNYA (ugm.ac.id).
- Megawati, dkk. (2020). Pengaruh Penambahan Serat Nylon Limbah Pukat Terhadap Sifat Mekanis Beton K-300. Jurnal Sipil Sains Terapan Vol.3 No. 01. ISSN 2620-6366. Hal. 29-35.
- M Paulus, dkk. (2022). Karakteristik Mekanik Campuran Panel Dinding Berbahan Metakolin dan Serat Bambu. Jurnal Teknik Sipil Terapan (JTST) Vol. 4 No.1 Hal.1-10.
- Nuraga Ketut. (2021). Analisis Daktilitas Struktur Gedung Rangka Beton Bertulang dengan Metode Analisis Pushover. Jurnal Ilmiah TELSINAS Vol. 4 No.2 e-ISSN 2621-5276 (online).
- Tiyani L., dkk. (2019). Kuat Lentur Panel Dinding Beton Busa dengan Lapis GRC dan Wiremesh. Jurnal Teknisia, Volume XXIV No.2. ISSN 0853-8557.
- Venny F., dkk. (2020). Analisis Mekanis Beton Busa dengan Kombinasi Serat Sabut Kelapa serta Bahan Tambahan Abu Sekam Padi dan Serbuk Cangkang Telur. Jurnal Progress In Civil Engineering Journal 2(1) hal. 53-67.



## “EZZLEBLOCK”: Eco puzzle brick kedap air sistem interlock dengan substitusi limbah plastik

Fajar Kurniawan<sup>a\*</sup>, Alan Victor Zuhurf Ashari<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>, Riza Susanti<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[kurniawanf646@gmail.com](mailto:kurniawanf646@gmail.com)

[alanvictor550@gmail.com](mailto:alanvictor550@gmail.com)

#### Article history:

Received : 12 December 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Compressive Strength Test, Plastic Waste, Sand, Water absorption, system Brick

### ABSTRACT

*In Indonesia, the accumulation of plastic waste must be addressed immediately because the amount will increase over time. In 2022, the total amount of plastic waste produced in Indonesia will reach 9.13 million tons, making Indonesia the country with the 5th most significant amount worldwide. The large amount of plastic waste produced must be dried through proper processing. Because if not, plastic waste will continue to pile up and cause various problems. Meanwhile, the high growth of infrastructure in Indonesia has caused an increase in demand for construction materials, one of which is cement. To meet this demand, the cement manufacturing industry exploits natural resources on a large scale, which will hurt nature. Apart from that, the cement fabrication process also causes problems in the form of waste and produces carbon dioxide gas, which pollutes the air. This research was carried out to make bricks made from plastic and sand with an interlock system to reduce environmental negative impacts. And to find out the effect of Ezzleblock composition on brick quality. This research planned to use experimental methods by collecting essential materials car, trying out the production process, and testing them in the laboratory to obtain data. Using plastic waste and sand as materials for making Ezzleblocks, it is planned to create a high-quality interlock brick with dimensions of (300x120x150) mm. Its high compressive strength, low air absorption capacity, and sturdy construction demonstrate this.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Bata adalah material yang digunakan sebagai penyusun dinding dan terbuat dari tanah liat yang dibakar. Selaras dengan pembangunan infrastruktur tiap tahun yang semakin berkembang, penggunaan material ini juga meningkat. Pemilihan bata sebagai penyusun dinding mengharuskan penggunaan material lain berupa semen sebagai perekatnya. Hal ini tentunya menyebabkan penggunaan semen tetap tinggi, sehingga dampak negatif yang ditimbulkan olehnya tidak berkurang. Indriyani dkk. (2019) menjelaskan proses fabrikasi semen juga menimbulkan masalah berupa limbah dan menghasilkan gas karbondioksida yang mencemari udara. Untuk itu, perlu diadakan upaya pengurangan penggunaan semen guna meminimalisasi dampak negatif tersebut. Sementara itu dilain hal, Indonesia merupakan negara dengan jumlah pengguna plastik yang sangat tinggi. Tingginya jumlah penggunaan plastik di Indonesia sebanding dengan tingginya jumlah sampah yang dihasilkan. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) Indonesia menghasilkan limbah plastik sebanyak 17,2% dari total timbunan sebesar 33,157 juta ton. Hal tersebut membuat sampah plastik menempati urutan kedua sebagai jenis sampah terbanyak dalam produksi sampah nasional.

Sebagai solusi guna menjawab persoalan tersebut, maka diperlukan suatu inovasi yang dapat mengurangi penggunaan semen sekaligus memanfaatkan limbah plastik di Indonesia. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan yaitu dengan membuat campuran limbah plastik dan pasir menjadi bata *interlock*, disingkat *Ezzleblock* yang memiliki bentuk kunci unik. Bentuk *Ezzleblock* memiliki sistem pengunci yang unik dan menjadi pembeda dengan bata lainnya serta memiliki bentuk dan dimensi yang belum pernah ada sebelumnya.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Pengolahan limbah plastik

Mengumpulkan limbah plastik. Mencuci dan membersihkan limbah plastik. Mengeringkan limbah plastik yang sudah dibersihkan dengan menjemurnya di bawah sinar matahari selama 12 jam. Kemudian memotong limbah plastik kecil-kecil.

### 2.2. Pembuatan benda uji

Perbandingan komposisi *Ezzleblock* adalah 2 pasir : 1 plastik. Perbandingan komposisi tersebut kemudian dicampur dan dituangkan ke dalam cetakan *Ezzleblock* yang berukuran 300 x 120 x 150 mm. Sementara itu, benda uji dalam penelitian ini berbentuk kubus ukuran 15x15x15 cm. Untuk pengujian kuat tekan dan daya serap, masing-masing pengujian menggunakan 3 sampel. Adapun perbandingan komposisi bahan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan Komposisi Bahan

Tipe	Rasio
<i>Ezzleblock</i>	Pasir : Plastik 2 : 1
Batako Normal	Pasir : Semen 7 : 1

Dengan rasio komposisi diatas, maka untuk membuat 1 buah *Ezzleblock* maka kebutuhan bahannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Pasir} &= \text{Luas cetakan} \times \frac{2}{3} \times \text{berat jenis pasir} \\ &= (0,3 \times 0,12 \times 0,15) \times \frac{2}{3} \times 1400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 5,04 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plastik} &= \text{Luas cetakan} \times \frac{1}{3} \times \text{berat jenis plastik} \\ &= (0,3 \times 0,12 \times 0,15) \times \frac{1}{3} \times 940 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,692 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 2.3. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur *Ezzleblock* mencapai 7 hari. Pengujian ini mencari hasil terbaik dari beberapa sampel benda uji yang diberi tekanan pada titik tengah benda uji, benda uji diberi tekanan hingga patah atau terdapat retakan.

### 2.4. Pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 7 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil penyerapan air pada *Ezzleblock*. Uji penyerapan ini menggunakan wadah yang diberi air seinggi 50 cm dengan benda uji diletakkan secara vertical selama 24 jam. Dalam menghitung penyerapan air, beban sesudah dan sebelum diuji masing-masing ditimbang lalu akan keluar hasil perbandingan beban sebelum dengan sesudah penyerapan.

### 2.5. Pengujian sistem *interlock*

Pengujian pemasangan dilakukan oleh pekerja ahli pasangan dinding yang berpengalaman selama 18 tahun dan pekerja bangunan biasa dengan pengalamannya 3 tahun dengan menggunakan teknik pemasangan  $\frac{1}{2}$  bata. Pemasangan dilakukan dengan ukuran 50cm x 50cm dan akan diamati lamanya waktu pemasangan antara kedua batako tersebut.

### 3. Hasil dan pembahasan

Bata *interlock* dengan pemanfaatan limbah plastik sebagai substitusinya atau disebut "*Ezzleblock*" yang berukuran (300x120x150) mm memiliki keunggulan dalam menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi, penyerapan air lebih baik, dan memiliki waktu pemasangan lebih cepat daripada batako konvensional. *Ezzleblock* ini memiliki biaya yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Adapun bentuk *Ezzleblock* ditunjukkan pada Gambar 1.



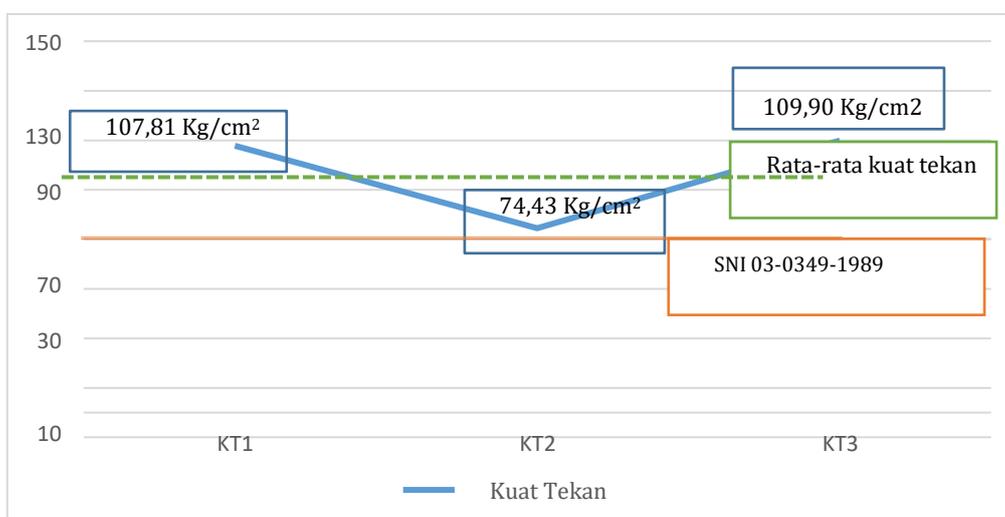
Gambar 1. Output Ezzleblock

#### 3.1. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur *Ezzleblock* mencapai 7 hari. Dengan jumlah sampel uji 3 buah sampel. Hasil pengujian ini didapatkan dengan menghitung beban (P) dibagi dengan luas penampang (A). Berikut hasil uji kuat tekan benda uji batako pada Tabel 2 dan disajikan dengan Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan

No.	Benda Uji	Umur (hari)	Berat (Kg)	Luas (m <sup>2</sup> )	Beban Tekan (kN)	Kuat Tekan (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mutu Min Bata Beton Pejal kelas II (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.	KT1	7	5,27	225	155	107,81	97,38	70 (SNI 03-0349-1989)
2.	KT2	7	4,76	225	107	74,43		
3.	KT3	7	5,20	225	158	109,90		



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan

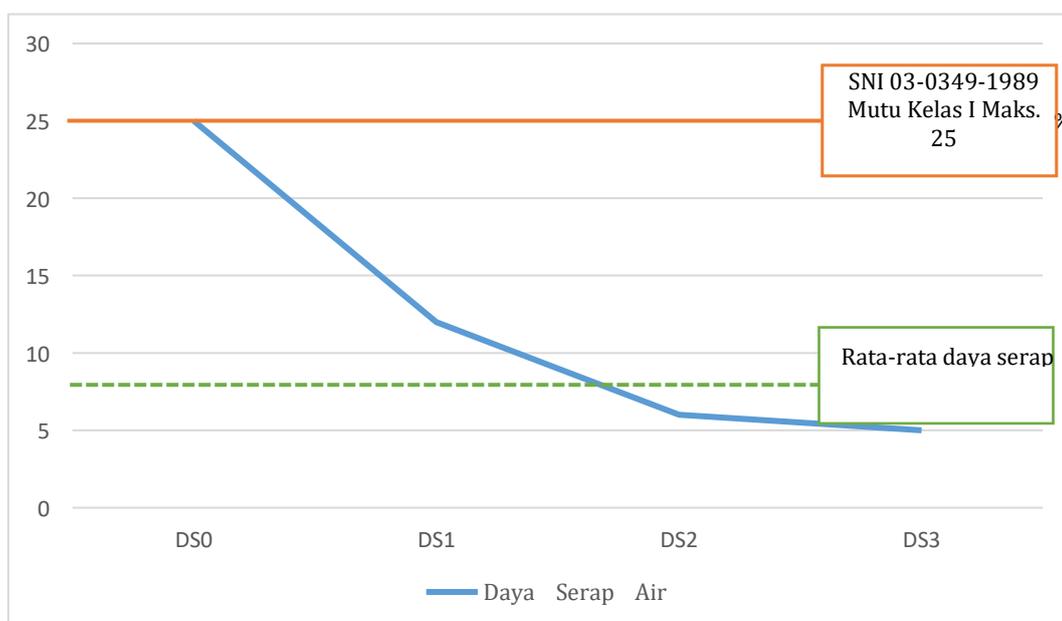
Gambar 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian mutu kuat tekan, terlihat *Ezzleblock* memiliki kuat tekan bruto rata-rata sebesar 97,38 Kg/cm<sup>2</sup> atau 9,55 Mpa sehingga lolos kriteria untuk mutu batako kelas II SNI 03-034- 1989. Tinggi nilai kuat tekan dari ezzleblok tersebut dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan yaitu pasir dan plastik. Dengan perbandingan komposisi 2 pasir : 1 plastik, semakin tinggi kualitas kedua bahan tersebut maka akan semakin meningkatkan nilai kuat tekannya. Hasil ini sesuai dengan penelitian Bharati dkk. (2020) yang menyatakan bahwa penambahan plastik pada pasir semakin meningkat kekuatannya jika dibandingkan batu bata standar dengan dosis optimum untuk kinerja yang lebih baik dalam aspek kekuatan adalah (Plastik : Pasir = 1 : 2). Selain itu, kandungan kimia dan sifat ikatan pada bata plastik jenis PP menyebabkan nilai kuat tekan yang lebih besar dibandingkan bata standar (Ridho, 2021). Plastik PP (polypropylene) terbentuk dari monomer-monomer CH<sub>2</sub>=CHCH<sub>3</sub> yang strukturnya sindiotaktik dan isotaktik (stereogular) yang bersifat sangat kristalin, kuat, dan keras sedangkan plastik HDPE memiliki karakteristik molekul tak bercabang yang disertai sedikit defek menuju bentuk linearnya sehingga memiliki derajat kristalisasi tinggi yang menyebabkan plastik tersebut bersifat keras, kuat, dan tahan suhu tinggi (Alfaruqi, 2019).

### 3.2. Pengujian daya serap air

Pengujian daya serap air *Ezzleblock* dilakukan pada umur 7 hari. Dengan jumlah sampel uji 3 buah sampel. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil penyerapan air pada *Ezzleblock*. Berikut hasil uji daya serap air benda uji *Ezzleblock* pada Tabel 3 dan Gambar 3.

**Tabel 3.** Hasil Uji Daya Serap Air

No.	Benda Uji	Umur	Berat Kering Oven (g)	Berat Setelah Direndam (g)	Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air Rata-rata (%)	Mutu Min BataBeton Pejal kelas I (%)
1.	DS1	7	5311	5337	12,25	7,68	Maks. 25 (SNI 03-0349-1989)
2.	DS2	7	5370	5400	5,6		
3.	DS3	7	4774	4799	5,23		



**Gambar 3.** Grafik Hasil Uji Daya Serap Air

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian terlihat bahwa *Ezzleblock* memiliki daya serap air yang jauh lebih rendah daripada bata beton yang disyaratkan. Berdasarkan SNI 03-0349-1989, presentase

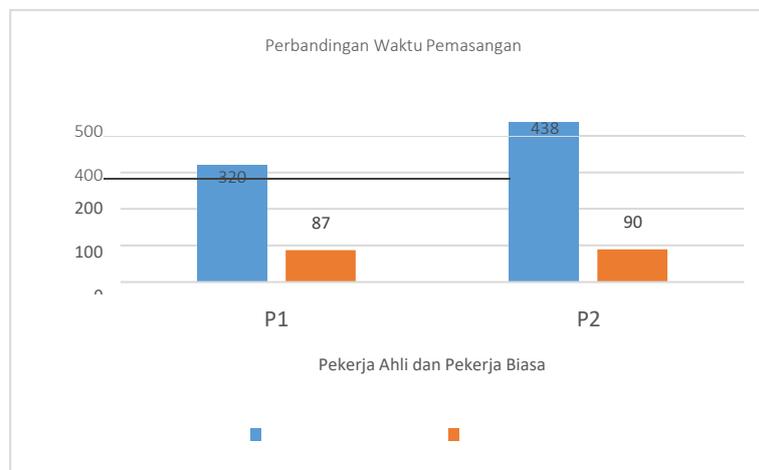
resapan air yang diizinkan untuk bata beton mutu terbaik yaitu mutu I tidak boleh lebih dari 25%. Sedangkan, presentase penyerapan air rata-rata dari *Ezzleblock* dengan perbandingan komposisi 2 pasir : 1 plastik adalah 7,68%. Rendahnya penyerapan air merupakan salah satu ciri material bangunan yang baik. Hal ini menunjukkan bahwa *ezzleblok* lebih baik dari bata beton (batako) dalam hal penyerapan air sesuai dengan pernyataan Bharati dkk. (2020) yang menyatakan bahwa sifat plastik berperan besar dalam menurunkan persentase serapan air pada bata. Komposisi *Ezzleblock* yang terbuat dari plastik yang memiliki sifat kedap air menjadi faktor penyebab utama mengapa hal ini terjadi. Semakin banyak perbandingan plastik yang digunakan dalam komposisi *Ezzleblock* akan menyebabkan semakin kecil air yang diserap.

### 3.3. Pengujian pemasangan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu pemasangan antara batako konvensional dengan *Ezzleblock*. Berikut hasil uji pemasangan pada Tabel 4 dan Gambar 4.

**Tabel 4.** Hasil Uji Pemasangan

Pekerja	Pemasangan Batako Konvensional	Pemasangan <i>Ezzleblock</i>
Pekerja ahli pemasangan dinding (P1)	4:08	1:27
Pekerja bangunan biasa (P2)	7:18	1:30
Rata-rata Pemasangan	6:31	1:47



**Gambar 4.** Grafik Hasil Uji Pemasangan

Gambar 4 menunjukkan bahwa pengujian pemasangan yang telah dilakukan oleh dua penguji, didapatkan rata-rata pengujian pemasangan batako konvensional selama 5 menit 43 detik, sedangkan pemasangan *Ezzleblock* selama 1 menit 29 detik. Dengan demikian, *Ezzleblock* memiliki waktu pemasangan yang lebih cepat dibandingkan dengan batako konvensional dengan selisih waktu 4 menit 14 detik. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa pemasangan benda uji dengan desain interlocking dapat mempercepat pekerjaan (Raharjo dkk, 2020).

### 3.4. Dampak pengaplikasian sistem *interlock* pada bata terhadap efisiensi biaya dalam pekerjaan dinding

Perhitungan efisiensi biaya penggunaan *Ezzleblock* dilakukan dengan melakukan perhitungan biaya untuk membuat produk persatuan. Selanjutnya dilakukan analisis kebutuhan untuk membuat pasangan dinding seluas 1 m<sup>2</sup>. Perhitungan biaya dalam penelitian ini dibatasi pada biaya per-item dan material yang digunakan persatuan meter persegi, dan perlu digaris bawahi bahwa dalam penelitian ini belum mencantumkan analisis kebutuhan tenaga kerja. Hasil perhitungan tersebut

kemudian dibandingkan antara *Ezzleblock* dan batako konvensional. Untuk membuat 1m<sup>2</sup> pasangan dinding, diperlukan 18 buah *Ezzleblock*. Untuk membuat 1 buah *Ezzleblock* yang berdimensi (panjang x lebar x tinggi = 300 x 120 x 150) mm, diperlukan rincian biaya yang disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Analisis Biaya Pembuatan Dinding *Ezzleblock* 1 m<sup>2</sup>

Material	Volume	Harga Satuan	Harga
Pasir Muntalan	5 kg	Rp 750	Rp 3.750,00
Limbah Plastik	1,7 kg	Rp 0,00	Rp 0,00
Oli Bekas	0.4 l	Rp 0,00	Rp 0,00
<b>Total Biaya/Buah</b>			<b>Rp 3.750,00</b>
<b>Total Biaya/1 m<sup>2</sup></b>			<b>Rp 67.500,00</b>

Sedangkan untuk batako yang umum ditemukan di pasaran memiliki harga persatuan sebesar Rp 3.500 (TB. Tanjung Jati). Berdasarkan SNI 6897:2008 untuk membuat 1 m<sup>2</sup> dinding pasangan batako dengan campuran spesi 1PC : 5 PS. Adapun rincian kebutuhan disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Analisis Biaya Pembuatan Dinding Batako 1 m<sup>2</sup>

Material	Volume	Harga Satuan	Harga
Batako	12,5 buah	Rp 3.500	Rp 43.750,00
Semen Portland	15,16 kg	Rp 1.450,00	Rp 21.982,00
Pasir Pasang	0,0364 m <sup>3</sup>	Rp 400.000,00	Rp 14.560,00
<b>Total Biaya/1 m<sup>2</sup></b>			<b>Rp 80.292,00</b>

Dalam analisis perhitungan pasangan *Ezzleblock* memiliki harga yang lebih murah sebesar Rp.67.500, dibandingkan pasangan batako konvensional sebesar Rp.80.292,-. Ini dikarenakan keunggulan yang dimiliki oleh *Ezzleblock* dari segi material penyusun, sistem penguncian, *workability*, serta sifat keberlanjutannya. Material yang digunakan dalam pembuatan *Ezzleblock* salah satunya adalah limbah plastik. *Ezzleblock* juga tidak membutuhkan mortar sebagai perekat karena memiliki sistem *interlock*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, "*Ezzleblock*" memiliki kuat tekan bruto rata-rata sebesar 97,38 Kg/cm<sup>2</sup> sehingga lolos kriteria untuk mutu batako kelas II sesuai dengan SNI 03-0349-1989. Hasil uji daya serap air rata-rata dari *Ezzleblock* sebesar 7,68% sehingga lebih rendah daripada persentase yang diizinkan batako mutu kelas I yaitu maksimal 25%. Hasil uji pemasangan didapatkan rata-rata pengujian pemasangan batako konvensional selama 5 menit 43 detik, sedangkan pemasangan *Ezzleblock* selama 1 menit 29 detik. Dengan sistem *interlock*, *Ezzleblock* memiliki waktu pemasangan yang lebih cepat dibandingkan dengan batako konvensional dengan selisih waktu 4 menit 14 detik. Tanpa penggunaan perekat, *Ezzleblock* sangat ekonomis dibandingkan batako konvensional karena untuk kebutuhan per m<sup>2</sup> membutuhkan biaya sebesar Rp 67.500,-, sedangkan batako konvensional membutuhkan biaya sebesar Rp 80.292,-.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, dosen pembimbing tugas akhir, produsen batu bata merah, dan semua pihak yang telah memberikan dukungan, saran, dan masukan kepada peneliti dalam penelitian ini.

