

PEMANFAATAN PECAHAN GENTENG DAN KEMASAN *TETRA PACK* DALAM PEMBUATAN BETON APUNG

Faishal Adiwangsa^{1,*}, Nawir Rasidi², Winda Harsanti³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}

Email: faisaladiw12345678@gmail.com¹, nawir.rasidi@polinema.ac.id², winda.harsanti@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Keterbatasan sumber daya lahan mendorong adanya inovasi dalam dunia konstruksi dimana pendekatan konvensional hari ini seperti reklamasi lahan menjadi lebih mahal, tidak ramah lingkungan, dan memakan waktu karena peningkatan kedalaman air secara signifikan akibat pemanasan global. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pecahan genteng dan batu apung sebagai substitusi agregat kasar dan pengaruh kemasan *tetra pack* sebagai bahan pengisi rongga beton apung. Metode penelitian meliputi persiapan bahan, pengujian fisik agregat, desain campuran beton, dan pengujian karakteristik beton apung. Beberapa uji yang dilakukan antara lain uji kuat tekan, uji daya apung, dan uji fisik agregat kasar, halus dan pecahan genteng. Pada penelitian ini kuat tekan yang paling optimal dengan penambahan pecahan genteng 2%, 3%, 4% adalah pecahan genteng dengan prosentase 3% hingga nilai 36 MPa sedangkan pada pengujian kuat tekan pada komposisi material 50% batu apung dan 50% pecahan genteng diperoleh kuat tekan rata-rata 6.86 MPa, untuk benda uji apung menggunakan ukuran 20 cm x 30 cm dengan tinggi 11 cm dan dengan beberapa variasi campuran untuk beton apung seperti 97% kerikil 3% pecahan genteng, batu apung 50% pecahan genteng 30% kerikil 20%, dan pecahan genteng 50% batu apung 50%. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa pengujian beton dapat mengapung di atas air dengan komposisi pecahan genteng 50% dan batu apung 50% dengan berat jenis 705.1 kg/m³. Untuk hasil daya apung yang dapat dicapai oleh satu beton apung campuran tersebut adalah 15 kg/m² sedangkan pengujian daya apung dua beton adalah 16.667 kg/m². Sedangkan rencana anggaran biaya dalam pembuatan beton apung ukuran 20 x 30 x 11 cm adalah Rp 288,226.07 dan untuk pembuatan beton apung ukuran 1 x 1 m adalah Rp 4,803,767.91

Kata kunci : Beton Apung, Pecahan genteng, Batu Apung, *Tetra pack*, Kuat Tekan, daya apung

ABSTRACT

Limited land resources encourage innovation in the world of construction where today's conventional approaches such as land reclamation are becoming more expensive, environmentally unfriendly, and time consuming due to the significant increase in water depth due to global warming. This study aims to determine the effect of fragments of roof tiles and pumice as a substitute for coarse aggregate and the effect of *tetra pack* packaging as a filling material for floating concrete voids. The research method includes material preparation, physical testing of aggregates, concrete mix design, and testing the characteristics of floating concrete. Some of the tests carried out include compressive strength, buoyancy, and physical tests of coarse, fine, and fragments of roof tiles. In this study, the most optimal compressive strength with the addition of 2%, 3%, 4% roof tile fragments is roof tile fragments with a percentage of 3% to a value of 36 MPa while in the compressive strength test on the material composition of 50% pumice and 50% roof tile fragments obtained an average compressive strength of 6.86 MPa, for floating test objects using a size of 20 cm x 30 cm with a height of 11 cm and with several variations of mixtures for floating concrete such as 97% gravel 3% roof tile fragments, 50% pumice 50% roof tile fragments 30% gravel 20%, and 50% roof tile fragments 50% pumice 50%. The results of this study obtained that concrete testing can float on water with a composition of 50% tile fractions and 50% pumice with a specific gravity of 705.1 kg / m³. For the results of the buoyancy that can be achieved by one floating concrete mixture is 15 kg / m² while testing the buoyancy of two floating concrete is 16.667 kg / m². While the build of material making floating concrete size 20 x 30 x 11 cm is Rp 288,226.07 and for making floating concrete size 1 x 1 m is Rp 4,803,767.91.

Keywords: Floating concrete, roof tile fragments, pumice stone, *tetra pack*, compressive strength, buoyancy

1. PENDAHULUAN

Keterbatasan sumber daya lahan mendorong adanya inovasi dalam dunia konstruksi dimana pendekatan konvensional hari ini seperti reklamasi lahan menjadi lebih mahal, tidak ramah lingkungan, dan memakan waktu karena peningkatan kedalaman air secara signifikan akibat dari pemanasan global. Hal ini yang mendorong inovasi dalam dunia konstruksi berupa bangunan terapung, penggunaan bangunan terapung lebih disukai dibandingkan reklamasi lahan karena lebih ramah lingkungan dan memakan waktu lebih sedikit dalam konstruksi. Selain itu, berat sendiri struktur terapung secara otomatis diseimbangkan oleh kekuatan apung, sehingga menghilangkan kebutuhan yang besar dan mahal pondasi, dan menghasilkan penghematan bahan dan biaya konstruksi [1]. Parameter paling vital untuk konstruksi apung adalah berat dari struktur yang perlu dibawanya. Gaya apung atau kapasitas angkat ponton harus lebih besar daripada berat struktur termasuk berat sendiri ponton[2]. Sehingga pemilihan material adalah hal yang penting dalam pembuatan beton ponton. konsep yang diterapkan adalah menggunakan Beton ringan bisa menggantikan beton biasa, terutama ketika pengurangan berat. Standar yang berbeda memperkenalkan kepadatan yang berbeda rentang untuk beton ringan. Komite ACI 213 mensyaratkan kisaran kepadatan 320–1920 kg/m³ untuk beton ringan, Tapi menurut sesuai standar EN 206–1, kepadatan beton ringan berada pada kisaran 800–2000 kg/m³[3].

