

## **PENGARUH PENAMBAHAN *FOAM AGENT* TERHADAP KUAT TEKAN BETON RINGAN STRUKTURAL AGREGAT BATU APUNG**

**M. Sultan Firdaus<sup>1</sup>, Fachriza Noor Abdi<sup>2</sup>, Triana Sharly. P Arifin<sup>3</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: [m.sultanfirdaus570@gmail.com](mailto:m.sultanfirdaus570@gmail.com)

<sup>2)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: [fnabdi@ft.unmul.ac.id](mailto:fnabdi@ft.unmul.ac.id)

<sup>3)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl.Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda

e-mail: [triana.sharly@gmail.com](mailto:triana.sharly@gmail.com)

### **Abstrak**

Bahan beton memiliki kelemahan yaitu pada berat sendiri yang sangat besar. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dipikirkan adanya material beton yang mempunyai berat sendiri yang kecil dan memiliki mutu tinggi. Batu apung adalah salah satu bahan material yang memiliki berat jenis yang rendah. Dengan digunakannya batu apung pada campuran beton, maka berat sendiri beton akan berkurang dan nilai guna batu apung akan semakin bertambah.

Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian terhadap masing-masing bahan penyusun campuran beton ringan dan membuat rancangan beton ringan berdasarkan metode SNI 03-3449-2002 menggunakan batu apung dengan variasi penambahan *foam agent*. Total benda uji sebanyak 32 buah beton ringan, dalam perawatan selama 7 dan 28 hari. Dimana setiap variasi penambahan *foam agent* menggunakan 4 sampel benda uji.

Hasil penelitian kuat tekan rata-rata dan berat jenis rata-rata yang didapatkan untuk beton ringan agregat batu apung umur 7 dan 28 hari pada penambahan 0% *foam agent* adalah 23,8587 MPa dan 17,21 MPa dengan berat jenis rata-rata berurutan 1695,68 kg/m<sup>3</sup> dan 1761,74 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan 5% *foam agent* adalah 18,1335 MPa dan 14,125 MPa dengan berat jenis rata-rata berurutan 1576,79 kg/m<sup>3</sup> dan 1601,32 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan *foam agent* 10% adalah 15,96 MPa dan 13,596 MPa dengan berat jenis rata-rata 1502,24 kg/m<sup>3</sup> dan 1505,07 Kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan *foam agent* 20% adalah 10,1417 MPa dan 10,49 MPa dengan berat jenis rata-rata berurutan 1384,29 kg/m<sup>3</sup> dan 1393,72 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil nilai kuat tekan beton ringan tersebut termasuk ke dalam mutu beton kategori beton ringan struktural ringan sehingga batu apung layak digunakan sebagai material pengganti kerikil pada beton ringan.

Kata kunci: Batu Apung, Beton Ringan, *Foam Agent*, Struktural.

### Abstract

Concrete material has a weakness that is on its own weight which is very large. In order to overcome this, it is necessary to think about the existence of a concrete material that has a small self-weight and has high quality. Pumice is a material that has a low specific gravity. With the utilization of pumice in the concrete mixture, the weight of the concrete itself will be reduced and the value of the pumice stone will increase.

This research started by testing each of the ingredients for the lightweight concrete mixture and making the lightweight concrete design based on SNI 03-3449-2002 using pumice with variations in the addition of foam agent. The total test objects were 32 pieces of lightweight concrete, under treatment for 7 and 28 days. Four samples of test pieces are used for each variation of foaming agent addition.