#### Referensi

- Indriyani dkk. (2019). Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton geopolimer Ramah Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, 2(2), 56-62.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989 Bata Beton untuk Pasangan Dinding. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 6897-2008 Pekerjaan Pasangan Tembok Batako. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SIPSN, 14 Februari 2020, Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah, 17 Agustus 2022, <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- Bharathi, S.M. Leela dkk. (2020). Experimental Investigation on Compressive Behaviour of Plastic Brick using M Sand as Fine Aggregate. *Materials Today: Proceedings*, 10, 252.
- Al Faruqi, Ammar. (2019). Research of The Effect in Variation of Plastic Waste Composition of Polypropylene (Pp) and High-Density Polyethylene (HDPE) on the Physical Properties And Mechanical Properties of Bagasse Powder Reinforced Composites for Particle Board Applications. Department Of Material Engineering Faculties Of Industrial Technology ITS.
- Raharjo, Ari., & Soebagio. (2020). Perencanaan Dimensi Interlocking Bata Ringan. *AXIAL Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 8(1), 25-34.



## Pengaruh penggunaan serat kulit jagung dan abu sekam padi sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon

Arizal Fadli Fitrianto<sup>a\*</sup>, Hartono<sup>b</sup>, Asri Nurdiana<sup>c</sup>

<sup>a\*, b, c</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email: [arizalfadlif@gmail.com](mailto:arizalfadlif@gmail.com)

#### Article history:

Received : 13 October 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Ceiling Asbestos, Corn Husk Fiber, Rice Husk Ash

### ABSTRACT

*Agricultural waste is one of the most common sources of waste in Indonesia; corn husk fiber and rice husk ash are examples of this agricultural waste. This study used corn husk fiber and rice husk ash to make asbestos ceilings. This study used an experimental method, using corn husk fiber as a substitute for fiberglass fiber and rice husk ash as a partial substitute for cement. Corn husk fiber has high flexural properties, which are assumed to be able to replace fiberglass fibers in the manufacture of asbestos ceilings. Meanwhile, rice husk ash contains silica (SiO<sub>2</sub>), one of the cement compositions. Therefore, it is proposed to innovate the use of corn husk fiber and rice husk ash as a mixed ingredient for making asbestos ceilings which aim to minimize existing waste and create environmentally friendly asbestos ceilings that have better flexural strength and water absorption than conventional asbestos ceilings. This innovation is expected to produce a more economical price.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Pembangunan di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini pula menyebabkan meningkatnya kebutuhan material dalam pembuatan rumah termasuk atap, serta permintaan perumahan rakyat pun cukup tinggi sehingga membutuhkan atau menginginkan bahan-bahan plafon. Atap ialah bagian struktur yang memiliki manfaat susunan yang menghalangi ketinggian suatu ruangan. Atap juga memiliki manfaat membuat keamanan, kenyamanan, serta keindahan pada suatu ruangan. Tingkatan atap secara signifikan memastikan keberadaan suatu ruangan. Ketinggian ini diperkirakan dari permukaan lantai sampai bagian dasar bidang atap.

Selain itu, plafon juga berperan untuk menjaga ruangan-ruangan di dalam rumah dari rembesan air dari atas atap serta dapat mengurangi bunyi atau suara keras atau berisik pada plafon disaat hujan, tidak hanya itu atap juga bisa menolong menutupi serta menyembunyikan beberapa barang semacam sambungan listrik dan kuda-kuda. Bahan bangunan sebagai plafon adalah bahan bangunan yang merupakan daerah pemisah antara bagian atas rumah dan ruangan di bawahnya dengan tinggi atap atau atap keseluruhan berkisar antara 2,75 sampai 3,75 m. Di rumah individu, dianjurkan supaya tingkatan atap berdimensi antara 3-3,5 m, rencana ini buat bekerja dengan aliran hawa di dalam rumah serta mempercantik bagian dalam dengan batasan sangat rendah menjadi 2,75m dari lantai. Bahan-bahan yang digunakan sebagai bahan baku dan bahan pengisi serta bahan tambahan yang digunakan misalnya abu sekam padi dan bahan selulosa seperti serat kulit jagung dan semen menjadi penentu kualitas dan sifat plafon. Substitusi serat kulit jagung dan abu sekam padi dalam inovasi asbes plafon ini bertujuan untuk meningkatkan nilai kuat lentur dan mengurangi nilai penyerapan air asbes plafon yang lebih baik dari asbes plafon konvensional. Kuat lentur dalam asbes plafon digunakan untuk memudahkan dalam pemasangan karena memiliki sifat kuat dan lentur. Nilai penyerapan air yang semakin rendah berfungsi untuk mengurangi rembesan air agar tidak terjadi kebocoran.

Jagung adalah tumbuhan yang cukup banyak terdapat di Indonesia. Masyarakat masih banyak memanfaatkan tumbuhan jagung sebagai bahan pangan dan juga ada yang memanfaatkan sebagai bahan pakan ternak. Banyaknya tumbuhan jagung ini, sehingga menghasilkan limbah yang cukup banyak. Salah satu limbah yang sering dihasilkan dari tumbuhan jagung yaitu kulit jagung. Kulit jagung memiliki kemampuan gaya tarik yang tinggi, dengan lapisan terbaiknya berada pada lapisan terluar. Berdasarkan Adnan (2006), gaya tarik tertinggi yang terdapat pada kulit lapisan luar jagung pioneer yaitu 344.49 kgf/cm<sup>2</sup> dengan arah pengukuran sejajar serat. Kulit jagung terbukti memiliki kekuatan tinggi pada bantalan serat memanjang, aman terhadap gesekan, tidak beraroma, tidak ternoda secara efektif oleh mikroorganisme, dan umumnya memiliki retensi air yang rendah.

Sekam padi adalah kulit pembungkus padi yang kemudian menjadi limbah, selanjutnya hasil penggilingan tersebut tidak dapat digunakan kembali oleh masyarakat. Limbah ini memiliki unsur kimia salah satunya adalah silika yang cukup banyak yaitu sebesar 93% silika yang berarti itu hampir setara dengan microsilica yang dibuat oleh pabrik (Swamy, 1986). Limbah hasil dari penggilingan padi yang tidak terpakai merupakan definisi dari abu sekam padi. Abu sekam padi sendiri memiliki beberapa komposisi kimia yang sangat bermanfaat seperti silika, terutama untuk meningkatkan mutu beton yang bila unsur ini dicampur dalam proses pembuatan beton, maka akan dapat menghasilkan kekuatan yang lebih (Ika Bali, Agus Prakoso. 2002 : hal 76).

Riset ini bertujuan untuk menganalisis pelaksanaan akumulasi serat kulit jagung dan abu sekam padi sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon. Teknik yang digunakan dalam penelitian atap asbes plafon kali ini adalah strategi dengan melakukan uji laboratorium dan penulisan berbagai sumber. Dari dua strategi tersebut seharusnya akan memberikan informasi yang tepat dan berhati-hati tentang efek lanjutan dari eksplorasi yang dipimpin.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Metode penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eskperimental yang nantinya metode ini untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh variabel pengganti terhadap produk yang sesuai dengan SNI. Metode ini dilakukan secara langsung dan objektif di laboratorium.

### 2.2. Pengujian material

Penulis dalam pengujian material ini hanya melakukan pengujian terhadap agregat halus, semen, dan air. Untuk bahan tambahannya seperti abu sekam padi dan serat kulit jagung penulis tidak melakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan terhadap agregat halus, semen dan air dikarenakan bahan tersebut sebagai bahan dasar dalam pembuatan asbes plafon.

### 2.3. Persiapan material tambahan

Pada tahap ini material abu sekam padi dan serat kulit jagung yang didapatkan akan dilakukan beberapa perlakuan sebelum di proses sebagai bahan tambah dalam pembuatan asbes plafon. Untuk abu sekam padi disaring menggunakan shave shacker dengan lolos saringan no 200mm sedangkan serat kulit jagung dilakukan penjemuran selama 24 jam. Adapun abu sekam padi dan serat kulit jagung ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Abu Sekam Padi yang Lolos Ayakan 200mm dan Serat Kulit Jagung

## 2.4. Job Mix Design

Penulis melakukan perencanaan mix design yang bertujuan agar mengetahui perbandingan proporsi material yang digunakan dalam pembuatan asbes plafon dengan bahan tambah abu sekam padi dan serat kulit jagung. Untuk pedoman campuran yang digunakan yaitu 1 PC : 2 PS, yang kemudian dikonversikan ke dalam perbandingan volume. Dalam penelitian ini bahan tambah abu sekam padi dan serat kulit jagung ditambahkan sebagai bahan campuran pembuatan asbes plafon dengan total 8 variasi yaitu untuk benda uji APK (38% PC, 60% PS, 2% fiberglass), AP0 (38% PC, 60% PS, 2% SJ) ; AP1 (10% ASP, 28% PC, 60% PS, 2% fiberglass), AP2 (15% ASP, 24% PC, 60% PS, 1% SJ), AP3 (20% ASP, 24% PC, 55% PS, 1% SJ), AP4 (25% ASP, 23% PC, 45% PS, 2% SJ), AP5 (30% ASP, 23% PC, 45% PS, 2% SJ), AP6 (35% ASP, 24% PC, 40% PS, 1% SJ). Untuk *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Rancangan *Job Mix Design*

Jenis Benda Uji	Proporsi Bahan	Nama Benda Uji
Asbes Plafon Konvensional	(Semen 38%, 60% Pasir, dan 2% <i>Fiberglass</i> ) (Sumber : Pabrik GRC Rumah)	APK
Asbes Plafon (2% Serat Kulit Jagung)	(Semen 38%, 60% Pasir, dan 2% Serat Kulit Jagung)	AP0
Asbes Plafon (10% Abu Sekam Padi, 2% <i>Fiberglass</i> )	(Abu Sekam Padi 10%, Semen 28%, Pasir 60%, <i>Fiberglass</i> 2%)	AP1
Asbes Plafon (15% Abu Sekam Padi, 1% Serat Kulit Jagung)	(Abu Sekam Padi 15%, Semen 24%, Pasir 60%, Serat Kulit Jagung 1%)	AP2
Asbes Plafon (20% Abu Sekam Padi dan 1% Serat Kulit Jagung)	(Abu Sekam Padi 20%, Semen 24%, Pasir 55%, Serat Kulit Jagung 1%)	AP3
Asbes Plafon (25% Abu Sekam Padi dan 2% Serat Kulit Jagung)	(Abu Sekam Padi 25%, Semen 23%, Pasir 50%, Serat Kulit Jagung 2%)	AP4
Asbes Plafon (30% Abu Sekam Padi dan 2% Serat Kulit Jagung)	(Abu Sekam Padi 30%, Semen 23%, Pasir 45%, Serat Kulit Jagung 2%)	AP5
Asbes Plafon (35% Abu Sekam Padi dan 1% Serat Kulit Jagung)	(Abu Sekam Padi 35%, Semen 24%, Pasir 40%, Serat Kulit Jagung 1%)	AP6

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1. Pengujian material

#### 3.1.1. Pengujian agregat halus

Dari hasil kadar lumpur dengan menggunakan pasir muntulan didapatkan nilai rata-rata sebesar 3,51 %, yang mana menurut SK-SNI-S-04-1989-F kadar lumpur tidak boleh lebih dari 5 %. Dari hasil tersebut untuk kadar lumpur menggunakan pasir muntulan sudah memenuhi SK-SNI-S-041989-F.

#### 3.1.2. Pengujian air

Dalam penelitian ini pengujian air dilakukan melalui pengamatan dengan cara visual yang sesuai dengan PBI-1971. Untuk hasil yang dipakai, tidak berbau, air harus jernih, harus bersih tidak boleh memiliki kandungan minyak, lumpur, garam dan tidak boleh memiliki kandungan bahan-bahan yang lain yang bisa menurunkan kualitas asbes plafon.

#### 3.1.3. Pengujian semen

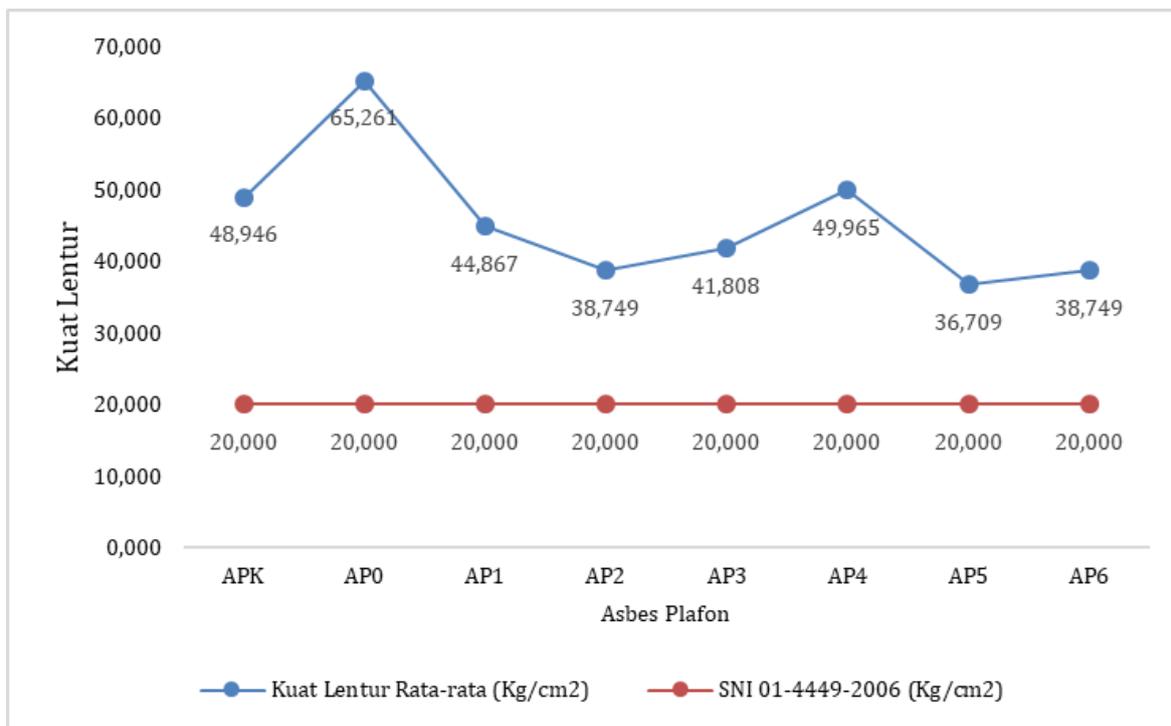
Keadaan Kemasan Semen, Pengujian ini dilihat dari kondisi semen yang mana kemasan semen dilakukan dengan cara visual secara langsung. Untuk penelitian ini kondisi semen masih bagus tidak terbuka ataupun robekan, untuk kemasan sendiri juga kering dan kondisi semen terlihat gembur tidak memadat. Keadaan Butiran Semen, Untuk proses pengujian ini dengan melakukan cara yaitu membuka kemasan semen dan selanjutnya di lihat secara visual mengenai keadaan butiran semen.

Dari hasil yang didapatkan dalam pengamatan semen, terlihat bahwa semen dipakai dalam penelitian ini masih bagus atau dalam keadaan baik yang mana tidak terjadi gumpalan pada butiran semen.

## 3.2. Pengujian asbes

### 3.2.1. Kuat lentur

Dari pengujian kuat lentur asbes plafon dilakukan pengujian dengan plafon pada umur 7 hari dengan jumlah benda uji 24 buah dari masing-masing variasi penambahan campuran abu sekam padi dan serat kulit jagung. Untuk hasil dari pengujian beban lentur pada asbes plafon ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Pengujian Kuat Lentur Asbes Plafon

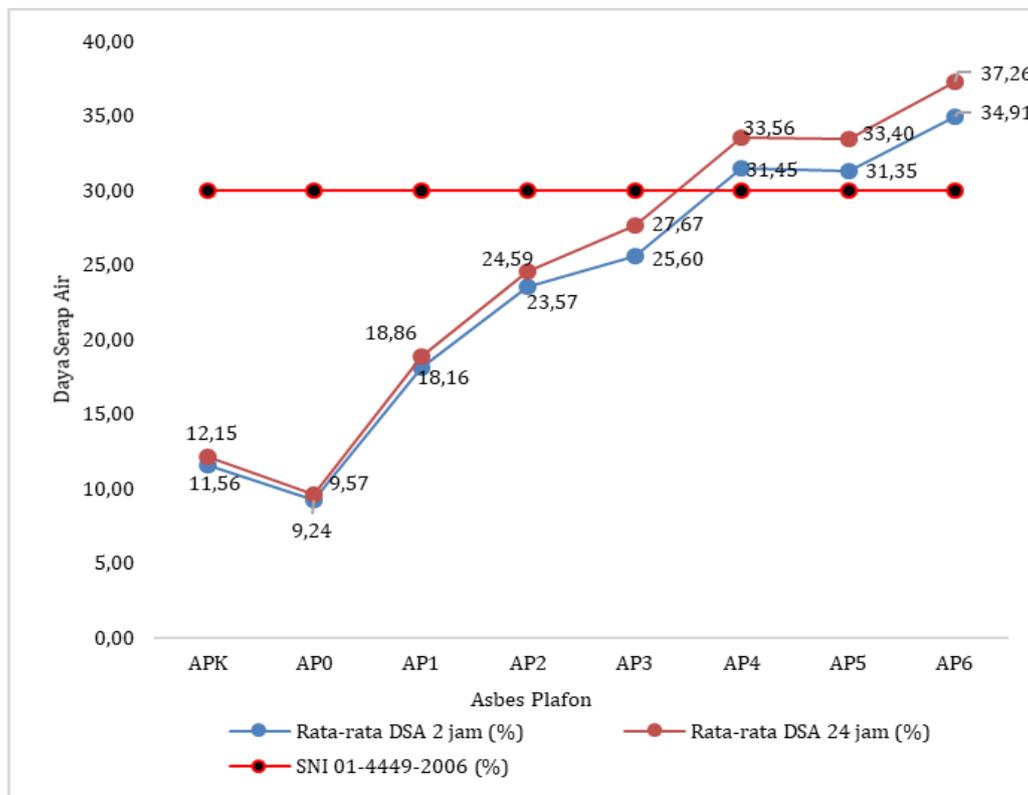
Gambar 2 menunjukkan hasil bahwa uji kuat lentur tidak menggunakan serat fiberglass dengan korelasi perbandingan antara nilai APK dan AP0 Kekuatan lenturnya meningkat karena penggantian material yang menggunakan serat kulit jagung yang mengandung selulosa dan sifat elastisitas yang sangat baik. Untuk AP0 dan AP1 nilai kekuatan lentur menurun, karena substitusi penggunaan semen dengan abu sekam padi dan penggantian fiberglass dengan serat kulit jagung. AP1 dengan AP2 mengalami penurunan nilai kuat lentur karena penggunaan semen yang berkurang, bertambahnya abu sekam padi, dan pemanfaatan serat kulit jagung. AP2 dengan nilai kuat lentur AP3 mengalami peningkatan karena penggunaan semen yang sama dan bertambahnya abu sekam padi, dan penggunaan serat kulit jagung yang sama. AP3 dengan AP4 dengan nilai kuat lentur meningkat karena penggunaan semen yang berkurang dan bertambahnya abu sekam padi, dan penggunaan serat kulit jagung yang bertambah. AP4 dengan AP5 mengalami penurunan nilai kekuatan lentur karena penambahan penggunaan abu sekam padi dan pengurangan penggunaan pasir. AP5 dengan AP6 mengalami peningkatan nilai kuat lentur dikarenakan penambahan penggunaan semen, abu sekam padi, dan pengurangan penggunaan serat kulit jagung dan pasir.