METODE

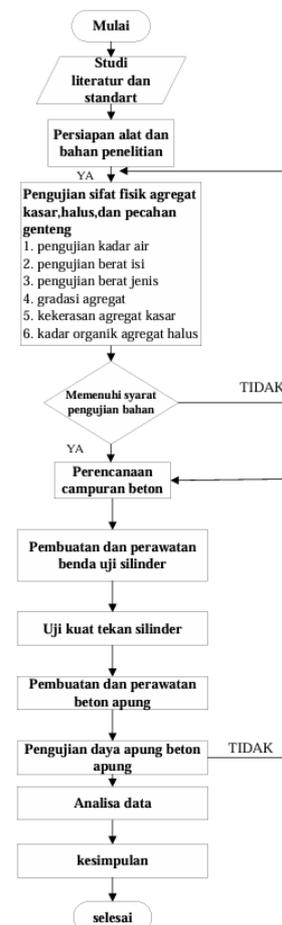
Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian pemanfaatan pecahan genteng dan kemasan *tetra pack* dalam pembuatan beton apung menggunakan data primer yang didapat peneliti dengan melakukan penelitian secara langsung. Adapun parameter parameter dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sifat fisik agregat kasar, halus, dan pecahan genteng meliputi berat jenis dan penyerapan agregat, kadar air, berat isi, gradasi
2. Uji kuat tekan beton silinder menggunakan silinder ukuran 150 mm x 300 mm. benda uji direndam dan dirawat selama 28 hari. uji kuat tekan ini digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji material normal, 2% pecahan genteng, 3% pecahan genteng, 4 % pecahan genteng
3. Uji kuat tekan beton kubus menggunakan kubus ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm. benda uji direndam dan dirawat selama 7 hari. Uji kuat tekan ini

digunakan untuk mengetahui kuat tekan dari benda uji material 50 % batu apung dan 50 % pecahan genteng

4. Perencanaan mix desain Dilakukan dengan perencanaan rasio campuran beton dengan mengacu pada peraturan [4] tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Form perencanaan campuran beton tercantum pada lampiran dan berikut prosedur perencanaan berdasarkan [4] Penetapan kekuatan beton rencana. Kuat tekan beton yang direncanakan mencapai mutu Fc 20 dalam waktu 28 hari
5. Pembuatan Beton Apung menggunakan cetakan berukuran 0.2 m x 0.3 m x 0.13 m dengan tebal selimut dan komposisi material yang bervariasi
6. Uji kekuatan apung digunakan untuk mengetahui besar beban yang dapat ditahan oleh beton apung sampai beton itu terbalik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan parameter yang telah dibahas sesuai metode dan diagram alir, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Sifat Fisik Agregat : Dalam penelitian kali ini menggunakan pasir dari Lumajang sebagai bahan material pada campuran

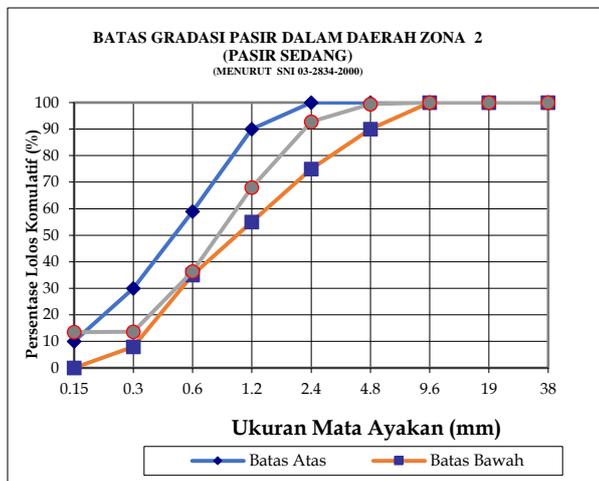
beton. Adapun pengujian terkait agregat halus adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan (mm)	Tertahan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Tembus
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 - 19	0.00	0.00	0.00	100.00
19 - 9,5	0.00	0.00	0.00	100.00
9.5 - 4.75	2.90	0.58	0.58	99.42
4.75 - 2.36	33.40	6.63	7.21	92.79
2.36 - 1.18	124.60	24.74	31.94	68.06
1.18 - 0.60	159.70	31.71	63.65	36.35
0.60 - 0.30	114.30	22.69	86.34	13.66
0.30 - 0.15	1.00	0.20	86.54	13.46
0.15 - 0.00	67.80	13.46	100.00	0.00
Jumlah	503.70		276.26	

Angka 2.76
Kehalusan

Dari Hasil analisis ayakan di atas menunjukkan bahwa pasir Lumajang memiliki berat tertahan kumulaif sebesar 100,00, yang menghasilkan nilai modulus kehalusan butir sebesar 2,76% syarat untuk bahan beton sesuai dengan SNI 036820-2002 dimana nilai modulus halus antara 2-3% dengan variasi butiran sesuai standar.