The results of the research obtain the average compressive strength and average density obtained for lightweight concrete of pumice aggregate aged 7 and 28 days with the addition of 0% foam agent were 23,8587 MPa and 17,21 MPa with an average density of 1695,68 respectively. kg/m<sup>3</sup> and 1761,74 kg/m<sup>3</sup>, with the addition of 5% foam agent was 18,1335 MPa and 14,125 MPa with an average density of 1576,79 kg/m<sup>3</sup> and 1601,32 kg/m<sup>3</sup>, respectively. With 10% addition of foam agent was 15,96 MPa and 13,596 MPa with average density 1502,24 kg/m<sup>3</sup> and 1505,07 kg/m<sup>3</sup>, the addition of 20% foam agent was 10,1417 MPa and 10,49 MPa with average density 1384,29 kg/m<sup>3</sup> and 1393,72 kg/m<sup>3</sup>. Based on the results of the compressive strength value of lightweight concrete, it is included in the quality of lightweight structural lightweight concrete so that pumice is suitable for use as a substitute for gravel in lightweight concrete.

**Keywords:** Pumice Stone, Lightweight Concrete, Foam Agent, Structural.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Sebagai bahan konstruksi bangunan sipil, beton paling banyak digunakan saat ini. Namun, dalam penggunaan bahan beton juga memiliki kelemahan yaitu pada berat sendiri yang sangat besar. Berat suatu material merupakan faktor penting dalam perencanaan suatu konstruksi. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu dipikirkan adanya material beton yang mempunyai berat sendiri yang kecil dan memiliki mutu tinggi.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, telah banyak dilakukan penelitian mengenai pengembangan teknologi beton ringan. Namun, sedikit yang berhasil mendapatkan nilai kuat tekan beton yang sama atau mendekati kuat tekan beton normal. Sehingga beton ringan yang dihasilkan belum bisa dijadikan sebagai pengganti beton normal yang digunakan sebagai komponen utama sebuah struktur bangunan.

Batu apung adalah salah satu bahan material yang memiliki berat jenis yang rendah. Dengan

digunakannya batu apung pada campuran beton, maka berat sendiri beton akan berkurang dan nilai guna batu apung akan semakin bertambah.

Pada penelitian ini selain menggunakan batu apung juga menggunakan bahan tambah *foam agent* dan *additive foam concrete* sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan.

### Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh *foam agent* sebagai bahan tambah beton ringan agregat batu apung dengan pengujian berdasarkan SNI 03-3449-2002.

### Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *foam agent* terhadap berat jenis dan kuat tekan beton ringan agregat batu apung pada umur 7 dan 28 hari.
2. Untuk mengetahui kuat tekan tertinggi dari penambahan *foam agent* ke dalam campuran beton untuk menghasilkan beton ringan yang tergolong dalam jenis beton ringan struktural.

3. Untuk mengetahui kelayakan material batu apung sebagai bahan penyusun campuran beton.

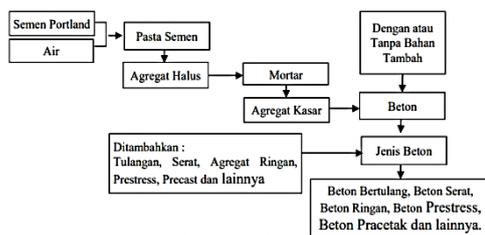
**LANDASAN TEORI**

**Beton**

Beton merupakan bahan yang terbentuk dari beberapa campuran material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran semen hidrolis, agregat kasar, agregat halus, air dan atau bahan tambah lain dengan komposisi tertentu (Tjokrodimulyo, 2007). Beton dapat didefinisikan sebagai interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Masing-masing material pembentuknya harus dipelajari sebelum mempelajari beton secara keseluruhan (Mulyono, 2005). Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun lemah terhadap kuat tarik. Oleh karena itu penggunaan beton pada struktur bangunan selalu dikombinasikan dengan tulangan baja sehingga dapat mencapai kinerja yang tinggi (Nugraha, 2004).

**Proses Terjadinya Beton**

Proses awal terbentuknya beton adalah pasta semen yang merupakan hasil dari hidrasi air dengan semen, kemudian jika ditambahkan dengan agregat halus akan menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar akan terbentuk beton (Mulyono, 2005).