Dapat dilihat dalam gambar grafik 3 di atas berdasarkan pengtesan menggunakan Mesin UTM memahami bahwa pengujian asbes plafon memiliki kekuatan lentur Peningkatan tertinggi sebesar 65,261 kgf/cm<sup>2</sup> pada pengujian AP0 dengan kombinasi semen sebesar 38%, pasir sebesar 60% dan serat kulit jagung sebesar 2%. Sedangkan kuat lentur yang mengalami kenaikan paling besar pada penggunaan abu sekam padi adalah 49,965 kgf/cm<sup>2</sup> pada pengujian AP4 dengan kombinasi 23% semen, 25% abu sekam padi, 50% pasir dan serat kulit jagung sebesar 2%. Sementara untuk kuat lentur yang terendah sebesar 36,709 kgf/cm<sup>2</sup> terdapat pada sampel benda uji AP5 dengan kombinasi 23% semen, 30% abu sekam padi, 45% pasir dan serat kulit jagung 2%. Semua ini dapat disimpulkan

dari APK hingga AP6 sudah memenuhi standar SNI 01-4449-2006 sebesar  $>20 \text{ kgf/cm}^2$ .

### 3.2.2. Daya serap air

Dari pengujian penyerapan air (porositas) pada asbes plafon dilakukan pada umur 7 hari dengan jumlah benda uji 24 buah dari masing-masing variasi penambahan campuran abu sekam padi dan serat kulit jagung. Untuk hasil dari pengujian penyerapan air (porositas) pada asbes plafon bisa dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik Pengujian Daya Serap Air Asbes Plafon

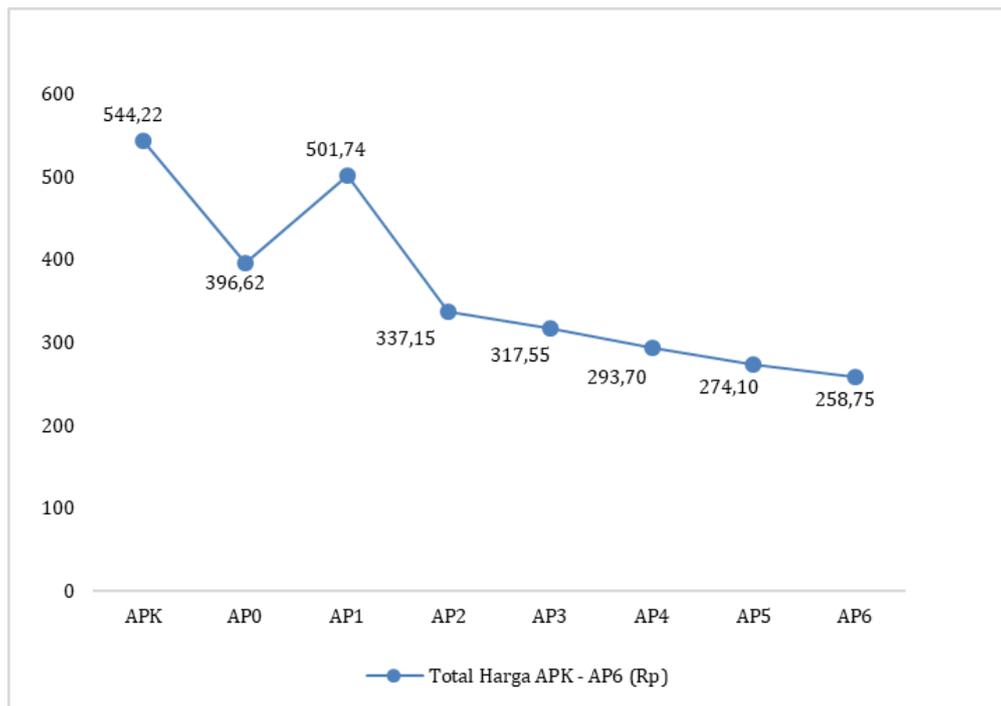
Berdasarkan hasil dari data pengujian kuat lentur dan daya serap air, menunjukkan bahwa pada penelitian kali ini yang menggunakan serat kulit jagung sebagai pengganti serat fiberglass dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen, mendapatkan hasil yang lebih baik dibandingkan hasil optimal pada penelitian terdahulu yang menggunakan serat kulit jagung sebagai bahan campuran pembuatan eternit (Dian Angga Prasetyo Sutikno, 2017). Ini semua dapat kita lihat pada penelitian kali ini khususnya pada sampel AP3 dengan nilai kuat lentur  $41,808 \text{ kgf/cm}^2$  dan nilai daya serap air  $27,67\%$  sedangkan pada penelitian (Dian Angga Prasetyo Sutikno, 2017) yang menunjukkan pada 1% serat kulit jagung, 1,4% serat kulit jagung, 1,6% serat kulit jagung mengalami patah pada bagian tepi. Sehingga ini dapat disimpulkan dengan adanya substitusi parsial terhadap semen menggunakan abu sekam padi berpengaruh pada kuat lentur dan daya serap air yang lebih baik atau optimal.

Selain itu, hasil penelitian kali ini juga mempunyai nilai kuat lentur dan daya serap air yang lebih baik dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Petrus Patandung 2016) yang menggunakan serat kelapa sebagai pengganti serat fiberglass dan abu sekam padi sebagai substitusi parsial semen. Ini semua dapat kita lihat pada penelitian kali ini khususnya pada sampel AP3 yang mempunyai nilai kuat lentur  $41,808 \text{ kgf/cm}^2$  dan nilai daya serap air  $27,67\%$  sedangkan pada penelitian (Petrus Patandung, 2016) yang menunjukkan pada sampel E yang menggunakan abu sekam padi 1000g, gypsum 1600g, semen 1000g, dan serat sabut kelapa 215g mengalami permukaan lembaran yang agak berlubang atau cacat dan terjadinya rembesan air. Hal ini juga membuktikan bahwa serat kulit jagung memiliki kuat lentur yang lebih baik dibandingkan serat kelapa.

### 3.3. Analisis perbandingan biaya material

Berikut adalah perbandingan biaya material asbes plafon konvensional dengan asbes plafon inovasi

dengan menambahkan abu sekam padi dan serat kulit jagung. Adapun perbandingan total harga APK-AP6 ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Analisis Perbandingan Biaya Material

Gambar 5 menunjukkan bahwa asbes plafon dengan kombinasi semen, pasir, abu sekam padi, dan serat kulit jagung tanpa memakai serat fiberglass dimana harga asbes plafon konvensional memiliki harga Rp. 544,22. Pada benda uji AP1 dengan kombinasi pasir, semen dan Serat kulit jagung menimbulkan adanya selisih harga sebesar Rp 42,48 dengan asbes plafon konvensional. Ini karena penggunaan serat kulit jagung menyebabkan adanya pengganti serat fiberglass yang mempengaruhi biaya asbes plafon AP1. Selisih harga ini masih terbilang sangat kecil jika dibandingkan dengan benda uji AP2, AP3, AP4, AP5 dan AP6. Sedangkan pada benda uji AP6 mempunyai selisih harga yang sangat tinggi dikarenakan adanya kombinasi abu sekam padi yang mengurangi jumlah volume semen dan penggunaan serat kulit jagung sebagai pengganti fiberglass sehingga mendapatkan selisih sebesar Rp285,47 yang dimana itu semua disebabkan harga semen per kilo Rp1.475 dan harga pasir per kilo sebesar Rp1.400. Walaupun dengan harga yang lebih murah tidak berarti kualitas bahan menjadi turun. Dapat dilihat dan disimpulkan bahwa asbes plafon dengan campuran abu sekam padi dan serat kulit jagung memiliki kualitas yang lebih baik daripada asbes plafon yang tanpa menggunakan campuran abu sekam padi dan serat kulit jagung. Hal ini dapat dilihat dari kekuatan lentur yang baik ketika ditambahkan serat kulit jagung dan abu sekam padi. Sementara untuk penyerapan air (porositas) juga lebih baik dan sudah sesuai standar SNI.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pengaruh pemanfaatan abu sekam padi dan serat kulit jagung sebagai kombinasi bahan pembuatan asbes plafon semakin banyak abu sekam padi maka nilai daya serap air meningkat, sedangkan pemanfaatannya Serat kulit jagung dapat mempengaruhi nilai kekuatan lentur.
- 2) Hasil karakteristik asbes plafon yang didapatkan pada pengujian sifat fisis antara lain :
  - a) Hasil nilai kekuatan lentur rata – rata berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan untuk variasi yang menggunakan semen, pasir, serat kulit jagung nilai terbaik adalah AP0 menambahkan hingga 65,261 kgf/cm<sup>2</sup> sedangkan variasi yang menggunakan abu sekam padi dan serat kulit jagung nilai terbaiknya pada AP4 sebesar 49,965 kgf/cm<sup>2</sup>. Jadi, semakin tinggi nilai kuat lenturnya maka semakin baik pula asbes plafon tersebut menanggung beban yang lebih besar.
  - b) Hasil dari nilai daya serap air (porositas) yang umum berdasarkan Pengujian yang telah

dilakukan adalah untuk variasi yang menggunakan semen, pasir, serat kulit jagung nilai paling rendah pada AP0 adalah 9,57% sedangkan variasi menggunakan abu sekam padi dan serat kulit jagung dengan nilai paling rendah pada AP2 sebesar 24,59%. Jadi semakin rendah nilai penyerapan air, semakin baik untuk asbes plafon karena jika terjadi rembesan air tidak akan bocor.

- 3) Perbandingan biaya pembuatan 1 asbes plafon menunjukkan besarnya biaya yang murah dan paling memenuhi SNI 01 - 4449 - 2006 pada uji asbes plafon inovasi AP3 dengan biaya lengkap Rp. 317.55,- AP3 dipilih karena mempunyai kuat lentur terbaik senilai 41,808 kgf/cm<sup>2</sup> dan nilai daya serap air (porositas) sebesar 27,67% yang menggunakan campuran semen, pasir, abu sekam padi, dan serat kulit jagung.

## Referensi

- Adnan, A. A. (2006). Karakterisasi fisiko kimia dan mekanis kelobot jagung sebagai bahan kemasan.
- Putri, D. A., & Risdianto, Y. PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER.
- Patandung, P. (2018). Pengembangan Pembuatan Plafon Dari Abu Sekam Padi Dengan Menggunakan Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(1), 39-50.
- Putri, D. A., & Risdianto, Y. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Seluler.
- Prasetyo, D. A. (2017). Pemanfaatan Serat Kulit Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Plafon Eternit. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1).
- Resdina Silalahi, dkk. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Komposit Serat Kulit Jagung Poliester Dengan Metode Choper strand Mat. Medan. FMIPA. USU
- Anggriani, B. (2017). Pengujian Sifat Fisis Papan Dari Campuran Limbah Serat Batang Kelapa Sawit Dan Serbuk Kayu Industri Dengan Perekat Poliester (Doctoral dissertation, UNIMED).
- Agus Wijaya. 2005. Pemanfaatan Pelepeh Pisang Sebagai Serat Pada Plafon. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil. UNESA.
- Windy Sawitri. 2010. Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk Aren (*Arenga Pinnata*) Sebagai Pengganti Serat Kain Untuk Bahan Pembuatan Papan Plafon Terhadap Kualitasnya. Surabaya. Jurusan Tekni Sipil. UNESA
- Dwi Kurniawan Saputra. 2013. Pemanfaatan Serat Dan Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Bahan Penguat Pembuatan Plafon Eternit. Fakultas Teknik. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung
- Syukur, M., & Sembiring, A. D. (2010). Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa dengan Resin Polyester terhadap Karakteristik Papan Lembaran (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Sugiyanto, dkk. 2013. Pengaruh Waktu Perendaman dan Jenis Larutan Terhadap kekuatan Tarik Serat Nanas. Jurusan Tennik Mesin. UNSA.



## Pemanfaatan limbah *high density polyethylene* (HDPE) geomembrane sebagai campuran beton normal

Agus Hendrayana<sup>a\*</sup>, Riza Susanti<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>

<sup>a\*, b, c</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Corresponding author:

Email:

#### Article history:

Received : 20 November 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Chopped, Compressive Strength, Geomembrane, HDPE, Normal Concrete, Tensile Strength

*High-Density Polyethylene (HDPE) is a thermoplastic polymer material processed by the heating process of petroleum. One processed product is geomembrane sheets, commonly used to construct ponds in geothermal areas. This Final Project researched High-Density Polyethylene geomembrane waste as an additional material mixed into ordinary or everyday concrete mixtures with  $f_c' = 25$  MPa quality. The added waste material from the geomembrane (HDPE) is 0.5 x 0.5 cm and has been cut or chopped with a particular machine. High-density polyethylene (HDPE) content is included in the mixture in regular concrete with a volume composition of 0.00%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1.00%. The method for calculating the composition of the concrete mixture uses the American Concrete Institute (ACI) standard. The results showed that the most optimum value for obtaining the compressive strength of concrete  $f_c' 25$  MPa with the highest value of split tensile strength (3.54 MPa) was a mixture with 0.50% chopped geomembrane (HDPE). Based on these results, waste in geothermal areas is expected to be reduced by using concrete and a mixture of chopped geomembrane (HDPE).*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Beton adalah salah satu beberapa bahan material untuk konstruksi yang umum digunakan. Pada pembahasan penelitian ini, akan dibahas mengenai beton dan campuran dari bahan tambah lainnya. Dari kalangan peneliti maupun praktisi telah banyak melakukan penelitian tentang beton dengan campuran yang berasal dari produk turunan biji plastik, dengan semakin besar limbah dari turunan biji plastik serta diimbangi dengan pertumbuhan teknologi beton yang semakin berkembang. Contohnya seperti yang dilakukan oleh Bambang, M. (2008), Pratiko. (2011), Rismayasari, Y. dkk. (2012), Respati, S. dkk. (2013), Suwarno, A. dkk. (2015), Pamudji, G. dkk. (2019), Armidion, R. dkk. (2018), Indrawijaya, U. dkk. (2019) yang menggunakan campuran *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Pirman, A. dkk. (2017) yang menggunakan campuran *Poly Propylene* (PP) untuk pembuatan beton normal. Dalam kesempatan ini, peneliti akan membuat campuran pembuat beton dengan penggunaan hasil turunan biji plastik berupa *High Density Polyethylene* (HDPE) yang akan dijadikan bahan tambah yang dicampurkan ke dalam campuran beton normal ( $f_c'=25$  MPa) berupa cacahan limbah plastik *geomembrane*. Proporsi cacahan *geomembrane* (HDPE) yang kemudian ditambahkan ke beton adalah 0,00%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; dan 1,00% yang bertujuan untuk mengetahui besar dampak atau pengaruh dari *geomembrane* (HDPE) terhadap kuat tekan serta kuat tarik belah beton dengan menggunakan uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adanya penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui campuran dari cacahan *geomembrane* (HDPE) yang optimum sehingga dapat diketahui seberapa banyak pemanfaatan limbah *geomembrane* (HDPE) yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah yang ada di Kawasan Panas Bumi (*geothermal*).

## 2. Data dan metode

### 2.1. Persiapan material

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian di laboratorium pada agregat halus (pasir beton) dan agregat kasar (batu pecah/kerikil), sedangkan untuk material Portland Cement (PC), cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) dan air tersebut tidak dilakukan pengujian. Karakteristik *Portland Cement* (PC) disesuaikan dengan hasil pengujian pabrik, bahan tambahan berupa cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) mengacu pada sifat mekanik dan sifit dari *High Density Polyethylene* (HDPE) itu sendiri, sedangkan untuk air yang digunakan adalah sesuai dengan mutu baku air. Adapun material penyusun beton yang akan digunakan antara lain sebagai berikut:

- a) Portland cement (PC) = Semen/PC type I (Tiga Roda)
- b) Agregat halus = Pasir Halus, Tayan
- c) Agregat kasar = Split/Kerikil, Ciledug
- d) Air = Air olahan/PAM
- e) Bahan tambah = *High Density Polyethylene* (HDPE)  
Hasil cacah limbah *geomembrane* dengan ukuran maksimal 5x5 mm

### 2.2. Metode pengujian agregat

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan pada standar SNI dan ASTM sesuai dengan jenis pengujian terhadap agregat yang dilakukan. Dimana pada standar tersebut terdapat pengujian agregat halus dan agregat kasar yang biasa dilakukan yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Metode Pengujian dan Persyaratan Agregat

No	Pengujian	Standar	Persyaratan	
			Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis (SSD)	SNI 03-1970-1990	≥ 2.5	≥ 2.5
2	Penyerapan (%)		≤ 5	≤ 3
3	Kadar Air (%)	SNI 03-1971-1990		
4	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	ASTM C 29 - 97	≥ 1.3	≥ 1.3
5	Modulus Kehalusan	ASTM C 33 - 03	2.15 - 3.45	-

### 2.3. Persiapan bahan tambah

Dalam penelitian ini, material *High Density Polyethylene* (HDPE) yang digunakan adalah berbentuk cacahan dari *geomembrane* yang digunakan sebagai pelapis dari kolam pada area Panas Bumi (*geothermal*). HDPE ini memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dengan nilai 40 MJ/kg, yang setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar (Syamsiro dan Arbiyantoro, 2014). Proses pembuatan bahan tambah HDPE yang berupa cacahan dari lembaran *geomembrane* dikategorikan sebagai material sisa/limbah dalam proses prmbuatan kolam (pond) di Kawasan Panas bumi (*geothermal*). Proses produksi dengan menggunakan temperature tinggi dapat disebut dengan "cracking". Molekul gas yang tercipta dari proses tersebut selanjutnya akan menyatu dan dapat diolah menjadi polimer dengan bahan utama *polyethylene*. Dari proses tersebut menghasilkan bijih mentah (HDPE resin) yang siap untuk dibentuk. Adapun sifat dari *High Density Polyethylene* (HDPE) adalah antara lain sebagai berikut:

- *Density* : 0,942 – 0,965 gr/cm<sup>3</sup>
- *Cristallinity* : 80 – 90 %
- *Melting Temperature* : 127 – 135 °C
- *Tensile Strength* : 413– 1034 MPa
- *Tensile Modulus*
- *Elongation at Break* : 20 – 130 %
- *Impact Strength* : 0,8 – 14 (ft-lb/in)
- *Heat Deflection Temp.* : 60 – 88 °C(66 psi)
- *Weight (1,5 mm)* : 1,4 kg/m<sup>2</sup>

Adapun proses pembuatam bahan tambah ini adalah sebagai berikut:

- 1) Lembaran *geomembrane* (HDPE) dibersihkan terlebih dahulu dari sisa cairan, kandungan tanah, oli, minyak atau campuran lainnya dengan menggunakan air bersih dan kain/lap hingga bersih.

Pembersihan dilakukan terdapat 2 sisi dari lembaran tersebut.

- 2) Kemudian *geomembrane* (HDPE) tersebut dipotong dengan ukuran 10 x10 cm agar mudah dalam dimasukkan ke dalam mesin pencacah atau dengan gunting seng.
- 3) Apabila keluaran dari mesin pencacah masih diatas 0,5 x 0,5 cm, maka cacahan tersebut dimasukkan kembali kedalam mesin hingga target rata-rata dari cacahan tersebut berukuran 0,5 x 0,5 cm. Adapun lembaran dan cacahan *geomembrane* (HDPE) ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Lembaran dan Cacahan *Geomembrane* (HDPE)

- 4) Setelah proses pencacahan sesuai dengan target, selanjutnya dicuci kembali dengan air bersih hingga bersih, dan kemudian dikeringkan.
- 5) Setelah cacahan *geomembrane* (HDPE) telah dicuci dan mengering, maka bahan tambah tersebut siap untuk digunakan sebagai campuran pada penelitian ini. Bahan cacahan *geomembrane* (HDPE) ini nantinya akan menggantikan material agregat kasar dengan prosentase sesuai dengan rencana.

#### 2.4. Rencana campuran beton

Komposisi campuran penyusun beton yang direncanakan dapat ditentukan dengan membuat perencanaan komposisi beton (mix design) berdasarkan semua material penyusunnya. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa komposisi campuran memenuhi spesifikasi sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis. Faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan ketika merancang campuran beton adalah kuat betonnya. Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode American Concrete Institute (ACI) untuk rencana campuran beton normal.