Gambar 2 Grafik Batas zona 2

Tabel 2 Berat Jenis dan Penyerapan

PEMERIKSAAN		Benda Uji	
		I	II
Berat Benda Uji Jenuh Permukaan Kering (JPK / SSD)	500	500.0	500.0
Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	494.9	495.3
Berat Piknometer + Air	B	653.3	653.3

Berat Piknometer + Benda Uji + Air	Bt	970.8	967.4
------------------------------------	-----------	-------	-------

Sumber : Hasil Penelitian

PEMERIKSAAN		Benda Uji		Rerata
		I	II	
Berat Jenis Bulk / Kering Oven (Oven Dray)	$\{ (Bk / (B+500 -Bt))$	2.712	2.664	2.688
Berat Jenis Jenuh Permukaan Kering (JPK / SSD)	$\{ (500 / (B+500 -Bt))$	2.740	2.690	2.715
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\{ (Bk / (B+Bk -Bt))$	2.790	2.733	2.762
Penyerapan	$\{ (500 - Bk) / Bk \} \times 100 \%$	1.031	0.949	0.990

Hasil data berat jenis dan penyerapan menunjukkan berat jenis bulk / kering oven dengan nilai 2.688 gram dan untuk berat jenis permukaan kering 2.715 gram. Berat jenis semu memiliki 2.762 gram dan untuk penyerapan diperoleh 0.99 gram.

Tabel 3 Kadar Air Agregat Halus

PEMERIKSAAN AGREGAT		Benda Uji	
		I	II
Berat Cawan	W₁	68.3	73.5
Berat Cawan + Benda Uji	W₂	711.3	715.8
Berat Benda Uji Kering Oven	W₃ = W₂ - W₁	643.0	642.3
Berat Benda Uji Kering Oven	W₄	685.6	689.3
Berat Benda Uji Kering Oven	W₅ = W₄ - W₁	617.3	615.8
Kadar Air	$\{ (W_3 - W_5) / W_3 \} \times 100 \%$	4.00	4.13
Rata - rata Kadar Air		4.06	

Dari data pengujian kadar air diatas benda uji 1 didapatkan angka 4 gram dan benda uji 2 sebesar 4.13 gram sehingga diperoleh rata rata kadar air 4.06 gram atau 4.06%

Tabel 4 Berat Isi Agregat Halus

PEMERIKSAAN BERAT ISI	Benda Uji					
	Lepas		Tumbuk		Goyang	
	I	II	I	II	I	II
Berat Mould / tempat	2224	2224	2224	2224	2224	2224
Berat Mould / tempat + Air	4880	4880	4880	4880	4880	4880
Volume / Isi Mould	2656	2656	2656	2656	2656	2656

Berat Mould / tempat + Benda Uji	5502	5425	6064	6154	6114	6121
Berat Benda Uji	3278	3201	3840	3930	3890	3897
Berat isi	1.23	1.21	1.45	1.48	1.46	1.47
<i>Berat isi Rata-rata</i>	<i>1.22</i>		<i>1.46</i>		<i>1.47</i>	

Sumber : Hasil Penelitian

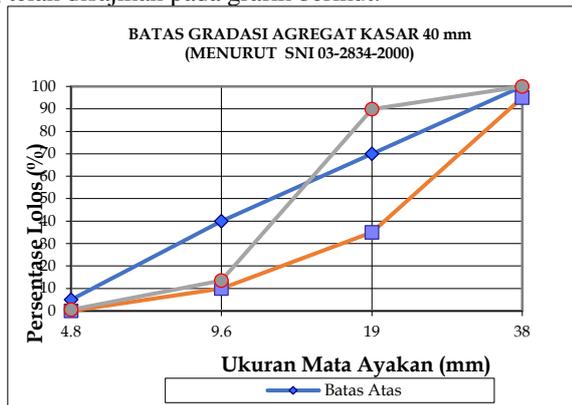
Dari data pengujian berat isi didasarkan pada 3 pengujian yaitu pemeriksaan berat isi lepas, berat isi tumbuk, dan berat isi goyang. Pada pengujian berat isi lepas diperoleh rata – rata berat benda isi 1.22 gr/lt, sedangkan pengujian berat isi tumbuk diperoleh rata – rata berat benda isi 1.46 gr/lt dan pada pengujian berat isi goyang diperoleh rata – rata 1.47 gr/lt. Dalam penelitian ini menggunakan kerikil Pasuruan sebagai bahan material pada beton, maka perlu dilakukan tes material sebagai berikut:

Tabel 5. Gradasi Agregat Kasar

Lubang Saringan (mm)	Tertahan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertinggal	Tembus
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 - 19	168.90	10.16	10.16	89.84
19 - 9,5	1268.50	76.27	86.42	13.58
9.5 - 4.75	217.00	13.05	99.47	0.53
4.75 - 2.36	0.20	0.01	99.48	0.52
2.36 - 1.18	0.20	0.01	99.49	0.51
1.18 - 0.60	0.20	0.01	99.51	0.49
0.60 - 0.30	0.40	0.02	99.53	0.47
0.30 - 0.15	0.10	0.01	99.54	0.46
0.15 - 0.00	7.70	0.46	100.00	0.00
Jumlah	1663.20		694	
Angka Kehalusan		6.94		

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh gradasi agregat kasar dengan menggunakan kerikil Pasuruan berada di angka 6.94% hal ini sesuai dengan persyaratan SNI 03-2834-2000 antara 5 - 8%. Untuk mengetahui batas gradasi dari kerikil yang telah disajikan pada grafik berikut:



Gambar 3. Batas Gradasi Agregat Kasar

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 6 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

PEMERIKSAAN	Agregat Kasar	Benda Uji	
		I	II
Berat Benda Uji Jenuh Permukaan Kering (JPK / SSD)	Bj	505.20	507.70

Berat Benda Uji Kering Oven	Bk	495.90	500.00
Berat Piknometer + Air	B	1093.20	1093.20
Berat Piknometer + Benda Uji + Air	Bt	1416.40	1413.90

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil data berat jenis dan penyerapan menunjukkan berat jenis bulk / kering oven dengan nilai 2.699 gram dan untuk berat jenis permukaan kering 2.745 gram. Berat jenis semu memiliki 2.830 gram dan untuk penyerapan diperoleh 1.708 gram

Tabel 7 Hasil Analisis Kekasaran

Pemeriksaan		Benda Uji	
		I	II
Berat Mould + Landasan	W₁	3121.0	3121.0
Berat Mould+ Benda Uji	W₂	3551.0	3539.0
Berat Benda Uji	W₃ = W₂ - W₁	430.0	418.0
Berat Ayakan 2,36 mm	W₄	406.0	406.0
Berat BU tertahan saringan 2,36 mm + Ayakan	W₅	805.0	806.0
Berat BU tertahan saringan 2,36 mm	W₆ = W₅ - W₄	399.0	400.0
Kekerasan Agregat Rata-rata	{(W₃ - W₆) / W₃} x 100 %	7.21	4.31
Kekerasan Agregat		5.76	

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil dari pengujian kekasaran menunjukkan kekasaran agregat pada benda uji 1 adalah 7.21 % dan pada benda uji 2 kekasaran agregat 4.31% sehingga diperoleh rata-rata kekasaran agregat 5.76%.

Tabel 8 Berat Isi Agregat Kasar

Pemeriksaan berat isi	KASAR					
	Lepas		Benda Uji Tumbuk		Goyang	
	I	II	I	II	I	II
Berat Mould /Tempat	4681	4681	4681	4681	4681	4681
Berat Mould / Tempat + Air	11778	11778	11778	11778	11778	11778
Volume / Isi Mould	7097	7097	7097	7097	7097	7097
Berat Mould / tempat + Benda Uji	14460	14430	14984	15066	15066	15096
Berat Benda Uji	9779	9749	10303	10385	10385	10415
Berat isi	1.38	1.37	1.45	1.46	1.46	1.47
<i>Berat isi Rata-rata</i>	<i>1.38</i>		<i>1.46</i>		<i>1.47</i>	

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data pengujian berat isi didasarkan pada 3 pengujian yaitu pemeriksaan berat isi lepas, berat isi tumbuk, dan berat isi goyang. Pada pengujian berat isi lepas diperoleh rata – rata berat benda isi 1.38 gr/lt, sedangkan pengujian berat isi tumbuk diperoleh rata – rata berat benda isi 1.46 gr/lt dan

pada pengujian berat isi goyang diperoleh rata – rata 1.47 gr/lit.

Tabel 9 Kadar Air Agregat Kasar

PEMERIKSAAN AGREGAT		Benda Uji	
		I	II
Berat Cawan	W_1	71.3	73.5
Berat Cawan + Benda Uji	W_2	901.3	916.0
Berat Benda Uji	$W_3 = W_2 - W_1$	830.0	842.5
Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven	W_4	891.2	905.7
Berat Benda Uji Kering Oven	$W_5 = W_4 - W_1$	819.9	832.2
Kadar Air	$\{ (W_3 - W_5) / W_3 \} \times 100 \%$	1.22	1.22
Rata - rata Kadar Air		1.22	

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data pengujian kadar air diatas benda uji 1 didapatkan angka 1.22 gram dan benda uji 2 sebesar 1.22 gram sehingga diperoleh rata rata kadar air 1.22 gram atau 1.22% . Untuk material pengganti agregat kasar peneliti menggunakan pecahan genteng adapun pengujian sifat fisik pecahan genteng sebagai berikut :

Tabel 10 gradasi pecahan genteng

Lubang Saringan (mm)	Tertahan		% Kumulatif	
	Gram	%	Tertahan	Tembus
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5 - 19	6.20	0.47	0.47	99.53
19 - 9.5	775.7	59.13	59.60	40.40
9.5 - 4.75	361	27.52	87.12	12.88
4.75 - 2.36	34.3	2.61	89.73	10.27
2.36 - 1.18	2.00	0.15	89.88	10.12
1.18 - 0.60	0.30	0.02	89.91	10.09
0.60 - 0.30	0.10	0.01	89.92	10.08
0.30 - 0.15	113	8.63	98.54	1.46
0.15 - 0.00	19.1	1.46	100.00	0.00
Jumlah	1311.9		605	
Angka Kehalusan	6.05			

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh gradasi pecahan genteng berada di angka 6.05% dengan pecahan genteng yang tertahan paling besar ada pada lubang saringan no 19 – 9.5 mm sebanyak 775.70 gram.

Tabel 11 berat isi pecahan genteng

Pemeriksaan berat isi	Benda Uji					
	Lepas		Tumbuk		Goyang	
	I	II	I	II	I	II
Berat Mould /Tempat	4681	4681	4681	4681	4681	4681
Berat Mould / Tempat + Air	11778	11778	11778	11778	11778	11778
Volume / Isi Mould	7097	7097	7097	7097	7097	7097

Berat Mould / tempat + Benda Uji	12336	12364	12168	12100	11796	11820
Berat Benda Uji	7655	7683	7487	7419	7115	7139
Berat isi	1.08	1.08	1.05	1.05	1.00	1.01

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data pengujian berat isi didasarkan pada 3 pengujian yaitu pemeriksaan berat isi lepas, berat isi tumbuk , dan berat isi goyang. Pada pengujian berat isi lepas diperoleh rata – rata berat benda isi 1.08 gr/lit, sedangkan pengujian berat isi tumbuk diperoleh rata – rata berat benda isi 1.05 gr/lit dan pada pengujian berat isi goyang diperoleh rata – rata 1.00 gr/lit.