Oleh karena itu, sangat penting untuk merencanakan komposisi campuran beton dengan memperhitungkan biaya, ketersediaan bahan/material yang digunakan, kemudahan dalam pekerjaan dan kekuatan beton. Metode American Concrete Institute (ACI) akan memperhitungkan jumlah air, agregat halus dan kasar, Portland Cement (PC) berdasarkan mutu yang direncanakan. Dan yang harus diperhatikan dalam menggunakan metode ACI ini adalah sebagai berikut:

- Metode yang digunakan adalah trial and error (eksperimental) pengujian untuk mendapatkan proporsi bahan yang sesuai.
- MHB atau Nilai Modulus Halus Butir tidak memberikan gambaran gradasi yang tepat dari agregat, sehingga harus dilakukan koreksi lagi untuk agregat dengan berat jenis yang berbeda.

Cacahan dari limbah *geomembrane* (HDPE) nantinya akan menggantikan dari campuran agregat kasar dengan perubahan prosentase dari berat yang akan digunakan dengan nilai yang sama. Banyaknya bahan tambah yang digunakan, jenis pengujian yang akan dilakukan, umur benda uji dan jumlah dari benda uji yang dibuat disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Jumlah Benda Uji Beton Rencana

Kode Benda Uji	Prosentase Bahan Tambah HDPE	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BU <sub>00</sub>	0,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU <sub>25</sub>	0,25 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU <sub>50</sub>	0,50 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5

Kode Benda Uji	Prosentase Bahan Tambah HDPE	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BU <sub>75</sub>	0,75 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tarik belah	28	5
			Kuat tekan	28	5
BU <sub>10</sub>	1,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tarik belah	28	5
			Kuat tekan	28	5
<b>Jumlah Total Benda Uji</b>					<b>50</b>

## 2.5. Pengujian beton

Adapun pengujian pada beton dilakukan sebagai berikut:

### 1) Pengujian beton segar (slump test)

Jenis pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan metode ASTM C-143, yaitu metode standar untuk pengujian dan pengukuran nilai slump dari beton normal. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekentalan dari adukan beton yang dihasilkan pada setiap proses pencampuran beton. Kekentalan beton ini akan berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) di lapangan.

### 2) Pengujian kuat tekan beton

Pengujian yang dilakukan pada beton yang mengeras adalah untuk mengetahui kuat tekan beton untuk setiap persentase penambahan *geomembrane* (HDPE) pada benda uji. Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 1974:2011.

### 3) Pengujian kuat tarik belah beton

Telah diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik belah yang rendah dimana besar kuat tarik belah beton memiliki perbandingan sekitar 9%-15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tekan dan nilai kuat beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tarik belahnya (Istimawan Dipohusodo,1996). Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik belah tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder, yang diperoleh dari hasil pembebanan sesuai dengan SNI 2491:2014.

## 3. Hasil dan pembahasan

Pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah terhadap bahan baku pembentuk beton (agregat halus dan kasar), pengujian beton pada saat keadaan segar dan pengujian beton yang telah mengeras pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian, selanjutnya data yang diperoleh akan dianalisa terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) yang telah direncanakan.

### 3.1. Hasil uji agregat

Tabel 3 merupakan hasil pengujian agregat halus yang telah dilakukan dengan hasil yang seluruhnya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

**Tabel 3.** Hasil Uji Agregat Halus

No	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Ket.
1	Berat Jenis (SSD)	$\geq 2,50$	SNI 03-1970-1990	2,57	Memenuhi
2	Penyerapan (%)	$\leq 5$		1,97	Memenuhi
3	Kadar Air (%)		SNI 03-1971-1990	6,06	Memenuhi
4	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	$\geq 1.300,00$	ASTM C 29 - 97	1.408,00	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	2.15 - 3.45	ASTM C 33 - 03	2,59	Memenuhi

Adapun Tabel 4 merupakan hasil pengujian agregat kasar yang telah dilakukan dengan hasil yang seluruhnya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

**Tabel 4.** Hasil Uji Agregat Kasar

No	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Ket.
1	Berat Jenis (SSD)	$\geq 2,50$	SNI 03-1970-1990	2,56	Memenuhi
2	Penyerapan (%)	$\leq 3,00$		1,21	Memenuhi
3	Kadar Air (%)		SNI 03-1971-1990	0,77	Memenuhi
4	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	$\geq 1.300,00$	ASTM C 29 - 97	1.351,00	Memenuhi

### 3.2. Perhitungan rencana campuran beton

Adapun rekap data yang digunakan sebagai dasar perhitungan rencana campuran beton adalah sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan rencana = 25 Mpa
- 2) Rencana *slump* = 75-100 mm
- 3) Ukuran agregat = 37,5 mm
- 4) Berat jenis *Portland Cement* = 3150 kg/m<sup>3</sup>

Adapun rekapitulasi data agregat disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Data Agregat

Data	Berat Jenis (SSD)	Penyerapan (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi (kg/m <sup>3</sup> )	Modulus Kehalusan
Agregat Halus	2,57	1,97	6,06	1.408,00	2,59
Agregat Kasar	2,56	1,21	0,77	1.351,00	-

Berdasarkan data tersebut, maka data tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan dan faktor koreksi pada rencana campuran beton dengan metode ACI (*American Concrete Institute*), sehingga diperoleh proposi campuran beton dalam satuan kg/m<sup>3</sup> sebagai berikut:

Air	:	<i>Portland Cement</i>	:	Agregat Kasar	:	Agregat Halus
148,58	:	348,00	:	981,91	:	830,91
1	:	2,3	:	6,6	:	5,6

Campuran beton dengan cacahan *geomembrane* (HDPE) adalah dengan prosentase 0,00%; 0,25%; 0,50%; 0,75% dan 1,00% dengan mengurangi prosentase dari berat agregat kasar. Sehingga diperoleh perhitungan campuran bahan baku untuk per m<sup>3</sup> nya disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perhitungan Campuran Bahan Baku Beton

Benda Uji Campuran	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU <sub>00</sub> (0,00%)	148,58	348,00	830,91	981,91	0,00
BU <sub>25</sub> (0,25%)	148,58	348,00	830,91	979,46	2,45
BU <sub>50</sub> (0,50%)	148,58	348,00	830,91	977,00	4,91
BU <sub>75</sub> (0,75%)	148,58	348,00	830,91	974,55	7,36
BU <sub>10</sub> (1,00%)	148,58	348,00	830,91	972,09	9,82

Sedangkan volume kebutuhan total untuk setiap bahan baku penyusun beton yang diperlukan berdasarkan jumlah benda uji yang dibuta (50 buah) disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Total Kebutuhan Bahan Baku Beton

Benda Uji Campuran	Total Volume Benda Uji (m <sup>3</sup> )	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU <sub>00</sub> (0,00%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,28	0,00

Benda Uji Campuran	Total Volume Benda Uji (m <sup>3</sup> )	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU <sub>25</sub> (0,25%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,18	0,10
BU <sub>50</sub> (0,50%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,08	0,20
BU <sub>75</sub> (0,75%)	0,04	5,94	13,92	33,24	38,98	0,29
BU <sub>10</sub> (1,00%)	0,04	5,94	13,92	33,24	38,88	0,39
Total Kebutuhan	0,20	29,72	69,60	166,18	195,40	0,98

### 3.3. Slump Test

Adapun hasil pengujian *slump test* pada masing-masing benda uji campuran disajikan pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Nilai *Slump Test*

No	Benda Uji Campuran	Nilai <i>Slump</i> Beton (mm)
1	BU <sub>00</sub> (0,00%)	80
2	BU <sub>25</sub> (0,25%)	90
3	BU <sub>50</sub> (0,50%)	85
4	BU <sub>75</sub> (0,75%)	95
5	BU <sub>10</sub> (1,00%)	85

Tabel 8 menunjukkan bahwa terdapat selisih nilai *slump* yang lebih rendah dari benda uji tanpa campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dengan benda uji dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dengan nilai *slump* paling tinggi 15 mm. Dengan semakin naiknya nilai *slump* dari persentase campuran cacahan *geomembrane* (HDPE), maka akan menyulitkan dalam pekerjaan apabila campuran tersebut ditingkatkan lagi. Nilai *slump* dari seluruh benda uji yang terdapat campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) tersebut masih masuk dalam batas campuran *slump* rencana dengan nilai 75-100 mm.

### 3.4. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh benda uji silinder beton yang dilakukan pada umur beton 28 hari (18 Maret 2023) dengan  $f'_c$  rencana 25 MPa. Pengujian ini dilakukan dengan alat *Concrete Compressive Strength Test* yang disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	BU <sub>00</sub> (0,00%)	28	A	504.19	17.678,57	28,52	27,86
			B	487.22	17.678,57	27,56	
			C	532.48	17.678,57	30,12	
			D	494.65	17.678,57	27,98	
			E	444.79	17.678,57	25,16	
2	BU <sub>25</sub> (0,25%)	28	A	426.94	17.678,57	24,15	26,23
			B	465.65	17.678,57	26,34	
			C	499.07	17.678,57	28,23	
			D	475.73	17.678,57	26,91	
			E	451.51	17.678,57	25,54	
3	BU <sub>50</sub> (0,50%)	28	A	461.59	17.678,57	26,11	25,04
			B	449.57	17.678,57	25,43	
			C	499.07	17.678,57	28,23	
			D	376.02	17.678,57	21,27	
			E	426.94	17.678,57	24,15	

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
4	BU <sub>75</sub> (0,75%)	28	A	377.26	17.678,57	21,34	23,01
			B	400.60	17.678,57	22,66	
			C	373.37	17.678,57	21,12	
			D	426.94	17.678,57	24,15	
			E	455.40	17.678,57	25,76	
5	BU <sub>10</sub> (1,00%)	28	A	396.88	17.678,57	22,45	22,39
			B	429.94	17.678,57	24,32	
			C	339.07	17.678,57	19,18	
			D	420.04	17.678,57	23,76	
			E	392.99	17.678,57	22,23	

Hasil pengujian pada kuat tekan yang ditunjukkan pada Tabel 10 dengan menggunakan benda uji silinder mengalami penurunan nilai kuat tekan beton seiring dengan adanya variasi penambahan prosentase campuran cacahan *geomembrane* (HDPE). Nilai rata-rata kuat tekan tanpa campuran adalah 27,86 MPa dari mix design yang direncanakan adalah sebesar 25 MPa, namun mengalami penurunan mutu beton pada campuran cacahan cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,25% menjadi 26,23 MPa, campuran 0,50% menjadi 25,04 MPa, campuran 0,75% menjadi 23,01 MPa dan campuran 1,00% menjadi 22,39 MPa.

Penurunan nilai kuat tekan tersebut dikarenakan penambahan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dapat membuat campuran beton tidak dapat tercampur dengan sempurna karena berkurangnya persentase agregat kasar dan cacahan yang digunakan sebagai pengganti tersebut memiliki permukaan yang rata dan halus sehingga ikatan antar penyusun dari beton tersebut mengalami penurunan. Hal tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pirman A. Firdaus, 2017) bahwa nilai kuat tekan yang turun dapat terjadi karena agregat dari limbah plastik yang digunakan sebagai campuran mempunyai permukaan yang relatif lebih halus dibandingkan dengan agregat kasar yang berasal dari batu pecah dimana sehingga menyebabkan semakin lemahnya ikatan yang terjadi antara semen dan agregat. Faktor lain yang terjadi adalah campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) tidak memiliki daya serap air, sehingga kandungan air dalam campuran tersebut tidak terserap dan mengering dengan sempurna. Hal tersebut juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Suwarno, Anung. 2015) bahwa penambahan variasi campuran plastik akan mengurangi kekuatan tekan karena faktor dari penyerapan air dari campuran plastik tersebut.

### 3.5. Kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan untuk memperoleh beban tarik maksimum yang mampu ditumpu oleh benda uji silinder beton yang dilakukan pada umur beton 28 hari (18 Maret 2023) dengan campuran  $f'c$  rencana 25 MPa. Pengujian ini dilakukan dengan hasil yang disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Hasil Uji Kuat Tarik Beton

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Koefisien Silinder (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	BU <sub>00</sub> (0,00%)	28	A	228.41	141.428,57	3.23	3,48
			B	220.63	141.428,57	3.12	
			C	251.04	141.428,57	3.55	
			D	292.05	141.428,57	4.13	
			E	236.89	141.428,57	3.35	
2	BU <sub>25</sub> (0,25%)	28	A	251.74	141.428,57	3.56	3,52
			B	289.93	141.428,57	4.10	
			C	259.52	141.428,57	3.67	
			D	221.34	141.428,57	3.13	

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Koefisien Silinder (mm <sup>2</sup> )	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
			E	222.04	141.428,57	3.14	
3	BU <sub>50</sub> (0,50%)	28	A	229.11	141.428,57	3.24	3,64
			B	297.00	141.428,57	4.20	
			C	290.64	141.428,57	4.11	
			D	226.29	141.428,57	3.20	
			E	243.26	141.428,57	3.44	
4	BU <sub>75</sub> (0,75%)	28	A	226.29	141.428,57	3.20	3,22
			B	245.38	141.428,57	3.47	
			C	194.46	141.428,57	2.75	
			D	251.04	141.428,57	3.55	
			E	222.04	141.428,57	3.14	
5	BU <sub>10</sub> (1,00%)	28	A	198.00	141.428,57	2.80	3,06
			B	236.19	141.428,57	3.34	
			C	230.53	141.428,57	3.26	
			D	229.82	141.428,57	3.25	
			E	187.39	141.428,57	2.65	

### 3.6. Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, maka dapat ditentukan nilai optimum untuk masing masing campuran, dengan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Berdasarkan Gambar 2, nilai optimum yang didapatkan berdasarkan nilai mutu beton  $f_c$  rencana 25 MPa adalah pada nilai kuat tekan 25,04 MPa dan kuat tarik belah 3,64 MPa yaitu pada campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,50%. Nilai optimum tersebut diambil berdasarkan nilai dari kuat tarik belah yang paling tinggi namun masih diatas dari mutu beton rencana, sehingga pemanfaatan dari limbah *geomembrane* (HDPE) dapat maksimal tanpa mengurangi kualitas dan mutu beton. Sedangkan prosentase perbandingan nilai kuat tarik belah dengan kuat tekan disajikan pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Persentase Perbandingan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Perbandingan (%)
BU <sub>00</sub> (0,00%)	3,48	27,86	12,49
BU <sub>25</sub> (0,25%)	3,52	26,23	13,42
BU <sub>50</sub> (0,50%)	3,64	25,04	14,54
BU <sub>75</sub> (0,75%)	3,22	23,01	13,99
BU <sub>10</sub> (1,00%)	3,06	22,39	13,67

### 3.7. Analisis hasil pemanfaatan

Analisis pemanfaatan yang dilakukan adalah dengan menghitung penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) pada campuran yang optimum, yaitu pada campuran beton 0,50%. Berikut adalah tabel yang menunjukkan volume penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) per m<sup>3</sup> beton pada campuran 0,50% yang disajikan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Campuran Beton 0,50% Cacahan *Geomembrane* (HDPE)

Benda Uji Campuran	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU <sub>50</sub> (0,50%)	148,58	348,00	830,91	977,00	4,91

Berdasarkan Tabel 12 penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) adalah 4,91 kg untuk setiap m<sup>3</sup> beton yang dibuat, sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Jumlah kebutuhan cacahan/Berat } \textit{geomembrane} \text{ (HDPE)} \\ &= 4,91 \text{ Kg} / 1,40 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 3,51 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas yang dibutuhkan untuk membuat beton dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,50% adalah 3,51 m<sup>2</sup>.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan pengujian *slump* menunjukkan bahwa variasi campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dari 0,00% hingga 1,00% masih dapat dikerjakan karena seluruhnya masih dalam *slump* rencana yaitu 75-100 mm. Perbedaan ada pada campuran 0,00% yaitu dengan nilai 80 mm sedangkan campuran 0,25% hingga 1,00% yaitu memiliki hasil *slump* diatas 80 mm dengan selisih tertingginya 15 mm, hal ini dikarenakan sifat dari cacahan *geomembrane* (HDPE) yang tidak dapat menyerap air dan memiliki permukaan yang halus sehingga mengurangi ikatan antar material.
- 2) Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang telah dilakukan, nilai paling besar yang didapatkan adalah pada campuran beton 0,00% cacahan *geomembrane* (HDPE), atau tidak ditambahkan sama sekali campuran tersebut. Namun pada campuran 0,25% dan 0,50% nilai kuat tekan masih masuk pada nilai kuat tekan yang direncanakan ( $f_c'$  25 MPa) dengan nilai kuat tekan masing-masing 26,23 MPa dan 25,04 MPa sehingga campuran tersebut masih dapat digunakan sebagai pemanfaatan *geomembrane* (HDPE).
- 3) Nilai kuat tarik belah pada hasil pengujian diketahui nilai yang optimum adalah pada campuran 0,50% dengan nilai 3,64 MPa.
- 4) Berdasarkan perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton, maka didapatkan nilai optimum pada campuran 0,50% dengan nilai kuat tekan 25,04 MPa dan kuat tarik belah 3,64 MPa. Nilai optimum tersebut didapatkan dari perbandingan prosentase perbandingan sebesar 14,54% dengan perbandingan yang paling besar dibandingkan campuran yang lainnya.
- 5) Dengan campuran 0,50%, maka pemanfaatan cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) yang dapat digunakan adalah 4,91 kg atau 3,5 m<sup>2</sup> per m<sup>3</sup> beton mutu  $f_c'$  25 MPa yang digunakan. Berdasarkan nilai *slump* rencana (75-100 mm) maka campuran tersebut akan sesuai apabila digunakan pada pekerjaan perkerasan jalan (*rigid pavement*).

## Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini, keluarga dan teman teman, serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Semoga kedepannya penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan.

## Referensi

- ACI Committee 211.1-77. (1997). Recommended Practice for Selecting Proportions for Normal and Heavyweight Concrete. ACI Manual of Concrete Practice.
- Armidion, R. Rahayu, T. (2018). Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton Dengan Campuran Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET). Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Bambang, Mahendya. (2008). Penggunaan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kapasitas Tarik Belah dan Geser. Universitas Indonesia
- Dipohusodo, Istimawan. (1996). Struktur Beton Bertulang. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Indrawijaya, B. Wibisana, A. (2019) Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Blok Beton. Universitas Pamulang.
- Juwono, H. Harmani. Kurniawan, F. (1999). Studi Pengkajian Limbah Botol Minuman/Polietilen Terephthalate (PET) Sebagai Bahan Campur Tambah (Admixture) Dalam Pembuatan Beton Polimer, Laporan Penelitian, Surabaya.
- Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. Andi Publishing.
- Pamudji, G. Asriani, F. Fauzi, A. (2019). Kekuatan Lentur Balok Beton Ringan Beragregat Sampah Plastik. Purwokerto.
- Pamudji, G. Heribowo, B. Yuta, A.P, and Purnomo, H. Bond-Slip Behavior of Steel Bar Embedded in Lightweight Concrete Using Sand Coated Polypropylene Coarse Aggregate. *Materials Science Forum* 929: 103 – 108 pp.
- Pamudji, G. Purnomo, H. Katili, I. Imran, I. (2013). The use of plastics waste as coarse aggregates for moderate strength concrete. *Proceeding the 6th Civil Engineering Conference in Asia Region: Embracing the Future through Sustainability*.
- Pratikto. (2011). Beton Ringan Beragregat Limbah Botol Plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate). Politeknik Negeri Jakarta
- Pirman A. Firdaus, Jonbi. (2017). Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polypropylene (PP) Sebagai Campuran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Pada Beton  $f_c' 25$  MPa. Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasila
- Respati, S. Kusumo, D. Achmad, D. (2013). Prototipe Dinding Betik Hasil Daur Ulang Sampah Plastik. Politeknologi
- Rismayasari, Y. Utari, Santosa, U. (2012). Pembuatan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakterisasinya, *Indonesian Journal of Applied Physics*. Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Rommel, E. (2013). Pembuatan Beton Ringan dari Agregat Buatan Berbahan Plastik. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang
- Standar Nasional Indonesia. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. (SNI 03-2834-2000). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. (SNI 1969:2008). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. (SNI 1970:2008). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008), Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan (SNI 7394: 2008). Dewan Standarisasi Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Slump Beton. (SNI1972:2008). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan. (SNI 1971:2011). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Silinder. (SNI 1974:2011). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2014). Cara Uji Kuat Tarik Belah Beton Silinder. (SNI 2491:2014). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suwarno, A., Sudarmono (2015). Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton. Politeknik Negeri Semarang
- Tjokrodimulyo, K. (1996). Pengetahuan Dasar Teknologi Beton dan Ilmu Teknik. UGM. Yogyakarta.



## Pemanfaatan limbah kulit tiram sebagai substitusi semen pada campuran bata ringan

Saddam Saktya Sandytia<sup>a\*</sup>, Tommi Akbar Prasetyo<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>, Hartono<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[tommiaakbar26@gmail.com](mailto:tommiaakbar26@gmail.com)

#### Article history:

Received : 22 September 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Lightweight Brick, Oyster Shell Powder

### ABSTRACT

Indonesian coastal areas of tourist spots that cause large amounts of seafood waste, such as oyster shells, led to the idea of reducing beach pollution by using oyster shells as a partial substitute for lightweight bricks as construction material. Lightweight bricks require high costs and have a heavy mass as walls, so oyster shell powder, which contains calcium carbonate and has a smaller specific gravity, is expected to qualify the Indonesian National Standard (SNI) requirements for lightweight bricks. The research method is quantitative experimental, which observes the effect of variables based on SNI. The composite of the lightweight brick combination is 0.35 Water Cement Ratio (FAS): 1 cement: 2 sand: 1 foam agent: 50 water, and the variable of oyster shell powder added to the cement is 0%, 3%, 6%, 9%, and 12% of cement. The quality test for oyster shell powder for making lightweight bricks based on SNI 8640, 2018, includes density, water absorption (porosity), and compressive strength tests. The result of average density analysis for 0% = 986 kg/m<sup>3</sup>, 3% = 954 kg/m<sup>3</sup>, 6% = 978 kg/m<sup>3</sup>, 9% = 920 kg/m<sup>3</sup>, and 12% = 903 kg/m<sup>3</sup>. According to the Indonesian National Standard (SNI), the porosity test results maximum is 25%, the result of average porosity analysis at 0% = 21.2%, 3% = 19.2%, 6% = 17.2%, 9% = 23%, and 12% = 24.6%. Compressive strength analysis results at 0% = 2.3 MPa, 3% = 1.9 MPa, 6% = 2.1 MPa, 9% = 1.7 MPa, and 12% = 1.6 MPa. In conclusion, oyster shell powder waste can reduce density, reduce porosity to the optimum point, increase the porosity afterward, increase compressive strength to the optimum point, and reduce compressive strength after passing the optimum point.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Dalam konstruksi bangunan, dinding merupakan elemen penting yang membatasi satu ruang dengan ruangan yang lain. Salah satu bahan penyusun dinding adalah bata ringan. Bata ringan merupakan bata berpori yang memiliki nilai berat jenis lebih ringan daripada bata pada umumnya. Bahan dasar penyusun bata ringan sendiri salah satunya adalah semen. Semen merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, maka perlu diadakannya riset untuk menemukan alternatif lain. Seiring perkembangan waktu, penggunaan bata ringan sebagai penyusun struktur dinding atau non struktural dinding sudah menjadi opsi yang banyak diminati oleh masyarakat. Maka dari itu terdapat berbagai inovasi yang muncul dalam pembuatan bata ringan, salah satunya inovasi bahan campuran dengan memasukkan bahan tambah untuk meningkatkan kualitas serta mengurangi penggunaan bahan utama dalam pembuatan bata ringan tersebut.

Di Indonesia permasalahan limbah hasil laut menjadi permasalahan yang sangat diperhatikan. Salah satu permasalahan limbah hasil laut yang sering terabaikan adalah limbah kulit tiram dari hasil olahan kuliner daging tiram. Kulit tiram yang dibuang secara asal setelah diambil dagingnya seringkali

membuat permasalahan terutama di bagian daerah pesisir. Hal ini membuat masyarakat yang sebagian besar tinggal di sekitar daerah pesisir merasa terganggu dan tidak nyaman dari limbah kulit tiram yang berserakan.

Dibalik sisi negatif karena adanya limbah kulit tiram yang menumpuk terdapat sisi positif serta banyak manfaat yang bisa dimanfaatkan dari permasalahan tersebut. Salah satunya dalam pembuatan bata ringan. Limbah kulit tiram memiliki kandungan kalsium karbonat yang sangat tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai bahan substitusi dari semen untuk mengurangi salah satu bahan penyusun dari semen yaitu klinker. Maraknya limbah kulit tiram ini dapat menekan penggunaan klinker dari segi biaya dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan dari limbah tersebut terutama di daerah pesisir.

Oleh karena itu, pemanfaatan limbah kulit tiram dapat digunakan dalam pembuatan bata ringan sebagai bahan substitusi dalam komposisi campuran semen karena limbah kulit tiram memiliki kandungan kalsium karbonat yang tinggi guna untuk meningkatkan kualitas dari bata ringan yang akan dihasilkan. Hasil yang diharapkan dari penelitian penambahan limbah kulit tiram dalam pembuatan bata ringan mampu untuk dijadikan inovasi daripada bata ringan konvensional. Selain itu penggunaan limbah kulit tiram ini diharapkan mampu untuk meminimalisir limbah hasil laut yang berserakan untuk dijadikan bata ringan yang lebih ramah lingkungan daripada bata ringan konvensional.

## 2. Data dan metode

### 2.1. Pengolahan limbah kulit tiram

Limbah kulit tiram yang digunakan pada pembuatan bata ringan ini menggunakan serbuk kulit tiram yang telah lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Langkah dalam pengolahan limbah kulit tiram adalah dengan cara menjemur terlebih dahulu kulit tiram agar kadar air pada kulit tiram berkurang. Kemudian setelah kering, kulit tiram ditumbuk dengan palu untuk memecahkan kulit tiram menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Setelah itu, potongan-potongan kecil dari kulit tiram yang telah ditumbuk dengan menggunakan palu lalu dimasukkan kedalam grinder supaya menjadi butiran atau serbuk-serbuk yang nantinya akan di ayak pada mesin sieve shaker untuk mendapatkan serbuk kulit tiram yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Untuk penggunaan serbuk kulit tiram yang akan dicampurkan adalah dengan persentase 0%, 3%, 6%, 9%, dan 12%. Adapun fenomena limbah kulit kerang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Limbah Kulit Tiram

### 2.2. Perencanaan *Job Mix Design*

*Mix Design* pada pembuatan bata ringan menjadikan penelitian terdahulu sebagai acuan referensi. Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai jurnal yang didapatkan persentase rata-rata kulit kerang untuk mencapai kuat tekan optimum sebesar 10%. Benda uji yang dipakai pada penelitian ini berupa kubus yang berukuran 15 x 15 x 15 cm yang menggunakan proporsi bahan campuran 1 (semen) : 2 (pasir), dengan menggunakan serbuk kulit tiram sebagai bahan substitusi dari semen dan air sebanyak

0,35 FAS, serta campuran air dan *foam agent* adalah 50 (air) : 1 (*foam agent*). Adapun komposisi *job mix design* penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** *Job Mix Design*

Jenis Bata Ringan	Proporsi Bahan	Nama Benda Uji
Serbuk Kulit Tiram 0%	1 (Semen) : 2 (Pasir)	Variasi 0%
	0,35 FAS (Air)	
	50 (Air) : 1 ( <i>Foam Agent</i> )	
Serbuk Kulit Tiram 3%	1 (Semen) : 2 (Pasir)	Variasi 3%
	Serbuk Kulit Tiram 3% (Semen)	
	0,35 FAS (Air)	
Serbuk Kulit Tiram 6%	1 (Semen) : 2 (Pasir)	Variasi 6%
	Serbuk Kulit Tiram 6% (Semen)	
	0,35 FAS (Air)	
Serbuk Kulit Tiram 9%	1 (Semen) : 2 (Pasir)	Variasi 9%
	Serbuk Kulit Tiram 9% (Semen)	
	0,35 FAS (Air)	
Serbuk Kulit Tiram 12%	1 (Semen) : 2 (Pasir)	Variasi 12%
	Serbuk Kulit Tiram 12% (Semen)	
	0,35 FAS (Air)	
	50 (Air) : 1 ( <i>Foam Agent</i> )	

### 2.3. Pengujian densitas (Massa Jenis)

Pengujian massa jenis (densitas) dilakukan sebelum pengujian daya serap. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengukuran massa setiap satuan volume benda. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan massa jenis yang terjadi pada bata ringan normal dengan bata ringan yang sudah di desain. Uji densitas ini menggunakan kuas untuk membersihkan debu atau kotoran pada benda uji dan timbangan untuk menimbang benda uji dari masing-masing variasi.

### 2.4. Pengujian daya serap air (Porositas)

Pengujian daya serap air (porositas) dilakukan sebelum pengujian kuat tekan yang mana uji tekan bata ringan dilakukan pada umur 14 hari. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan penyerapan yang terjadi pada bata ringan normal dengan bata ringan yang sudah di desain. Uji penyerapan ini menggunakan wadah yang diberi air secukupnya hingga benda uji dapat terendam secara keseluruhan. Dalam menghitung penyerapan air, beban sesudah dan sebelum diuji (beban kering oven selama 24 jam) masing-masing ditimbang lalu akan keluar hasil perbandingan beban sebelum dengan sesudah penyerapan.

### 2.5. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan ketika benda uji telah berumur 14 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kuat tekan dari benda uji pada masing-masing variasi, baik benda uji konvensional ataupun benda uji setelah adanya penambahan serbuk kulit tiram. Besarnya kuat tekan dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur (retak) dengan luas penampang benda uji yang mengacu pada (SNI 8640, 2018).

### 2.6. Perencanaan *output* bata ringan

*Output* yang dihasilkan dari penelitian ini adalah bata ringan yang memenuhi densitas, daya serap air, dan kuat tekan yang lolos sesuai SNI 8640, 2018 dengan dimensi 60 cm (panjang) x 20 cm (tinggi) x 7,5 cm (tebal). Bata ringan yang akan dihasilkan menggunakan variasi bahan substitusi pada semen dengan serbuk kulit tiram.

## 3. Hasil dan pembahasan

Inovasi bata ringan dengan memanfaatkan limbah kulit tiram sebagai bahan substitusi pada semen memiliki keunggulan dalam menghasilkan berat jenis yang lebih ringan dan meningkatkan nilai kuat tekan mendekati bata ringan konvensional.

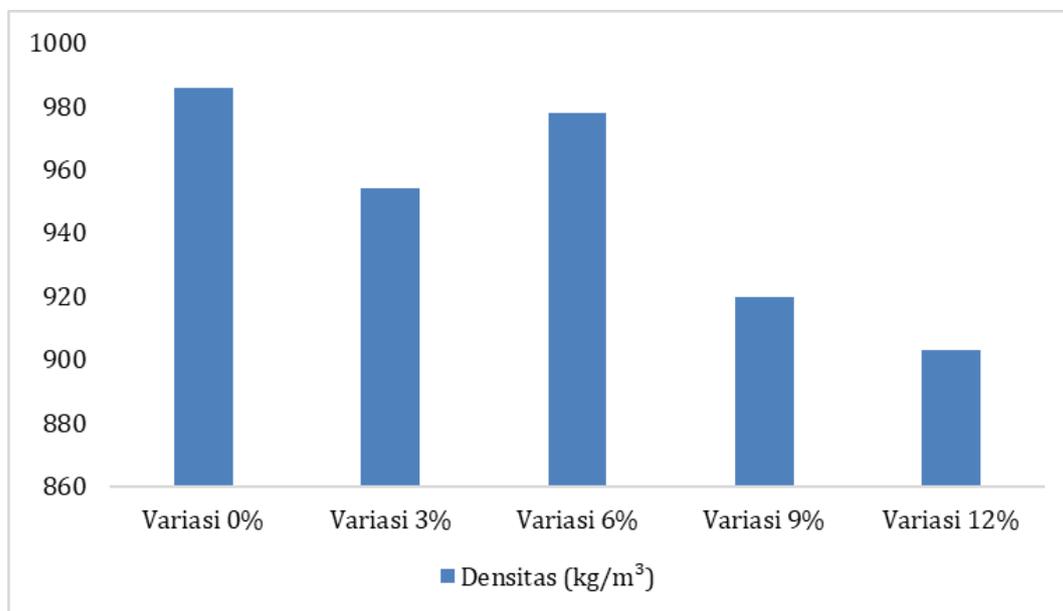
### 3.1. Pengujian densitas (Massa Jenis)

Pengujian densitas (massa jenis) dilakukan pada benda uji telah berumur 14 hari. Dengan jumlah sampel uji 25 buah sampel. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan massa jenis yang terjadi pada bata ringan normal dengan bata ringan yang sudah di desain. Adapun hasil uji densitas bata ringan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Uji Densitas

Benda Uji	Berat Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
Variasi 0%	986
Variasi 3%	954
Variasi 6%	978
Variasi 9%	920
Variasi 12%	903

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian densitas tiap variasi bata ringan pada umur 14 hari didapatkan nilai berat jenis pada bata ringan normal berada di angka 986 kg/m<sup>3</sup>, variasi 3% 954 kg/m<sup>3</sup>, variasi 6% 978 kg/m<sup>3</sup>, variasi 9% 920 kg/m<sup>3</sup>, dan variasi 12% 903 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini membuktikan bahwa seluruh variasi telah memenuhi syarat massa jenis (densitas) seperti yang telah ditetapkan SNI 8640, 2018. Adapun hasil pengujian densitas juga disajikan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Hasil Uji Densitas

Gambar 1 menunjukkan bahwa semua variasi bata ringan telah memenuhi syarat SNI. Variasi 6% dengan penambahan serbuk kulit tiram memiliki nilai densitas yang paling baik dengan nilai densitas adalah 978 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai densitas terendah terjadi pada bata ringan variasi 12% sebesar 903 kg/m<sup>3</sup>.

Dari pengujian densitas didapatkan hasil bahwa bata ringan dengan substitusi serbuk kulit tiram mampu mengurangi massa jenis pada bata ringan. Ketika digunakan dalam campuran bata ringan pada kandungan tertentu dapat membantu mengurangi volume berat dari bata ringan tersebut. Kalsium karbonat yang sangat tinggi dalam kandungan limbah kulit tiram ini dapat berpengaruh terhadap massa jenis dari bata ringan dikarenakan berat jenis serbuk kulit tiram yang lebih kecil daripada berat jenis dari semen.

### 3.2. Pengujian daya serap air (porositas)

Pengujian daya serap air dilakukan pada umur bata ringan mencapai 14 hari. Dengan jumlah sampe uji 25 buah sampel. Hasil pengujian ini dilakukan dengan cara menghitung penyerapan air, beban sesudah dan sebelum diuji (beban kering oven selama 24 jam) masing-masing ditimbang lalu akan keluar hasil perbandingan beban sebelum dengan sesudah penyerapan. Adapun hasil uji daya

serap air bata ringan disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Daya Serap Air

Tipe Variasi	Rata-Rata (%)	SNI 8640, 2018	Keterangan
Variasi 0%	21,2%	≤ 25%	Memenuhi
Variasi 3%	19,2%	≤ 25%	Memenuhi
Variasi 6%	17,2%	≤ 25%	Memenuhi
Variasi 9%	23%	≤ 25%	Memenuhi
Variasi 12%	24,6%	≤ 25%	Memenuhi

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian daya serap air tiap variasi bata ringan pada umur 14 hari didapatkan nilai persentase penyerapan air pada bata ringan normal berada di angka 21,2%, variasi 3% sebesar 19,2%, variasi sebesar 6% sebesar 17,2%, variasi 9% sebesar 23%, dan variasi 12% sebesar 24,6%. Hal ini membuktikan bahwa seluruh variasi telah memenuhi syarat daya serap air (porositas) seperti yang telah ditetapkan SNI 8640, 2018. Adapun semua variasi bata ringan telah memenuhi syarat SNI. Variasi 6% dengan penambahan serbuk kulit tiram memiliki nilai penyerapan air yang paling baik dengan nilai penyerapan air rata-rata adalah 17,2%. Sedangkan nilai penyerapan air maksimal terjadi pada bata ringan variasi 12% sebesar 24,6%.

Dari pengujian daya serap air didapatkan hasil bahwa bata ringan dengan substitusi serbuk kulit tiram mampu mengurangi daya serap air pada bata ringan. Semakin banyak campuran kulit tiram semakin besar nilai daya serap karena semen kurang mengikat kulit tiram dalam jumlah banyak sehingga menghasilkan banyak rongga udara. Sedangkan apabila dengan campuran kulit tiram yang lebih sedikit semakin kecil nilai daya serap karena semen lebih mengikat kulit tiram.

### 3.3. Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan saat benda uji mencapai umur 14 hari, dengan jumlah keseluruhan benda uji 25 sampel. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bata ringan dalam menerima gaya tekan persatuan luas. Adapun hasil uji kuat tekan benda uji bata ringan disajikan pada Tabel 4

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Kuat Tekan

Tipe Variasi	Kuat Tekan (Mpa)	SNI 8640, 2018	Keterangan
Variasi 0%	2,3 MPa	≥ 2 MPa	Memenuhi
Variasi 3%	1,9 MPa	≥ 2 Mpa	Tidak Memenuhi
Variasi 6%	2,1 MPa	≥ 2 MPa	Memenuhi
Variasi 9%	1,7 Mpa	≥ 2 Mpa	Tidak memenuhi
Variasi 12%	1,6 MPa	≥ 2 MPa	Tidak Memenuhi

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian kuat tekan tiap variasi bata ringan pada umur 14 hari didapatkan nilai kuat tekan pada bata ringan normal berada di angka 2,3 MPa, variasi 3% sebesar 1,9 MPa, variasi 6% sebesar 2,1 MPa, variasi 9% sebesar 1,7 MPa, dan variasi 12% sebesar 1,6 MPa. variasi bata ringan 0% dan 3% telah memenuhi syarat SNI sedangkan variasi 3%, 9%, dan 12% tidak memenuhi SNI 8640, 2018. Variasi 6% dengan penambahan serbuk kulit tiram memiliki nilai kuat tekan yang paling maksimum dengan nilai kuat tekan rata-rata adalah 2,1 MPa. Sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada bata ringan variasi 12% sebesar 1,6 MPa.

Dari pengujian kuat tekan membuktikan bahwa semakin tinggi kalsium karbonat yang terkandung pada serbuk kulit tiram akan dapat mengurangi nilai mutu beton. Dari data hasil pengujian kuat tekan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kuat tekan tertinggi tetap pada bata ringan konvensional, hal ini berbanding lurus dengan pengujian densitas bata ringan dimana variasi 6% menjadi titik paling optimum setelah adanya penambahan serbuk kulit tiram, karena densitas dan kuat tekan memiliki keselarasan yang apabila densitas yang dihasilkan tersebut rendah maka hasil kuat tekan yang didapatkan juga akan rendah.

### 3.4. Analisis perbandingan anggaran biaya

Hasil pengujian *mix design* yang telah dilakukan diperoleh variasi komposisi campuran terbaik yang dapat diterapkan dalam inovasi bata ringan yaitu variasi 6%. Berikut ini perbandingan biaya produksi bata ringan normal dengan bata ringan variasi 6%. Adapun hasil perbandingan analisis biaya pembuatan bata ringan disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 5.** Analisis Biaya Bata Ringan Konvensional

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Serbuk Tiram (Rp)	Foam Agent (Rp)	Alat (Rp)	Upah (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
Variasi 0%	6.980,00	2.600,00	0,00	2.130,00	1.952,00	5.855,00	19.517,00

**Tabel 6.** Analisis Biaya Bata Ringan Variasi 6%

Tipe Variasi	Semen (Rp)	Pasir (Rp)	Serbuk Tiram (Rp)	Foam Agent (Rp)	Alat (Rp)	Upah (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
Variasi 6%	6.561,00	2.600,00	0,00	2.130,00	1.952,00	5.855,00	19.098,00

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan analisis biaya antara bata ringan konvensional dengan bata ringan variasi 6% yang merupakan komposisi campuran variasi terbaik diperoleh biaya produksi bata ringan pada variasi 6% sebesar Rp. 19.098,00 lebih murah Rp. 419,00 dari bata ringan konvensional dengan total produksi sebesar Rp. 19.517,00.

## 4. Kesimpulan

Penelitian pemanfaatan limbah kulit tiram sebagai bahan substitusi pada semen menghasilkan nilai densitas optimum pada variasi 6% sebesar 978 kg/m<sup>3</sup> dan nilai densitas terendah pada variasi 12% sebesar 903 kg/m<sup>3</sup>. Pada pengujian densitas semua bata ringan yang dihasilkan memenuhi SNI 8640, 2018 tergolong bata ringan yang memiliki kerapatam sedang. Pada pengujian daya serap air dengan penambahan limbah kulit tiram sebagai substitusi semen menghasilkan nilai daya serap maksimum pada variasi 12% sebesar 24,6% dan nilai minimum daya serap terdapat pada variasi 6% sebesar 17,2%. Pada pengujian densitas semua bata ringan yang dihasilkan memenuhi SNI 8640, 2018. Pada pengujian kuat tekan nilai kuat tekan maksimum pada variasi 6% sebesar 2,1 MPa dan nilai kuat tekan minimum terdapat pada variasi 12% sebesar 1,6 MPa. Pada pengujian kuat tekan variasi 3%, 9%, dan 12% tidak memenuhi standar SNI 8640, 2018.