Tabel 12 kadar air pecahan genteng

PEMERIKSAAN AGREGAT		Benda Uji	
		I	II
Berat Cawan	W_1	69.6	66.2
Berat Cawan + Benda Uji	W_2	597.4	587.8
Berat Benda Uji	$W_3 = W_2 - W_1$	527.8	521.6
Berat Cawan + Benda Uji Kering Oven	W_4	584.1	573.5
Berat Benda Uji Kering Oven	$W_5 = W_4 - W_1$	514.5	507.3
Kadar Air	$\{ (W_3 - W_5) / W_3 \} \times 100 \%$	2.52	2.74
Rata - rata Kadar Air		2.63	

Sumber : Hasil Penelitian

Dari data pengujian kadar air diatas benda uji 1 didapatkan angka 2.52 gram dan benda uji 2 sebesar 2.74 gram sehingga diperoleh rata rata kadar air 2.63 gram atau 2.63%.

Tabel 13 berat jenis pecahan genteng

PEMERIKSAAN		Benda Uji	
		I	II
Berat Benda Uji Jenuh Permukaan Kering (JPK / SSD)	B_j	530.6	531.2
Berat Benda Uji Kering Oven	B_k	495.90	518.6
Berat Piknometer + Air	B	1095.7	1095.7
Berat Piknometer + Benda Uji + Air	B_t	1370.2	1373.3

PEMERIKSAAN		Benda Uji		Rerata
		I	II	
Berat Jenis Bulk / Kering Oven (Oven Dry)	$\{ (B_k / (B+500-B_t))$	2.009	2.045	2.027
Berat Jenis Jenuh Permukaan Kering (JPK / SSD)	$\{ (500 / (B+500-B_t))$	2.072	2.095	2.083
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\{ (B_k / (B+B_k-B_t))$	2.144	2.152	2.148

Penyerapan	$\left\{ \frac{500 - B_k}{B_k} \right\} \times 100 \%$	3.129	2.430	2.779
------------	--	-------	-------	-------

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil data berat jenis dan penyerapan menunjukkan berat jenis bulk / kering oven dengan nilai 2.027 gram dan untuk berat jenis permukaan kering 2.083 gram. Berat jenis semu memiliki 2.148 gram dan untuk penyerapan diperoleh 2.779 gram.

Mix Desain Kuat Tekan Silinder

Peneliti menggunakan benda uji silinder sebanyak 3 buah untuk beton normal, 3 buah beton dengan campuran genteng %, 4 buah beton dengan campuran genteng 3% dan 4 buah beton dengan campuran genteng 4% dengan keseluruhan mutu fc 20 Mpa. Dalam melakukan pengujian kuat tekan untuk

mengetahui besarnya kuat tekan maksimum yang dapat diterima beton sampai beton itu hancur / rusak.:

Tabel 14 Kebutuhan Bahan per m3

BAHAN	kg/m3	Bahan terkoreksi		
		Penyerapan air (%)	Kadar air (%)	Terkoreksi
Semen	513	-	-	513
Air	205	-	-	189
Pasir	683	0.99	4.06	704
Batu pecah/kerikil	1024	1.708	1.22	1,019

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 15.Perhitungan Volume Pengecoran
Perhitungan volume beton segar

Bu silinder	15 x 30	Cm
Luas permukaan	176.625	Cm ²
Volume silinder	5298.75	Cm ³
Volume 1 silinder	0.00529875	M ³

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 16. Kebutuhan Material 1 silinder Pengecoran
Kebutuhan material 1 silinder

Pasir	3.73	kg
Kerikil	5.40	kg
Air	1.00	kg
Semen	2.72	kg
Total campuran	12.85	kg

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 17. Kebutuhan Material 3 silinder Pengecoran
Kebutuhan material beton normal (3 benda uji)

Pasir	11.2	kg
Kerikil	16.2	kg
Air	3.00	kg
Semen	8.1	kg
Total campuran	38.54	kg

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 18. Kebutuhan Material 11 silinder Pengecoran
Pecahan genteng 2%,3%,4% (11 benda uji)

Pasir	41.0	Kg
Kerikil	59.4	Kg
Air	11.0	Kg
Semen	29.9	Kg
Total campuran	141.3	Kg

Sumber : Hasil Penelitian

Genteng	Total 11 benda uji
2%	1.19 Kg
3%	1.78 Kg
4%	2.38 Kg
Total kebutuhan Pecahan genteng	5.35 Kg

Sumber : Hasil Penelitian

Mix Desain Beton Apung

Peneliti melakukan berbagai percobaan untuk mengetahui komposisi campuran beton apung seperti mengganti agregat kasar dengan batu apung dan pecahan genteng dengan harapan benda uji beton apung dapat mengapung diatas air atau mencoba memvariasikan ketebelan selimut beton guna mendapatkan berat jenis beton yang berada dibawah berat jenis air agar bisa mengapung. Beberapa variasi komposisi beton apung dapat diliat secara ringkas di tabel berikut ini :