## Referensi

- Abdul Majid dkk. (2018). Desain Bahan Campuran Bata Ringan dari Limbah Tambang Emas Pongkor.
- Amelia, M. P. (2022). Analisis Prosedur Pembuatan Semen Pada PT. Semen Baturaja. *Jurnal Multidisipliner Bharasumba*, 512-522.
- ASTM C33-03 Standard Specification for Concrete Aggregates. (2022). ASTM C33-03.
- Bonardo Pangaribuan. (2013). Pengertian Semen.
- Brickarchitecture. (2017). Brick Architecture. Sejarah Batu Bata dan Pembuatan Batu Bata.
- Husna, A. (2016). Alternatif Review Design Pekerjaan Dinding Bata Konvensional Ke Dinding Panel Partisi. Tugas Akhir.
- Lia Handayani. (2018). Utilization and Characterization of Oyster Shell as Chitosan and Nanochitosan.
- SNI 03-6825. (2002). Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-2049. (2004). Indonesia: Badan Standarisasi Indonesia.
- SNI 8640. (2018). Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 8640, 2. (2018). SNI 8640. Indonesia: Badan Standarisasi Nasional.



## Modifikasi kereb dengan inovasi fitur *self-glow* melalui penambahan fosforence dan glass bead

Reza Alisa Ardyanti<sup>a\*</sup>, Riskina Wilosa Dwiwardani<sup>b</sup>, Riza Susanti<sup>c</sup>, Asri Nurdiana<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Corresponding author:

Email:

[riskinawilosa24@gmail.com](mailto:riskinawilosa24@gmail.com)

[rezaalisaardiyanti@students.undip.ac.id](mailto:rezaalisaardiyanti@students.undip.ac.id)

#### Article history:

Received : 21 August 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Fosforence and Glass Bead, Kerb, Self-Glow

### ABSTRACT

*The increase in population in Indonesia occurs rapidly as the years go by, which is directly proportional to the need for adequate facilities and infrastructure for carrying out activities and mobilizing from one place to another. Fulfillment of multi-story parking facilities is often found in the basement. It can be supported by additional facilities that help vehicle drivers take advantage of limited land. This section is quite dark and can potentially harm drivers because it causes high installation and maintenance costs for electrical installations and lighting. In overcoming this problem, one alternative research effort is to innovate the addition of a self-glow feature by adding phosphorescence powder and glass beads to modifications to conventional carriages' road dividers. Using a layer variation of 30%P1 20%P2; (15%F1;60%T1); (20%F2;80%T2); (25%F3;100%); top coat 100:50 tested for drying time, adhesion test, low-temperature test, softening point test, shelf life test, gradation test, and reflectivity test according to SNI 03-6450-2000. Glass waste was chosen as an additional material because it has the same properties as glass beads in reflecting light. Phosphorescence powder can glow in the dark, while glass beads can reflect light. Then it went through various testing processes (30%P1; 25%; 100%F3), which is an efficient variation and has the quality of the results of the luminescence test and reflectivity test, namely Qd 417, and it can be seen that the water-based phosphorescence coating can light up to 50 minutes at exposure 46.2 lux.*

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

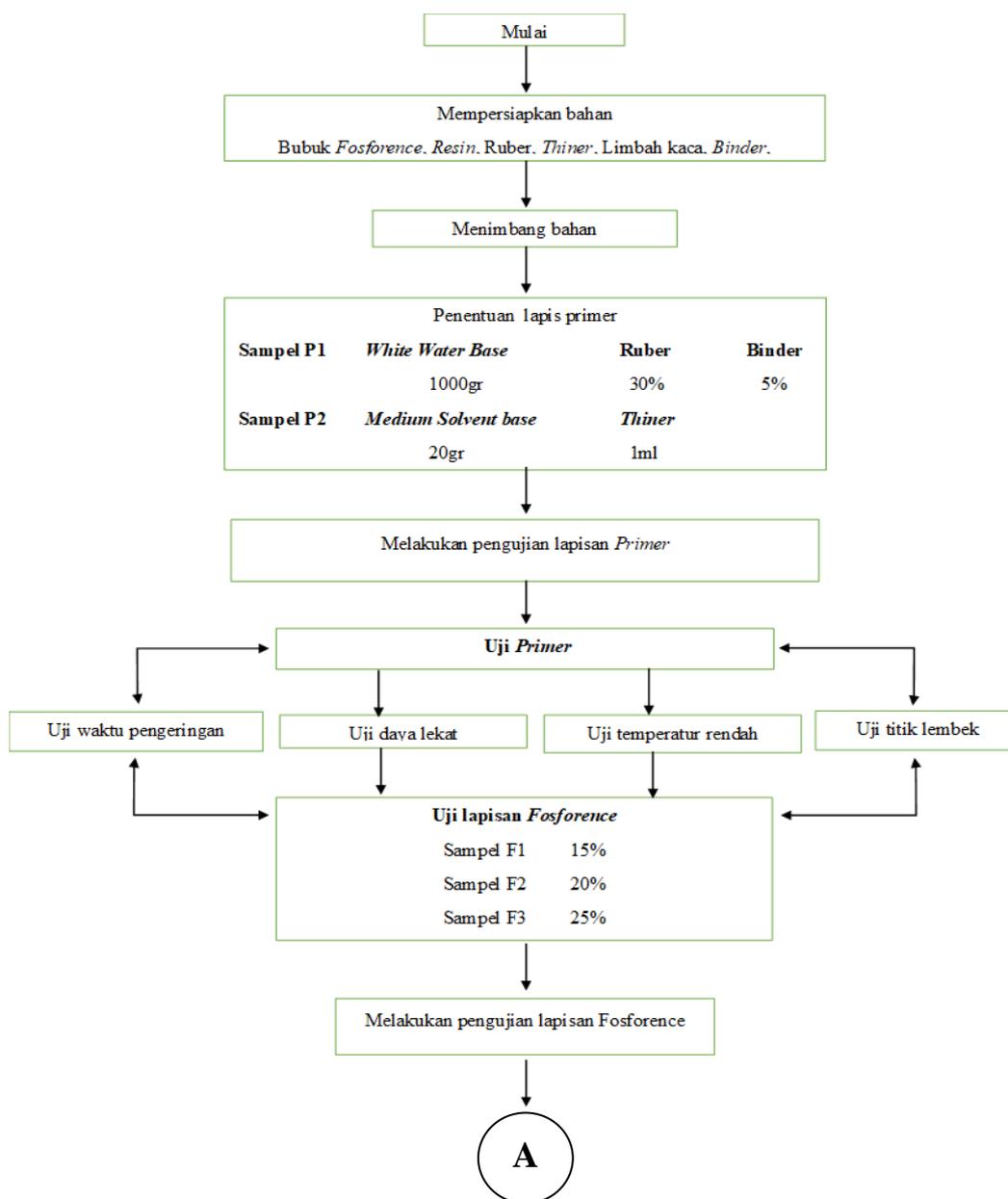
## 1. Pendahuluan

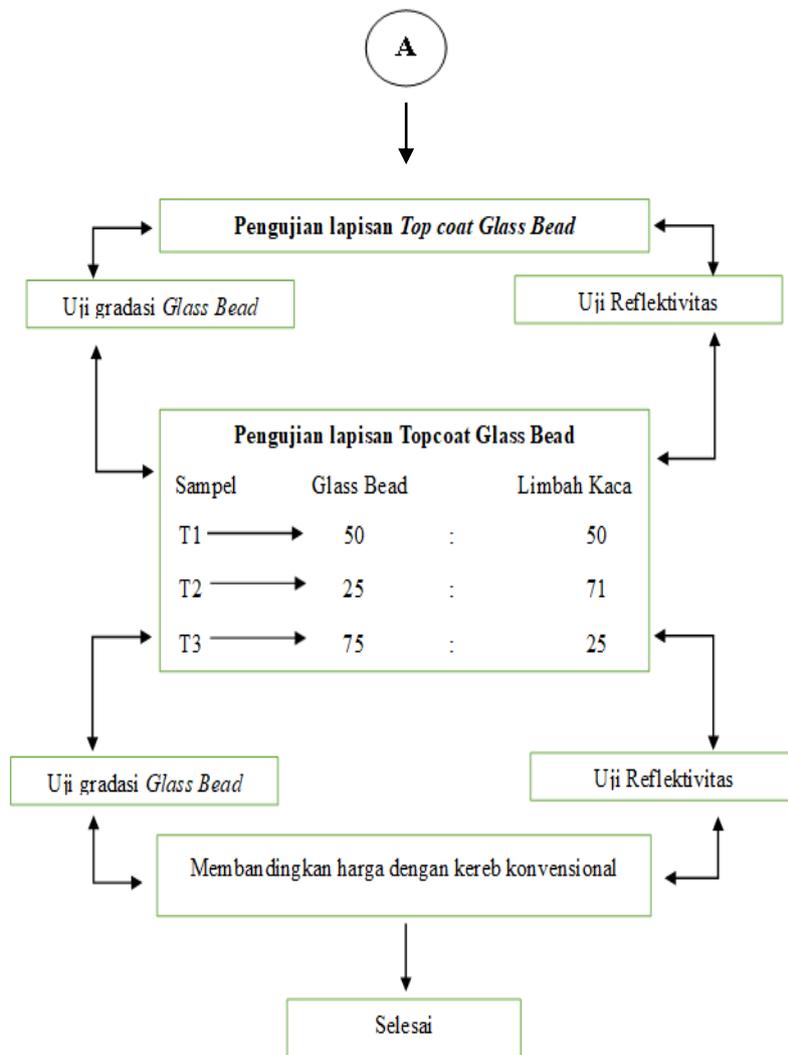
Perencanaan fasilitas parkir yang tepat dapat meminimalisir terjadinya hambatan atau gangguan lalu lintas di sekitar gedung yang dibangun. Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan yaitu desain ruang parkir, pintu pelayanan parkir, zona parkir, desain rambu dan marka parkir, pencahayaan tempat parkir, desain perkerasan pelataran parkir, serta pembatas tepi jalan. Fasilitas parkir pada gedung bertingkat seringkali dijumpai terletak pada bagian basement, di mana bagian ini merupakan bagian yang cukup gelap karena sulitnya cahaya alami untuk masuk dari luar, sehingga membutuhkan pencahayaan yang memadai agar tidak membahayakan pengemudi kendaraan. Salah satu fasilitas jalan dalam mengurangi risiko terjadinya kecelakaan ialah kereb. Kereb merupakan jenis pembatas tepi jalan yang mampu meningkatkan keamanan bagi pejalan kaki di pelataran parkir, kenyamanan bagi kendaraan yang terparkir, dan membantu kelancaran lalu lintas pengemudi dalam berkendara di pelataran parkir karena dapat memudahkan proses identifikasi area pergerakan kendaraan (Anwar, dkk. 2009). Kondisi basement yang cukup gelap, diperlukan instalasi lampu yang tidak sedikit di mana hal ini dapat dinilai kurang ekonomis karena menyebabkan tingginya biaya pemasangan dan perawatan instalasi listrik (Firdaus, dkk. 2022).

Kereb merupakan pembatas jalan atau mempertegas batas jalan (Momataz, dkk. 2022). Fosforence memiliki efek berpendar dalam gelap didapat dari sifat material yang dapat menyerap dan memancarkannya kembali (Poelman, dkk. 2010). Semakin banyak jumlah penggunaan bubuk fosfor akan semakin terang berpendar dalam gelap (Chai ling, dkk. 2022). Glass bead dapat memantulkan cahaya kendaraan yang datang (Emura, dkk. 2015). Sedangkan limbah kaca dapat berfungsi sebagai pemantulan cahaya datar (Santosa, dkk. 2018). Penambahan fitur pada kereb dengan melapis berbahan fosforance dan glass bead diharapkan dapat menyala pada malam hari untuk mengatasi minimnya penerangan pada lahan parkir, mengurangi penggunaan daya listrik berlebih sebagai upaya ramah lingkungan dan pemanfaatan limbah.

## 2. Data dan metode

Metode kuantitatif dipilih penelian dengan data yang didapat dari percobaan laboratorium. Berdasarkan jobmix design yang telah dilakukan yaitu perbandingan variasai pada setiap lapisan perlapisnya 30%P1 20%P2; (15%F1;60%T1); (20%F2;80%T2); (25%F3;100%); top coat 100:50 diuji waktu pengeringan, uji daya lekat, uji temperatur rendah, uji titik lembek, uji lama berepndar, uji gradasi, uji reflektifitas sesuai SNI 03-6450-2000 ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.1. Metode pengujian benda uji

Setelah memilih *job mix* yang tepat dan melakukan berbagai pengujian, maka cara pembuatan Kereb *Self-Glow* sebagai berikut:

#### 1) Pembuatan *primer* (P1)

Menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan, menimbang *white water base* transparan sebagai pelapis awal, menimbang *binder*, dan menimbang *ruber*. Adapun lapisan *primer* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lapisan *primer*

## 2) Pembuatan pelapis fosforence (F3)

Menimbang *transparan base*, menimbang bubuk *fosforance*. Adapun lapisan *fosforance* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lapisan fosforence

## 3) Pembuatan pelapis top coat pada kereb inovasi

Menimbang *resin*, menimbang *epoxy*. Adapun pembuatan pelapis *top coat* disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pembuatan pelapis top coat

## 4) Pembuatan campuran top coat glass bead (T3) dan limbah kaca

Menimbang *glass bead*, menimbang limbah kaca. Adapun pembuatan lapis *glass bead* limbah kaca disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembuatan lapis glass bead limbah kaca

## 5) Pengaplikasian pada Kereb

- Menyiapkan kereb pada bagian yang akan dilapisi diberi isolasi pada pinggir bidang miring agar pelapis tidak keluar dari bidang miring.
- Lalu mengoleskan pelapis primer water base (P1) pada kereb menggunakan kuas secara merata.

- c) Setelah pelapis primer kering lalu mengaplikasikan pelapis *fosforence* (F3) 25 gram menggunakan kuas secara merata.
- d) Setelah pelapis *fosforence* kering lalu menuangkan lapisan *top coat resin* diatas pelapis *fosforence* menggunakan kuas.
- e) Menunggu hingga lapisan kering dan kereb *self-glow*.

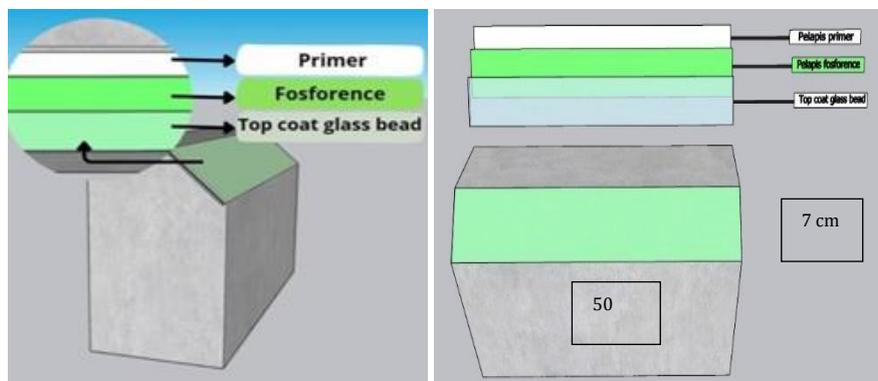
## 2.2. Job Mix Design

Penulis melakukan perencanaan *mix design* untuk mengetahui perbandingan material yang digunakan dalam pembuatan kereb modifikasi dengan bubuk *fosforence* dan *glass bead*. Adapun hasil *job mix design* disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** *Job Mix Design* Kereb *Self-Glow*

Sampel	Bahan	Berat (gram)
P1 Primer (Water base)	White waterbase	10,9
	Ruber	
	Binder	
F3 Pelapis Fosforence (25gram)  (Top coat )	Bubuk fosforence	18,2
	Water base	
	Resin  Epoxy	
T3 Glass bead : limbah kaca (3:1)	Glass bead  Limbah kaca	35

Pada setiap kereb *Self-glow* akan dilapisi 3 lapisan seluas 7 x 50 cm atau 350 cm<sup>2</sup> dengan komposisi dan kebutuhan setiap lapisnya ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Ilustrasi Lapisan Kereb

## 3. Hasil dan pembahasan

Jenis-jenis pengujian dari penelitian ini diantaranya uji waktu cepat kering dengan cara membandingkan lapisan primer berupa water base dan solvent base dengan memperhatikan kedua permukaan mana yang lebih cepat kering menggunakan stopwatch. Uji kedua yaitu uji daya lekat untuk melihat kuat lekat pelapis apabila menerima beban dengan cara benda uji di panaskan di oven pada suhu tertentu, setelah itu keluarkan dari oven dan diaduk dengan cepat lalu dioleskan pada balok dan dibiarkan pada suhu ruang lalu melakukan pembebanan 22,2 KN per menit lalu. Uji ketiga yaitu uji temperatur rendah dengan cara memanaskan benda uji kedalam oven lalu dikeluarkan dan dituangkan pada balok yang sudah dilapisi cat dasar atau primer dan dibiarkan pada suhu ruang, dan dimasukkan pada alat pendingin selama 24 jam setelah itu diperiksa kerekatannya. Uji keempat yaitu uji titik lembek merupakan uji untuk menentukan suhu titik lembek apakah sesuai spesifikasi. Kelima yaitu uji berpendar yaitu pengujian dengan cara penyinaran lampu 4,2 Lux lalu setelah itu hitung lama berpendar menggunakan stopwatch dengan rasio waktu 1-60 menit. Keenam uji gradasi glass bead yaitu uji untuk menentukan lolos saringan pada glass bead yang akan digunakan maupun pada limbah

kaca yang digunakan sebagai substitusi glass bead, pengujian ini menggunakan No. 40. Ketujuh uji visual atau manusia yaitu pengujian untuk menentukan bagaimana efektivitas kereb self-glow dari mata manusia masing-masing. Kedelapan uji reflektifitas uji ini menggunakan alat reflektifitas dengan menembakan pada lapisan kereb yang sudah dilapis hingga lapisan top coat dan nantinya angka hasil keluar pada monitor. Adapun variasi pengujian kereb disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Variasi Hasil Pengujian Kereb

No.	Pengujian	Acuan	Syarat Uji	Primer		Fosforence			Top coat		
				P1 (water base)	P2 (solvent base)	F1 (15)	F2 (20)	F3 (25)	T1 (1:1)	T2 (1:3)	T3 (3:1)
1.	Uji waktu cepat kering	ASTM D1640-03 2009	Lama waktu cepat kering tidak lebih dari 10 menit	M Waktu cepat kering 4 menit 2 detik	TM Lebih dari 10 menit	M	M	M	M	M	M
2.	Uji daya lekat		Balok retak >22kN	M Tidak retak	TM Mengalami keretakan	M	M	M	M	M	M
3.	Uji temperatur rendah	SNI 03-6450-2000	Terjadi kerekatan atau gumpalan	M Terjadi sedikit pengentalan namun masih bisa dioles dengan merata	TM Menggumpal dan tidak dapat dioles	M	M	M	M	M	M
4.	Uji titik lembek		Suhu titik lembek 46-58 °	M Suhu titik lembek sekitar 46-47°C	TM Tidak dapat mengikuti pengujian dikarenakan terlalu cair	M	M	M	M	M	M
5.	Uji berpendar	(ASTM) E 2073 - 07)	Berpendar terang dalam gelap	-	-	TM Tidak terang	TM Tidak terang	M Terang	M	M	M
6.	Uji gradasi glass bead	AASHTO M247-811996)	Lolos saringan 0,425 tertahan 133N	-	-	-	-	-	M	M	M
7.	Uji visual (manusia)	Kondisi visual responden berdasarkan minus, silinder dan normal	kereb paling lama berpendar, paling nyaman memantulkan cahaya dan efektivitas kereb secara keseluruhan	-	-	-	-	-	TM Terdapat beberapa responden , cukup terang dan lama berpendar , sebab perbandingan antara glass bead dan limbah kaca sama	TM Tidak ada reponden karena paling redup efek serbuk kaca paling tinggi serta mempengaruhi warna dan pendar kereb	M Paling banyak responden karena paling lama berpendar dan paling terang, sebab komposisi glass bead paling tinggi
8.	Uji reflektivitas	Spektek Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019	RL 175 QD 160	-	-	-	-	-	RL berkisar 10-14 TM QD diatas 300 M	RL berkisar 16-19 TM QD diatas 300 M	RL 19-29 TM QD diatas 300 M