Tabel 19 Perhitungan Volume Beton Apung
PERHITUNGAN VOLUME BETON SEGAR

BU Beton Apung	0.2 m x 0.3 m x 0.13 m
VOLUME Benda Uji	0.0078
Volume Bahan Pengisi (tebal selimut 1.5 cm)	0.005049
Volume Benda uji - bahan Pengisi	0.002751

Sumber : Dokumen Pribadi

Dari hasil perhitungan diatas dengan menggunakan tebal selimut beton 1.5 cm maka kebutuhan pengecoran adalah

0.002751. selanjutnya volume tersebut akan digunakan kebutuhan pengecoran beton apung

Tabel 20. campuran pecahan genteng 3% ; 97% kerikil

Kebutuhan material 97 % kerikil dan 3 % pecahan genteng		Kebutuhan material (UP 120%)	
Pasir	1.94 Kg	2.32 Kg	
Kerikil	2.72 Kg	3.26 Kg	
Pecahan genteng			
3%	0.08 Kg	0.10 Kg	
Air	0.52 Kg	0.62 Kg	
Semen	1.03 Kg	1.23 Kg	
Total campuran	6.67 Kg	8 Kg	

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 21. campuran pecahan genteng 30% ; batu apung 50 %

Kebutuhan Material 50 % Batu Apung ,30% pecahan genteng dan 20% kerikil		kebutuhan material (UP 120%)	
Pasir	1.94 kg	2.32 kg	
Batu apung (50%)	1.40 kg	1.68 kg	
Pecahan genteng (30%)	0.84 kg	1.01 kg	
Kerikil (20%)	0.56 kg	0.67 kg	
Air	0.52 kg	0.62 kg	
Semen	1.41 kg	1.69 kg	
TOTAL CAMPURAN	6.67 kg	8.01 kg	

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 22. campuran pecahan genteng 50% ; batu apung 50 %

Kebutuhan Material 50 % Batu Apung, 50% Pecahan genteng		Kebutuhan material (UP 120%)	
Pasir	1.94 Kg	2.32 Kg	
Batu apung (50%)	1.40 Kg	1.68 Kg	
Pecahan genteng (50%)	1.40 Kg	1.68 Kg	
Air	0.52 Kg	0.62 Kg	
Semen	1.41 Kg	1.23 Kg	
Total campuran	6.67 Kg	8.01 Kg	

Sumber : hasil penelitian

Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dengan menggunakan silinder 15 x 30 cm dilaksanakan pada umur beton sempurna yaitu 28 hari dan dengan mutu rencana f_c 20 Mpa. Hasil dari

pengujian kuat tekan beton ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 23. Kuat Tekan Beton Silinder

No	umur (hari)	Variasi benda	Berat Beton (Kg)		Fc ' (Mpa)	Kuat tekan rata - rata
			Kn			
1	28 (+)	normal	12.1	561	32	29.3
2		normal	12.5	457	26	
3		normal	12.5	527	30	
4	28 (+)	Pecahan genteng 2%	12.5	535	30	29
		Pecahan genteng 2%	12.4	499	28	
Pecahan genteng 2%		12.3	509	29		
Pecahan genteng 3%		12.4	690	39		
Pecahan genteng 3%		12.6	693	39		
Pecahan genteng 3%		12.4	590	33		
8	28 (+)	Pecahan genteng 3%	12.5	593	33.5	36
9		Pecahan genteng 4%	12.6	584	33	
10		Pecahan genteng 4%	12.4	470	26	
11		Pecahan genteng 4%	12.7	770	43	
12	28 (+)	Pecahan genteng 4%	12.5	729	41	35.8
13		Pecahan genteng 4%				
14						

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan data pengujian kuat tekan silinder 15 x 30 cm umur 28 + hari untuk kuat tekan beton nomal berkisar antara 29.3 Mpa, untuk pengujian kuat tekan beton dengan pecahan genteng sebesar 2% diperoleh kuat tekan rata – rata 29 Mpa, sedangkan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan pecahan genteng sebesar 3% diperoleh kuat tekan rata – rata 36 Mpa dan pengujian kuat tekan beton dengan penambahan pecahan genteng sebesar 4% memperoleh kuat tekan beton rata – rata 35.8 Mpa. Dari keempat variasi kuat tekan silinder diperoleh kuat tekan beton paling besar pada variasi pecahan genteng 3% dengan kuat tekan 36 Mpa. Sementara itu pengujian kuat tekan dengan menggunakan kubus 5x5x5 cm digunakan untuk mengetahui berapa kuat tekan pada campuran 50% genteng dan 50% batu apung

adalah sebagai berikut:

Tabel 24. Kuat Tekan kubus 5x5x5 cm

Umur (hari)	Jenis Variasi	Berat Tekan (Gr)	Tegangan. Hancur saat pengujian (Kg/cm ²)	konversi umur 28 hari (Kg/cm ²)	Rata Rata ke F'C (MPa)

1	7	50% Batu Apung 50 % pecahan genteng	232.5	14	36.40	72.37	6.01
2	7	50% Batu Apung 50 % pecahan genteng	257.7	18	60.48	93.05	7.72 6.86
3	7	50% Batu Apung 50 % pecahan genteng	252.8	16	53.76	82.71	6.86

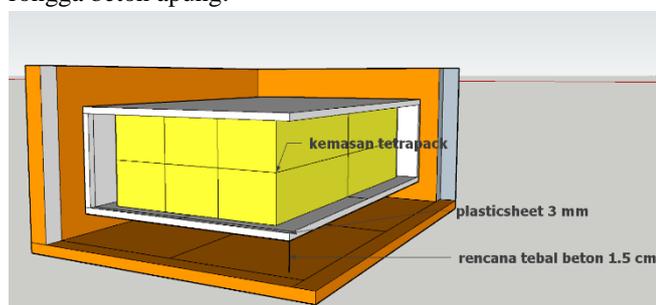
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan percobaan beton apung diatas diperoleh bahwa beton tidak dapat terapung jika mempunyai massa jenis melebihi 1000 kg/m³ apabila menggunakan batu kerikil seluruhnya pada agregat kasar. Sehingga perlu adanya substitusi agregat kasar dengan material yang lebih ringan yaitu batu apung dan pecahan genteng dinilai cukup efektif dalam mengurangi massa jenis beton yang dapat membuat beton terapung di atas air. Maka dari itu peneliti menggunakan komposisi campuran 50% batu apung dan 50% pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar pada campuran beton apung.