M: Memenuhi; TM: Tidak Memenuhi

Dari 9 pengujian yang telah dilakukan, dari variasi primer baik water base (P1) dan solvent base (P2), fosforence (F1, F2, F3) dan top coat (T1 T2 T3). Pada pengujian waktu cepat kering menguji 2 bahan lapisan primer yaitu water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai ASTM D1640-03 2009 dengan hasil bahan water base (P1) mengalami cepat kering dengan rata-rata 4 menit 2 detik, sehingga memenuhi spesifikasi pengujian. Sedangkan sampel solvent base (P2) memerlukan waktu lebih lama dengan rata-rata waktu cepat kering 14 menit 6 detik sehingga tidak memenuhi syarat. Mengacu pada penelitian terdahulu oleh Peny Diyannata, dkk. (2018) terkait pengujian bahan solvent base (P2) dan tape yang sudah beredar di pasaran, dalam jurnal tersebut solvent base (P2) yang digunakan sebagai bahan pelapis. Namun pada penelitian ini water base (P1) mendapat hasil lebih baik dan memenuhi syarat sesuai acuan pengujian. Menurut Arwandah (2016) karakteristik pada cat berbahan water base (P1) berbahan dasar pelarut air dan resin sehingga lebih cepat kering, tidak memiliki efek kimia yang tinggi ramah terhadap lingkungan biasanya digunakan pada cat tembok dan genteng. Sedangkan cat berbahan solvent base (P2) pelarutnya minyak atau thinner dan campuran timbal, serta formalin memerlukan waktu pengeringan lebih lama. Solvent base (P2) dikategorikan sebagai cat tidak ramah lingkungan sebab mengganggu pernafasan manusia serta pengaplikasiannya pada industri, otomotif dan furniture. Karakteristik pada cat berbahan water base (P1) berbahan dasar pelarut air dan resin sehingga lebih cepat kering. Sehingga pada penelitian uji waktu cepat kering lapisan primer yang menggunakan water base (P1) memiliki nilai waktu cepat kering yang lebih cepat daripada solvent base (P2). Pada pengujian daya temperatur rendah menguji 2 bahan lapisan primer yaitu bahan water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai dengan syarat spesifikasi SNI 06-4825-1998. Dari kedua bahan pelapis solvent base (P2) mengalami kerekatan yang sangat tinggi hingga tidak dapat dioleskan sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Menurut Hendri Hadisi (2018) pengujian daya temperatur rendah dilihat dari bawah pencahayaan yang tidak merata, apabila terjadi kerekatan maka benda uji tersebut tidak memenuhi. Pada pengujian daya lekat menguji 2 bahan lapisan primer yaitu bahan water base (P1) dan solvent base (P2) sesuai syarat pada SNI 06- 4825-1998, dengan hasil hasil pelapis water base (P1) tidak mengalami keretakan sedangkan solvent base (P2) mengalami keretakan sehingga tidak memenuhi syarat spesifikasi. Menurut penelitian Sudaryono dan Suwahyo (2021) daya lekat pada cat water base dengan binder memiliki daya lekat yang cukup baik dan daya kilap yang tinggi sesuai dengan fungsi pelapisan cat water base. Pada pengujian uji titik lembek sesuai SNI 06-2434-1991, lapisan water base (P1) menghasilkan suhu titik lembek pada suhu berkisar 46-47°C dengan waktu 1438 detik atau 23 menit 58 detik. Sedangkan pelapis solvent base (P2) dinyatakan gagal dan tidak memenuhi spesifikasi sebab tidak bisa mengikuti pengujian karena tekstur terlalu cair sehingga tidak bisa dimuat pada cincin benda uji. Menurut penelitian M.T Gunawan (2013) semakin lama waktu pemanasan maka suhu titik lembek semakin meningkat. Pada pengujian uji lama berpendar pada lapisan fosforance menguji 5 jenis benda uji berbeda menggunakan lampu 4.6 Lux sesuai dengan syarat ASTM 2073-07. Dengan hasil lama dari pendar tiap benda uji berbeda-beda bergantung pada tinggi rendah kandungan fosforance serta pada kerapatan pori benda uji. Sehingga semakin sedikit pori permukaan lapisan maka akan semakin baik bagi bubuk fosforence dapat berpendar dengan merata dan sempurna, disertai lama waktu dan kuat penyinaran. Mengacu pada penelitian terdahulu oleh Yujia Xiao, dkk. (2022) terkait jumlah komposisi fosfor yang semakin tinggi maka akan berpengaruh pada pendar fosfor yang semakin terang, namun pada penelitian ini fosfor dicampur dengan mortar bukan sebagai pelapis. Pada pengujian gradasi glass bead sebagai top coat sesuai AASHTO : M247-81 1996, glass bead dan limbah kaca lolos saringan No. 40. Menurut penelitian terdahulu oleh T. Grosjes (2008) terkait efektivitas glass bead yang digunakan sebagai bahan pelapis badan pelengkap jalan yang dapat memantulkan cahaya. Selain itu sesuai dengan spesifikasi teknis Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019 bahwasannya penggunaan glass bead diatur sebagai material dalam marka. Menurut Santosa, dkk. (2018) kemampuan pada kaca dalam memantulkan cahaya yang melewati butiran kaca, semua jenis kaca dapat memantulkan cahaya besarnya pemantulan cahaya tergantung pada sudut kemiringan terhadap arah lawan cahaya. Didukung sifat fisik dan visual sama, serta mendorong dari segi ekonomis untuk mengurangi penggunaan glass bead serta eco-friendly sebagai bentuk mengurangi limbah kaca sebagai bahan inovasi konstruksi. Pengujian uji gradasi glass bead dan bubuk limbah kaca menggunakan acuan AASHTO : M247-81 1996, dan limbah kaca lolos dari syarat spesifikasi tersebut.

Pada pengujian reflektivitas menguji kereb self-glow menggunakan alat reflektomer sesuai Spektek Marka Jalan Nasional berdasarkan Perdirjen Perhubungan Darat No. KP/106/AJ.501/DRJD/2019, dengan hasil Coefficient of Retroreflected Luminance (RL) sebesar 30

yaitu terlalu kecil atau kurang dari batas minimal sedangkan Luminance Coefficient under Diffuse Illumination (Qd) sebesar 422 yaitu sangat besar dan lolos batas minimal. Menurut Rukman, dkk. (2021) reflektivitas sebagai pemantul cahaya dari lampu kendaraan ke mata pengemudi membantu kemungkinan terjadi kecelakaan. Sesuai pada penelitian A Shahr PhD, dkk. (2018) glass bead dapat memantulkan cahaya, maka RL dan Qd sesuai nilai minimum. Sehingga dari pengujian reflektivitas ini terbukti semakin banyak glass bead dan semakin sedikit limbah kaca maka nilai Luminance Coefficient under Diffuse Illumination (Qd) akan semakin besar, sehingga kemampuan kereb self-glow dalam memantulkan cahaya akan semakin besar pula. Pada pengujian visual atau manusia menguji efektivitas seluruh kereb dengan kondisi mata responden yang berbeda-beda, dan didapat hasil disimpulkan kereb T3 dengan perbandingan glass bead dan limbah kaca 3:1 memiliki suara terbanyak baik dari daya pendar, daya pantul maupun efektivitas secara keseluruhan. Menurut Santosa, dkk. (2018) kemampuan pada kaca dalam memantulkan cahaya yang melewati butiran kaca, semua jenis kaca dapat memantulkan cahaya besarnya pemantulan cahaya tergantung pada sudut kemiringan terhadap arah lawan cahaya.

Cara mengaplikasikan pada kereb self-glow yaitu pada lapis pertama atau primer dengan mencampurkan white water base, binder dan ruber. Lalu menuangkan campuran tersebut pada wadah dan aduk secara merata sehingga dapat dioleskan pada sisi miring kereb dengan menyeluruh. Pada lapis kedua yaitu lapis fosforence dengan cara mencampurkan transparan water base dan bubuk fosforence lalu aduk sampai tercampur semua dan diaplikasikan pada kereb diatas lapisan primer. Lapis ketiga atau top coat yaitu dengan menuangkan resin menggunakan kuas lalu taburkan campuran perbandingan glass bead dan limbah kaca secara merata, serta ditutup resin kembali.

Dari total perhitungan 1 kereb Self-glow memakan biaya berkisar Rp 57.671,38 sedangkan harga kereb konvensional per biji seharga 35.000. Sehingga selisih harga antara kereb Self-glow dan kereb konvensional berkisar Rp. 22.671,38/kereb. Kereb Self-glow memakan biaya lebih besar atau lebih mahal daripada kereb konvensional pada umumnya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian inovasi kereb *self-glow* dengan penambahan bubuk fosforence dan *glass bead* modifikasi kereb konvensional dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari penelitian ini didapatkan komposisi yang tepat pembuatan Kereb Self-Glow dengan di campurkan glass bead dan limbah kaca sebagai top-coat yaitu dengan fosforance sebesar 25 gram, dengan perbandingan glass bead dan limbah kaca sebagai top-coat yaitu 3:1, serta water base sebagai lapisan primer. Komposisi ini didapat dari hasil lolos uji keseluruhan pengujian.
- 2) Dari keseluruhan pengujian dalam penelitian ini, perbandingan efektifitas antara kereb *Self-glow* dan kereb konvensional menunjukkan efektif penggunaan kereb self-glow terutama pada tempat yang minim cahaya. Hal ini dibuktikan pada pengujian reflektivitas dalam penelitian ini didapatkan hasil sampel memiliki *Coefficient Under Diffuse Illumination* (Qd) sangat besar dan lolos batas minimal serta mampu berpendar saat gelap dan dapat memantulkan cahaya saat datang dengan nilai rata-rata 422 Qd sehingga memenuhi spesifikasi. Namun kurang pada nilai *Coefficient of Retroreflected Luminance* (RL) yang terlalu kecil atau kurang dari batas minimum. Selain itu dalam uji visual juga sudah menjelaskan keefektifan kereb *self-glow*.
- 3) Rancangan biaya yang digunakan pada pembuatan kereb inovasi *self-glow* memiliki selisih harga dengan pembuatan kereb konvensional sebesar Rp 22.671,3 lebih mahal dari pada kereb konvensional dikarenakan adanya penambahan pelapis fosforence.

#### Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan YME, dosen pembimbing peneliti, serta semua pihak yang senantiasa memberikan dukungan, saran, dan masukan kepada peneliti dalam menyusun laporan hasil penelitian ini sehingga dapat dilaksanakan hingga selesai. Diharapkan pembaca dapat mengambil manfaat serta pengetahuan dari penelitian yang telah dilakukan ini.

## Referensi

- ANWAR, AN, & IDRUS, I. (2009). Studi Kebutuhan Ruang Parkir Rumah Sakit Pendidikan Universitas Diponegoro (Studi Kebutuhan Tempat Parkir Pada Rumah Sakit Pendidikan Universitas Diponegoro) (Disertasi Doktor, F. TEKNIK UNDIP).
- Arwandah (2016) Analisis Pembuatan Cat Skala Industri .
- Jason Nancea, Taylor D. Sparksb (2020) From streetlights to phosphors: A review on the visibility of roadway markings.
- Lisensky, G. C., Patel, M. N., & Reich, M. L. (1996). Experiments with glow-in-the-dark toys: Kinetics of doped ZnS phosphorescence. *Journal of chemical education*, 73(11), 1048.
- Morsongko (2007) COATING OF CERAMIC SURFACE WITH EPOXY ACRYLATE POLYMER USING UV IRRADIATION.
- Peny Diyannata, Moch. Luqman Ashari, dan Mades Darul Khairansyah (2018) FLIGHT LONG TIME TESTING OF MATERIALS AS AN EVACUATION ROUTE IN ANIMAL FEED PROCESSING AREA.
- PRANOTO, W. H. (2018). PENGARUH KEMIRINGAN KACA PADA SELUBUNGBANGUNAN UNTUK MENDPATKAN NILAI OTTV (OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE) OPTIMUM (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Shahar, A., Brémond, R., & Villa, C. (2018). Can light emitting diode- based roadstuds improve vehicle control in curves at night? A driving simulator study. *Lighting Research and Technology*, 50(2),
- Sudaryono, Suwahyo (2021) PENGARUH RASIO BINDER DENGAN CAT WATERBASE TERHADAP DAYA REKAT DAN KEKILAPAN CAT.
- T.Grosge (2008) Retro-reflection of glass beads for traffic road stripe paints.
- Wiese, A., Washington, T., Tao, B., & Weiss, WJ (2015). Menilai Kinerja Beton Glow-in-the-Dark. *Catatan Penelitian Transportasi*, 2508 (1), 31-38. <https://doi.org/10.3141/2508-04>
- Wiyugo Hari Pranoto, Dr.Ir. Jatmika Adi Suryabrata, M.Si.; Ir. Moch. Santosa, MS (2018) PENGARUH KEMIRINGAN KACA PADA SELUBUNG BANGUNAN UNTUK MENDPATKAN NILAI.
- Yuan, J., Farnham, C., & Emura, K. (2019). Kinerja bahan selubung bangunan retro-reflektif dengan manik-manik kaca tetap. *Ilmu Terapan*, 9 (8), 1714.
- Yujia Xiao, Ba Tung Pham, Ming-Zhi Guo, Tung-Chai Ling (2022) Influence of luminescent powder type and characteristic on the glow light performance of architectural glass mortar.



## Penggunaan kapur tohor dan abu vulkanik pada bata ringan terhadap berat jenis, daya serap air, dan kuat tekan

Hafizh Fachru Asy'ari<sup>a\*</sup>, Muhamad Iqbal Paundra<sup>b</sup>, Shifa Fauziyah<sup>c</sup>, Bambang Setiabudi<sup>d</sup>

<sup>a\*, b, c, d</sup> Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Corresponding author:

Email:

#### Article history:

Received : 23 November 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

#### Keywords:

Compressive Strength, Density, Light Brick, Substitute Material, Water Absorption

Light brick is a material commonly used in building walls besides red brick. Quick lime and volcanic ash were used in this research as substitute materials for making CLC lightweight bricks. This research aims to analyze using quicklime as a cement substitute and volcanic ash as a sand substitute to test density, water absorption capacity, and compressive strength. Light brick testing refers to the SNI standards for wall masonry. This research also compares the production costs of substitute lightweight bricks with conventional ones. The method used is quantitative experimentation and data analysis techniques using regression analysis. The influencing variable in this research is the independent variable, namely the use of volcanic ash: quicklime in variation A 0%: 0%, variation B 9%: 15%, variation C 9%: 30%, and variation D 9%: 45%. Based on the test results, it can be concluded that using volcanic ash affects increasing density and compressive strength and reduces the value of water absorption capacity. The optimum test results were in Variation D with an average density value of 956 kg/m<sup>3</sup>, water absorption value of 17%, and compressive strength value of 2.08 MPa.

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

## 1. Pendahuluan

Pesatnya perkembangan penduduk saat ini menyebabkan tingginya kebutuhan terhadap sarana tempat tinggal. Seiring berkembangnya kawasan hunian kebutuhan bahan bangunan meningkat lebih tinggi. Maka dari itu, bahan tersebut harus memenuhi kebutuhan yang ada untuk pembangunan saat ini. Bahan dari alam maupun buatan berkontribusi untuk memenuhi kebutuhan bahan bangunan yang ada. Terdapat banyak metode untuk memenuhi kebutuhan terhadap material salah satunya dengan memanfaatkan sumber daya yang ada di sekitar kita.

Keberadaan limestone di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar, persebarannya hingga ke penjuru nusantara. Di Indonesia proses peningkatan nilai tambah batu kapur sudah sejak lama diusahakan orang melalui penggalian atau penambangan (Muchtar Aziz, 2010). Kapur tohor merupakan salah satu produk yang dihasilkan dari pembakaran bongkahan batu gamping. Menurut Leslie, dkk, 2015 dalam jurnal (Devy Kartika Ningrum, 2011) penambahan kapur dapat menghasilkan bata beton ringan lebih ringan yaitu berkisar 0.6–0.7 kg dibawah bata beton ringan tanpa kapur. Kapur dipilih karena memiliki sifat mengikat partikel-partikel yang cukup baik, pemilihan kapur sebagai pengganti sebagian semen. Kapur lebih murah dibandingkan dengan semen sehingga pemakaian kapur tohor akan lebih efisien dalam biaya pembuatan bata ringan. Indonesia memiliki julukan sebagai ring of fire, artinya Indonesia memiliki banyak gunung berapi aktif yang secara berkala yang mengeluarkan banyak material salah satunya abu vulkanik. Dari potensi tersebut penelitian ini dibuat dengan menggunakan bahan abu vulkanik sebagai bahan substitusi pada bata ringan ini. Material yang digunakan dalam pembuatan bata ringan kini semakin bervariasi seiring

dengan perkembangan zaman. Inovasi bata ringan di masa sekarang kian beragam seiring perkembangan ilmu pengetahuan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menentukan nilai optimum dari pengujian massa jenis, daya serap air, dan kuat tekan. Serta membandingkan biaya produksi bata ringan substitusi dengan bata ringan konvensional.

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini agar dapat terfokus dan terarah pada tujuan yang ingin dicapai. Berikut merupakan Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Benda uji untuk mix design berupa kubus dengan ukuran 15x15x15 cm dan benda *prototipe* dengan ukuran 60 cm x 20 cm x 7,5 cm.
- 2) Semen yang digunakan adalah semen Portland.
- 3) Bahan substitusi berupa Abu Vulkanik berasal dari sisa letusan gunung berapi.
- 4) Kapur tohor yang digunakan berasal dari batu gamping yang dipanaskan dengan suhu 600°C - 900°C.
- 5) Presentase campuran kapur tohor 0% dan 9% dari berat semen.
- 6) Presentase campuran abu vulkanik sebesar 0%, 15%, 30%, dan 45% dari berat pasir.
- 7) Perbandingan semen dan pasir adalah 1: 4.
- 8) Perbandingan *foam agent* dan air adalah 1:20.
- 9) Pasir yang digunakan lolos ayakan ukuran 2,40 mm.
- 10) FAS (Faktor Air Semen) yang digunakan adalah 0,5.
- 11) Ukuran bahan pengganti semen yaitu kapur lolos ayakan 200.
- 12) Pengujian bata ringan yang dilakukan meliputi uji massa jenis, uji daya serap air, uji kuat tekan
- 13) Pengujian dan pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

## 2. Data dan metode

Kategori standar berat bata ringan sesuai dengan ketentuan SNI 8640-2018 seperti yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Berat Bata Ringan (SNI 8640-2018)

Kelas	Kategori Berat	Bata Struktural		Bata Nonstruktural	
		Terekspos Lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak Terekspos Lingkungan ( <i>Indoor</i> )	Terekspos Lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak Terekspos Lingkungan ( <i>Indoor</i> )
		IA	IB	IIA	IIB
	500			400 – 600	
Bobot isi	700		600 – 800	600 – 800	
kering oven	900	800 – 1000	800 – 1000	800 – 1000	
(Kg/m <sup>3</sup> )	1100	1000 – 1200	1000 – 1200	1000 – 1200	
	1300	1200 - 1400	1200 - 1400	1200 - 1400	

Berdasarkan fungsi dan kondisi bata ringan, berikut syarat-syarat fisis bata ringan sesuai dengan SNI 8640-2018 pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Syarat Fisis Bata Ringan (SNI 8640-2018)

Syarat Fisis	Satuan	Bata Struktural		Bata Non Struktural	
		Terekspos Lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak Terekspos Lingkungan ( <i>indoor</i> )	Terekspos Lingkungan ( <i>outdoor</i> )	Tidak Terekspos Lingkungan ( <i>indoor</i> )
Kelas	-	IA	IB	IIA	IIB
Kuat tekan rata-rata, min. <sup>1</sup>	MPa	6	4		2
Kuat tekan individu, min.	MPa	5,4	3,6		1,8
Penyerapan air, maks. <sup>2</sup>	% <i>vol</i>		25		25
Tebal, min.	mm		98	98	73
Susut pengeringan, maks. <sup>3</sup>	%			0,2	

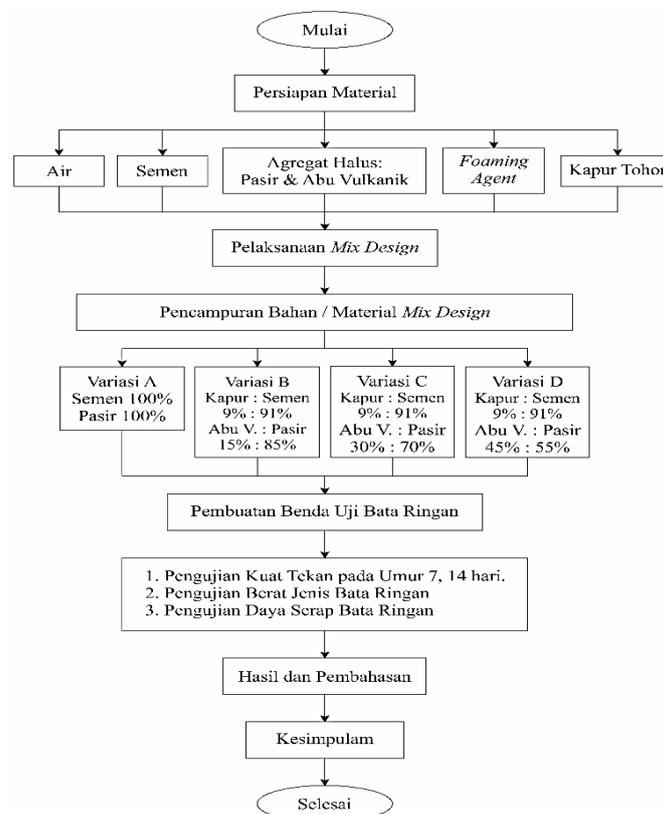
Pelaksanaan penelitian ini menggunakan metode studi literatur melalui referensi jurnal terdahulu yang memiliki keterikatan dengan penelitian ini. Penelitian ini juga menggunakan metode eksperimen. Eksperimen yang dilakukan yaitu dengan membuat bata ringan dalam bentuk kubus berukuran 15x15x15 cm dengan 4 variasi yang masing-masing memiliki kadar campuran yang berbeda. Dalam penelitian ini menggunakan perbandingan komposisi semen dan pasir sebesar 1:4, dengan bahan substitusi abu vulkanik sebesar 0%, 15%, 30%, 45% dari berat pasir, dan kapur tohor sebesar 9% dari berat semen. Seluruh pelaksanaan pengujian kandungan bahan, proses pembuatan benda uji bata ringan, dan prototype bata ringan. Dilaksanakan di Laboratorium bahan dan konstruksi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.

Seluruh pelaksanaan pengujian kandungan bahan, proses pembuatan benda uji bata ringan, dan prototype bata ringan. Dilaksanakan di Laboratorium bahan dan konstruksi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Data hasil pemeriksaan bahan dan pengujian bata ringan dilakukan dengan penyusunan dalam penyajian tabel dan grafik. Sampel dalam penelitian ini merupakan variasi campuran bata ringan dengan menggunakan penambahan kapur tohor dan abu vulkanik. Total sampel yang digunakan berjumlah 20 benda uji dengan jumlah dari masing – masing sampel 5 benda uji per satu variasi. Adapun rincian sampel disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rincian Benda Uji

	Persentase Penggantian Abu Vulkanik dan Kapur Tohor				Jumlah Sampel
	Pasir	Abu Vulkanik	Semen	Kapur	
A	100%	0%	100%	0%	5 Buah
B	85%	15%	91%	9%	5 Buah
C	70%	30%	91%	9%	5 Buah
D	55%	45%	91%	9%	5 Buah

Adapun pada penelitian ini digunakan bagan alir penelitian seperti ilustrasi yang disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagan Alir Penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi perubahan nilai pada variabel terikat dan mempunyai hubungan positif maupun negatif (Wesli, 2015). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persentase variasi penambahan abu vulkanik dan kapur tohor. Variabel terikat adalah variabel yang menjadi perhatian utama dalam sebuah pengamatan dimana besaran nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas atau variabel ini merupakan konsekwensi dari variabel bebas (Wesli, 2015). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah uji kuat tekan, berat jenis bata ringan, dan daya serap air. Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti (Sugiyono, 2013). Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah komposisi bata ringan yang meliputi: semen, pasir, air, *foam agent*, kapur tohor, dan abu vulkanik. Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15 cm.

Alat yang digunakan dalam pembuatan dan pengujian meliputi: saringan, pan, *shieve shaker*, gelas ukur, timbangan digital, oven, kompor, ember, *mixer*, cetakan kubus 15x15x15 cm, cetakan bata ringan 60x20x7.5 cm, minyak, concrete mixer, cetok, palu, pita ukur, dan alat uji kuat tekan beton (*compressive test machine*). Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi: semen, pasir, air, foam agent, kapur tohor, dan abu vulkanik. Benda uji yang dipakai pada penelitian ini berupa kubus berukuran 15x15x15 cm yang menggunakan komposisi bahan 1 (semen) : 4 (pasir), serta menggunakan kapur tohor sebagai bahan substitusi dari semen, abu vulkanik sebagai bahan substitusi dari pasir dan air sebanyak 0,5 FAS, serta campuran air dan foam agent adalah 20 (air) : 1 (*foam agent*). Adapun komposisi *job mix design* disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan *Mix Design* Bata Ringan

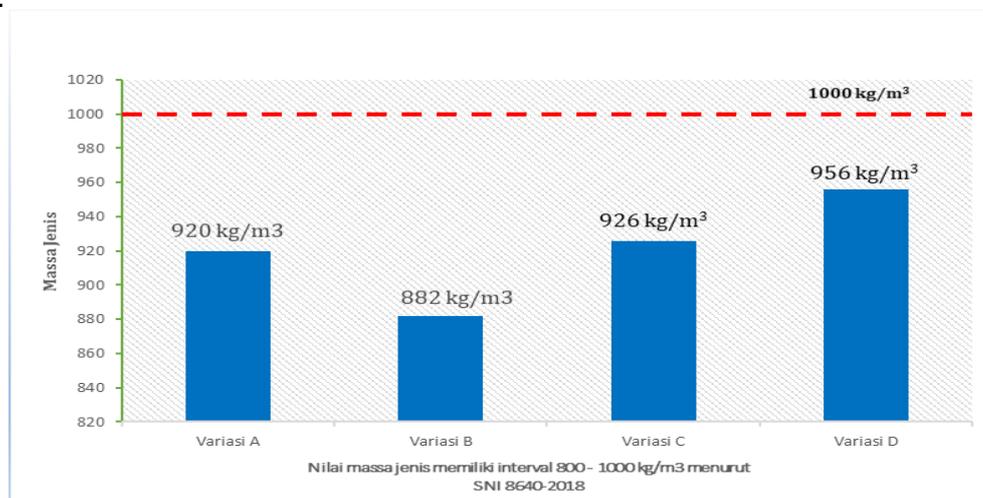
Material	Variasi			
	A	B	C	D
Semen	844 gr	768 gr	768 gr	768 gr
Pasir	4.320 gr	3.672 gr	3.024 gr	2.376 gr
Air	337,5 ml	337,5 ml	337,5 ml	337,5 ml
<i>Foam + Air</i>	1.350 ml	1.350 ml	1.350 ml	1.350 ml
Abu Vulkanik	0 gr	648 gr	1.296 gr	1.944 gr
Kapur	0 gr	76 gr	76 gr	76 gr

### 3. Hasil dan pembahasan

Untuk menghitung hasil pengujian densitas (massa jenis) adalah dengan menggunakan rumus yang disajikan pada Persamaan 1.

$$\text{Bobot isi nominal (B1)} = (BA/V) \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad (1)$$

Dengan: BA=(Berat awal benda uji); V= Volume (cm<sup>3</sup>). Adapun hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Pengujian Massa Jenis

Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian densitas (massa jenis) ditunjukkan pada grafik 4. 1 diketahui bahwa hasil pengujian mengalami penurunan densitas dari variasi A dengan nilai densitas 920 kg/m<sup>3</sup> yang merupakan bata ringan konvensional menuju variasi B dengan nilai densitas 882 kg/m<sup>3</sup> yang merupakan bata ringan substitusi 9% kapur tohor dan abu vulkanik 15%. Hasil pengujian kembali mengalami kenaikan di variasi C dengan nilai densitas 926 kg/m<sup>3</sup> dan variasi D dengan nilai densitas 956 kg/m<sup>3</sup> karena pada kedua variasi ini mendapatkan persentase substitusi abu vulkanik yang lebih tinggi, yaitu 30% pada variasi C dan 45% pada variasi D, namun keduanya memiliki komposisi kapur tohor yang sama yaitu sebesar 9% dari penggunaan semen.

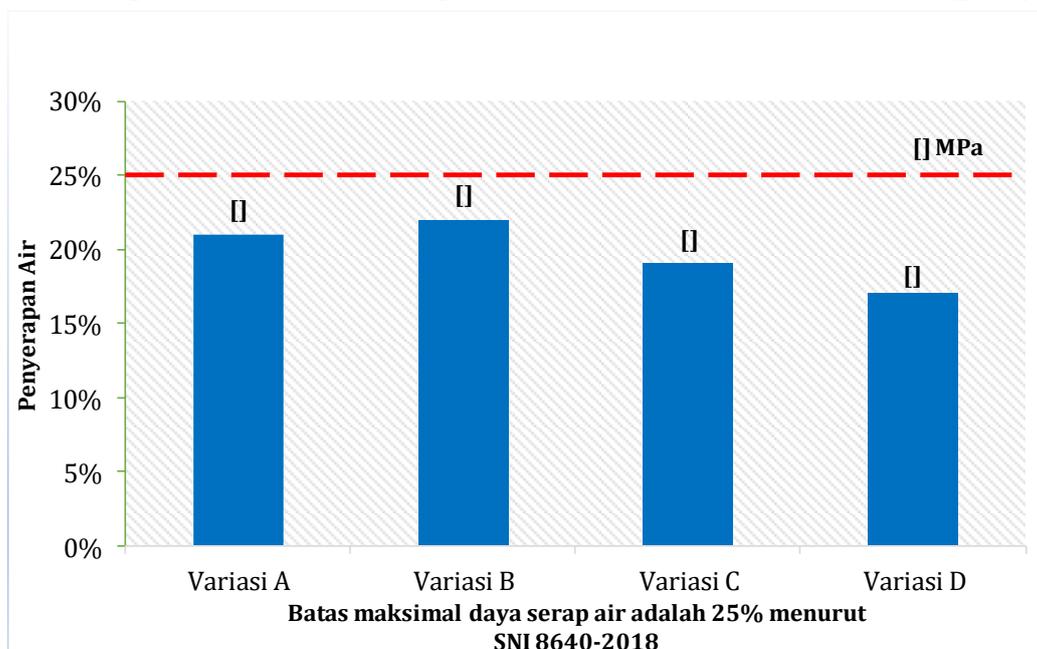
Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kapur tohor bertujuan agar nilai densitas terhadap volume benda uji bata ringan tidak terlalu tinggi, karena kapur tohor memiliki massa jenis yang lebih rendah daripada massa jenis semen. Hasil pengujian variasi B mengalami penurunan nilai densitas karena pembuatannya telah menggunakan kapur tohor sebesar 9% dari kebutuhan semen jika sebelumnya pada variasi A yang masih menggunakan komposisi konvensional. Sedangkan semakin banyak penambahan abu vulkanik, maka bata ringan akan semakin berat, hal ini disebabkan massa jenis abu vulkanik lebih tinggi daripada massa jenis pasir. Variasi D menggunakan persentase abu vulkanik paling tinggi sebesar 45% dari kebutuhan pasir, serta memiliki kerapatan lebih kecil disebabkan oleh abu vulkanik memiliki butiran-butiran sangat halus sehingga mampu menutupi rongga - rongga pada bata ringan. Disimpulkan bahwa bata ringan dengan substitusi kapur tohor sebesar 9% dan abu vulkanik sebesar 15% memiliki massa jenis lebih baik dibandingkan dengan bata ringan konvensional, sementara bata ringan yang menggunakan substitusi kapur tohor 9% pada masing - masing variasi abu vulkanik 30% dan 45% memiliki massa jenis lebih tinggi dibandingkan dengan bata ringan konvensional.

Pengujian daya serap air dilakukan setelah benda uji berumur 14 hari berjumlah lima sampel dalam setiap satu variasi. Hasil yang didapatkan dari pengujian daya serap air kemudian dihitung dengan rumus yang disajikan pada Persamaan 2. Adapun hasil pengujian daya serap air ditunjukkan pada Gambar 3.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = (\text{Bia}-\text{Bio})/\text{Bio} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

Bia (Bobot isi air) = Berat basah benda uji setelah direndam (gram)  
 Bio (Bobot isi kering oven) = Berat kering benda uji setelah di oven 24 jam (gram)



**Gambar 3.** Grafik Pengujian Daya Serap Air

Hasil pengujian daya serap air pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai pengujian daya serap air bata ringan tertinggi sebesar 22% terjadi pada variasi B dengan substitusi kapur tohor 9% dan abu

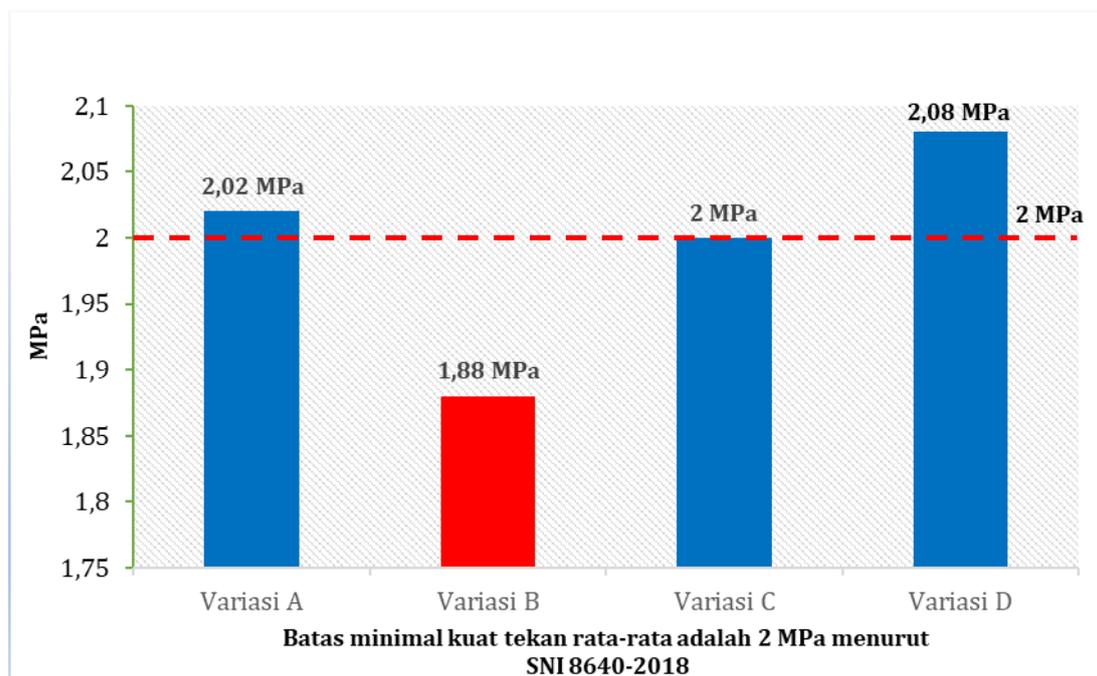
vulkanik 15%. Hasil pengujian mengalami penurunan pada variasi C dan D seiring dengan peningkatan persentase substitusi abu vulkanik yang digunakan pada bata ringan. Diketahui bahwa penurunan nilai daya serap air menjadi 19% terjadi pada variasi C dengan substitusi 9% kapur tohor dan 30% abu vulkanik, kembali mengalami penurunan nilai daya serap air menjadi 17% pada variasi D dengan substitusi 9% kapur tohor dan 45% abu vulkanik.

Hasil analisis pengujian daya serap air yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai pengujian daya serap air berbanding terbalik dengan nilai pengujian densitas, apabila semakin tinggi nilai densitas maka kemampuan daya serap air akan menurun. Pernyataan ini dibuktikan pada hasil pengujian daya serap air terendah berada pada variasi D sebesar 17%. Sedangkan pada variasi B memiliki nilai daya serap air tertinggi yaitu sebesar 22%. Dapat disimpulkan bahwa bata ringan dengan substitusi kapur tohor 9% pada masing – masing variasi abu vulkanik 30% dan 45% memiliki daya serap lebih rendah dibandingkan dengan bata ringan konvensional.

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji telah berumur 14 hari. Pada pengujian kuat tekan hasil umur bata ringan 14 hari dikonversi menjadi 28 hari. Pada Tabel 5 merupakan data konversi yang akan digunakan. Adapun hasil nilai pengujian kuat tekan pada bata ringan ditunjukkan pada Gambar 4.

**Tabel 5.** Data Konversi Umur Bata (PBI-1971)

Umur Beton (Hari)	Angka Konversi
3	0,46
7	0,70
14	0,88
21	0,96
28	1,00



**Gambar 4.** Grafik Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Hasil pengujian kuat tekan ditunjukkan pada grafik 4. 3 diketahui bahwa pada variasi A atau bata ringan konvensional mendapatkan nilai kuat tekan sebesar 2,02 Mpa. Namun mengalami penurunan nilai kuat tekan menjadi 1,88 MPa pada variasi B yang merupakan bata ringan substitusi 9% kapur tohor dan 15% abu vulkanik. Lalu mengalami kenaikan nilai kuat tekan menjadi 2,00 MPa pada variasi C dengan substitusi 9% kapur tohor dan 30% abu vulkanik. Kembali mengalami kenaikan nilai kuat tekan pada variasi D menjadi 2,08 MPa dengan substitusi 9% kapur tohor dan 45% abu vulkanik. Sesuai hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi D merupakan variasi dengan nilai

tertinggi dibandingkan dengan variasi lainnya.

Pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan abu vulkanik bertujuan untuk menaikkan nilai kuat tekan, karena massa jenis abu vulkanik lebih tinggi dibanding pasir, abu vulkanik juga memiliki butir-butir lebih halus dibandingkan pasir yang dapat mengisi rongga pada bata ringan serta berpengaruh pada nilai kuat tekan bata ringan tersebut. Dapat ditunjukkan pada hasil pengujian pada variasi D menggunakan substitusi abu vulkanik sebesar 45% mendapatkan hasil kuat tekan paling tinggi dibandingkan dengan variasi lainnya. Lalu pengujian kuat tekan pada variasi B dengan substitusi abu vulkanik 15% tidak memenuhi SNI 8640-2018 dimungkinkan pengaruh substitusi abu vulkanik kurang maksimal, karena faktor penggunaan kapur tohor 9% dari berat semen yang berakibat menurunnya nilai kuat tekan. Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian kuat tekan bata ringan dengan penambahan kapur tohor 9% dan abu vulkanik 45% memiliki nilai kuat tekan lebih baik sebesar 0,06 MPa dibandingkan dengan bata ringan konvensional.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Penelitian dengan pemanfaatan kapur tohor dan abu vulkanik pada pembuatan bata ringan memperoleh hasil yang optimum pada variasi D dengan substitusi kapur tohor 9% dari kebutuhan semen dan abu vulkanik 45% dari kebutuhan. Memperoleh hasil pengujian densitas 956 kg/m<sup>3</sup>, hasil pengujian daya serap air 17%, dan hasil pengujian kuat tekan 2,1 Mpa.
- 2) Hasil pengujian densitas pada seluruh variasi telah memenuhi SNI 8640-2018 dengan ketentuan berat sebesar 800-1000 kg/m<sup>3</sup>. Pengujian densitas memperoleh nilai terendah pada variasi B sebesar 882 kg/m<sup>3</sup> dan nilai tertinggi pada variasi D sebesar 956 kg/m<sup>3</sup>. Kenaikan nilai densitas tersebut dipengaruhi oleh peningkatan persentase substitusi abu vulkanik di setiap variasi.
- 3) Hasil pengujian daya serap air pada seluruh variasi telah memenuhi SNI 8640-2018 dengan ketentuan penyerapan air  $\leq 25\%$ . Diperoleh hasil pengujian dengan nilai daya serap terendah pada variasi D sebesar 17%, sedangkan nilai daya serap tertinggi pada variasi B sebesar 22%. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa korelasi nilai daya serap air dan nilai densitas berbanding terbalik. Karena apabila bata ringan tersebut mempunyai densitas tinggi, maka akan memiliki kerapatan yang lebih baik.
- 4) Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa variasi A, C, D memenuhi SNI 8640-2018 yang memiliki nilai kuat tekan rata-rata minimum sebesar 2 MPa. Pada pengujian ini diperoleh nilai kuat tekan tertinggi pada variasi D sebesar 2,08 MPa, sedangkan variasi B memiliki nilai 1,88 MPa yang artinya variasi tersebut tidak memenuhi syarat SNI 8640-2018.

#### Referensi

- Badan Standarisasi Nasional. 2018. SNI 8640-2018 Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. SNI 03-1968-1990 Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. Jakarta.
- Jusi, Ulfa. dkk. 2021. Pengaruh Penambahan Kapur Tohor Terhadap Sifat Mekanis Bata Ringan. Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru Riau.
- Ningrum, Devy K. Sofianto, Mochamad F. 2018. Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Berat Volume, Kuat Tekan Dan Penyerapan Air Pada Bata Beton Ringan Seluler Berbahan Dasar Bottom Ash. Universitas Negeri Surabaya.
- Wibowo, J., Habsya, C., & Sumarni, S. 2015. Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus Bata Beton Ringan Foam Ditinjau Dari Kuat Tekan, Berat Jenis Dan Hambat Panas. Fkip, Universitas Sebelas Maret. 4.

© PILARS, 2024. All rights reserved