Sumber: Dokumen Pribadi

Pengecoran dan Pengujian Beton Apung

Pada Penelitian ini peneliti membuat beberapa percobaan pengecoran terhadap beton apung dengan melakukan beberapa variasi dari tebal selimut beton dan komposisi material sedangkan berikut merupakan ilustrasi pengisian rongga beton apung:



Gambar 4 Gambar 3D Beton Apung

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil pada penelitian yang dilakukan peneliti termuat dalam tabel berikut ini :

Tabel 25. Rekapitulasi Hasil Percobaan

Rekapitulasi Percobaan Pembuatan Beton Apung					
Ukuran Cetakan Beton (m)	Komposisi Campuran Agregat Kasar	Tebal Beton (cm)	Berat (kg)	Massa Jenis	Hasil Percobaan
1	97% Kerikil,3% pecahan genteng	2	6.6	1330.91 kg/m ³	Beton Tenggelam
2	97% Kerikil,3% pecahan genteng	1	5.3	1092.55 kg/m ³	Beton Tenggelam
3	97% Kerikil,3% pecahan genteng	1.5	5.7	1149.4 kg/m ³	Beton Tenggelam
4	50 % Batu Apung,30 % pecahan genteng,20 % kerikil	1.5	7	897.4 kg/m ³	Beton Berongga, Tenggelam
5	50% Kerikil Pasuruan 50 % Batu Apung	1.5	5.5	833.33 kg/m ³	Beton Terapung

Setelah pengecoran dengan komposisi yang paling sesuai untuk beton apung yaitu campuran 50% batu apung dan 50% pecahan genteng sebagai pengganti agregat kasar. Peneliti menetup rongga-rongga pada benda uji dengan memberikan pasta dan cat kedap air.



Gambar 5 Pemberian pasta pada benda uji



Gambar 6 Pemberian Cat Kedap Air

Kemudian pengujian awal beton apung ialah dengan melihat penurunan beton apung terhadap berat sendiri beton. Hasil nya diperoleh bahwa tanpa beban beton apung telah mengalami penurunan 8 cm. Setelah itu dilakukanlah pengujian pembebanan dengan menaruh ember diatas beton apung dan secara perlahan mengisi air sampai beton itu terbalik. Hasilnya didapati bahwa beton dapat menampung beban maksimal 0.9 kg sampai akhirnya beton itu terbalik. Dari pengujian tersebut maka didapatkan beban maksimum

yang dapat ditahan oleh beton apung sampai beton itu terbalik per meter luasnya adalah sebagai berikut :

Tabel 26. Hasil pengujian satu beton apung

parameter pengujian	hasil	satuan
beban maksimal yang dapat ditahan	0.9	kg
luas beton apung	0.06	m ²
beban yang dapat ditahan per meter luas	15.000	kg/m ²

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 7 Pengujian 1 Benda Uji

Sumber: Dokumen Pribadi

Setelah Pengujian terhadap satu benda uji selesai maka selanjutnya adalah melakukan pengujian pada dua buah beton yang telah di bor sebelumnya kemudian disambung menggunakan kawat untuk mengetahui beban optimum yang dapat ditahan oleh dua beton apung tersebut sampai beton itu terbalik.



Gambar 8 Penyambungan 2 Benda Uji

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil dari percobaan pengujian yang kedua adalah didapatkan beban maksimum yang dapat ditampung oleh beton apung meningkat dua kali dibandingkan dengan percobaan yang pertama. Beton apung yang telah disambung menggunakan kawat dapat menahan beban maksimum 2 kg sampai pada akhirnya beton apung terbalik. Adapun rincian perhitungan pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 27. Hasil pengujian satu beton apung

parameter pengujian	hasil	satuan
beban maksimal yang dapat ditahan	2	kg
luas beton apung	0.12	m ²
beban yang dapat ditahan per meter luas	16.667	kg/m ²



Gambar 9 Pengujian 2 Beton Apung

Sumber: Dokumen Pribadi

Dari kedua pengujian beton apung menunjukkan bahwa adanya peningkatan beban yang dapat ditahan oleh beton apung tersebut. Pada saat pengujian satu beton apung beban yang dapat ditahan per meter luasnya adalah 15 kg/m² sedangkan pada saat benda uji telah disambung beban yang dapat ditahan mengalami peningkatan yaitu sebesar 16.667 kg/m² per meter luasnya.

Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah dokumen penting yang merinci semua biaya yang akan dikeluarkan dalam suatu proyek, baik proyek konstruksi, renovasi, maupun proyek lainnya. RAB mencakup estimasi biaya material, tenaga kerja, peralatan, dan biaya tak terduga. Dokumen ini bertujuan untuk memastikan bahwa biaya pada proyek tersebut dapat diperhitungkan seluruhnya. Berikut merupakan biaya yang dikeluarkan dalam pembuatan beton apung biaya yang dibutuhkan untuk membangun beton apung sebagai berikut :

Tabel 28. RAB Beton Apung

No	Uraian	Kode	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
A Tenaga Kerja						
1	Pekerja	L.01	OH	0.812	122,38	22,215
2	Tukang batu	L.02	OH	0.030	140,00	38,500
3	Mandor	L.04	OH	0.009	165,83	13,764
Jumlah Harga Tenaga Kerja						27,965
B Bahan						
1	PC / Portland cement	M.030	kg	1.411	1,450.00	2,046
2	PB / Pasir beton	M.002.a	kg	1.937	300.00	581
3	BA/Batu Apung		Kg	1.402	5,000.00	7,008

4	Pecahan genteng	M.019	kg	1.402	3,000.00	4,205
5	Alva Board 50 x 75 cm		lbr	1	35,000.00	35,000
6	tetra pack		bh	12	5,000.00	60,000
7	Cat Kedap Air		bh	1	60,000.00	60,000
8	Isi Lem Tembak		bh	5	2,000.00	10,000
9	Bekisting Multiplex		bh	1	50,000.00	50,000
10	Air	M.230.a	ltr	0.591	100.00	59
Jumlah Harga Bahan						228,900
C	Peralatan					
1	Concrete Mixer 0.3-0.6 M ³	(E.44)	jam	0.0115	244,240	2,779
Jumlah Harga Peralatan						2,779
D	Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C)					259,663
E	Overhead + Profit (11%)			11%	x D	28,563
F	Harga Satuan Pekerjaan				B.08.a	288,226.07

Dari hasil analisa perhitungan diatas dapat diketahui bahwa biaya untuk membuat 1 benda uji beton apung adalah sebesar Rp 288,226.07. adapun untuk menghitung kebutuhan beton apung per meter persegi nya adalah sebagai berikut:

Tabel 29. RAB Beton Apung per Meter Persegi

Beton apung 1x 1 m	Satuan	
Panjang	100	cm
Lebar	100	cm
	10000	cm ²
Beton apung 20 x 30 cm		
Panjang	30	cm
Lebar	20	cm
	600	cm ²
Kebutuhan 1 m	17	Buah
Harga satuan	4,803,767.91	Rupiah

Dari hasil analisa perhitungan pekerjaan pembuatan beton apung didapatkan bahwa harga pembuatan beton apung dengan per m² nya adalah Rp 4,803,767.91

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil data dan percobaan yang telah dilakukan maka didapati beberapa kesimpulan yang ada sebagai berikut :

- Berdasarkan beberapa percobaan mix desain dengan mengubah campuran agregat kasar mulai dari 3% pecahan genteng, 50% batu apung 30% pecahan genteng dan 20% kerikil hingga campuran agregat kasar 50% batu apung dan 50% pecahan genteng diperoleh campuran paling optimal untuk membuat beton apung dengan menggunakan campuran 50% batu apung dan 50% pecahan genteng dengan komposisi material ialah 1.94 kg pasir, batu apung 1.4 kg, 1.4 pecahan genteng , 0.52 air dan 1.41 kg semen.
- Berdasarkan pengujian daya apung yang telah dilakukan ditemukan bahwasanya penurunan beton apunf sebelum diberi beban adalah 8 cm dari tinggi beton apung 11 cm.
- Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada variasi normal, 2%, 3% dan 4% pecahan genteng. Didapatkan hasil rata – rata kuat tekan 29.3 MPa ; 29 MPa ; 36 MPa ; 35.8 MPa sedangkan kuat tekan dengan mengganti material agergat kasar 50% pecahan genteng dan 50% batu apung diperoleh kuat tekan rata – rata 6.86 MPa
- Beban maksimum yang dapat ditanggung oleh beton apung dengan komposisi campuran optimum 50% pecahan genteng dan 50% beton apung ialah 16.667 kg/m² sampai beton apung tidak bisa menahan beban lagi.
- Besaran anggaran yang dikeluarkan untuk membuat beton apung ukuran 20 x 30 cm adalah Rp 288,226.07 sedangkan untuk membuat 1 x 1 m beton apung Rp 4,803,767.91

Adapun untuk saran pada penelitian ini yaitu :

- Tinggi dari cetakan beton lebih dipertinggi agar massa jenis dan penurunan awal beton apung bisa lebih optimal
- Variasi material penyusun beton apung agar lebih dikombinasikan tidak hanya mengganti agregat kasar dengan material ringan.

3. Menggunakan variasi kemasan *tetra pack* untuk mengetahui ukuran pengaruh *tetra pack* terhadap pembuatan beton apung

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Jiang, K. H. Tan, J. Dai, K. K. Ang, and H. P. Nguyen, "Behavior of concrete modular multi-purpose floating structures," *Ocean Eng.*, vol. 229, no. March, p. 108971, 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.108971.
- [2] M. Hinchman, "Floating Construction," *Fairchild Books Dict. Inter. Des.*, vol. 1, no. 2, pp. 73–73, 2022, doi: 10.5040/9781501365171.1651.
- [3] S. F. Ahmadi, M. Reisi, and S. M. Sajadi, "Comparing properties of foamed concrete and lightweight expanded clay aggregate concrete at the same densities," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 19, 2023, doi: 10.1016/j.cscm.2023.e02539.
- [4] SNI 03-2834-2000, "SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal," *Sni 03-2834-2000*, pp. 1–34, 2000.