Gambar 1 Proses terjadinya beton

**Beton Ringan**

Menurut Standar Nasional Indonesia 03-2847 tahun 1993, beton ringan memiliki berat kurang dari 1900 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut SK SNI 03-3449-2002 beton yang menggunakan agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan menggunakan pasir alami sebagai bahan pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan berat jenis kurang dari 1850 kg/m<sup>3</sup> harus memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis agregat ringan yang dipilih berdasarkan tujuan konstruksi

Konstruksi Bangunan	Beton Ringan		Jenis Agregat Ringan
	Kuat tekan (Mpa)	Berat Isi (Kg/m <sup>3</sup> )	
Struktural Minimum	17,24	1400	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu Serpih, lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
Maksimum	41,3	1850	
Struktur Ringan Minimum	6,89	800	Agregat ringan alam scoria atau batu apung
Maksimum	17,4	1400	
Struktur Sangat Ringan Sebagai Isolasi Minimum	-	-	Perlit atau vermikulit
Maksimum	-	800	

**Batu Apung**

Batu apung adalah material yang berasal dari gunung berapi kaya akan silika dan memiliki struktur porous, hal ini terjadi akibat keluarnya uap beserta gas-gas yang terkandung di dalamnya pada saat terbentuk. Bentuk batu apung berupa fragmen berukuran bongkahan hingga pasir atau campuran antara agregat kasar dan halus.

**Foam Agent**

*Foam agent* merupakan suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, jika akan digunakan maka harus dilarutkan dengan air (Husin, 2008).

Penggunaan *foam agent* pada beton ringan di maksudkan agar dapat membentuk gelembung – gelembung udara pada mortar sehingga setelah kering dan mengeras menghasilkan pori – pori

yang dapat menurunkan densitas beton ringan yang dihasilkan (Lubis, 2019).

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai dalam penelitian ini berupa metode yang hanya mengacu kepada SNI 03-3449-2002 mengenai Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan. Untuk pembuatan dan pengujian beton ringan dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawaraman.

Bahan-bahan yang digunakan berupa :

1. Semen, dalam penelitian ini digunakan adalah semen Portland tipe 1 dengan merk Semen Tonasa, Semen portland ini berfungsi sebagai bahan pengikat material pengisi lainnya.
2. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir Mahakam, pasir Mahakan termasuk kedalam pasir zona IV (pasir halus). Sebelum digunakan sebagai material penyusun campuran beton pasir diuji untuk mengetahui kelayakan data teknis meliputi pengujian kadar air, kadar lumpur, gradasi pasir, berat jenis dan penyerapan.
3. Agregat kasar yang digunakan adalah batu apung. Batu apung merupakan material hasil erupsi gunung api yang banyak mengandung silika dan memiliki struktur porous. Sebelum digunakan batu apung diuji untuk mengetahui kelayakan data teknis meliputi kadar air, kadar lumpur, gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan serta keausan agregat.
3. Air berasal dari Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawaraman.
4. *Foam agent* dan *additive foam concret* yang digunakan adalah merk AKS.

Peralatan yang digunakan berupa Alat uji Fisis Agregat halus dan agregat kasar, Bor listrik untuk proses pembuatan busa *foam*, *concrete mixer* untuk proses pencampuran bahan, Cetakan silinder 15 cm x 30 cm, alat *slump test*, timbangan dan cetok.

### Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan benda uji dengan 4 variasi campuran beton ringan dengan sampel uji berbentuk silinder 15 cm x 30 cm. Tiap variasi benda uji dibedakan berdasarkan penambahan *foam agent*, dengan variasi benda uji sebagai berikut:

1. Pembuatan sampel beton ringan tetap (0%

*foam agent* atau sesuai rancangan SNI 03-3449-2002) terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28.

2. Pembuatan sampel beton ringan dengan penambahan 5% *foam agent* terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28.
3. Pembuatan sampel beton ringan dengan penambahan 10% *foam agent* terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28.
4. Pembuatan sampel beton ringan dengan penambahan 20% *foam agent* terdiri dari 4 buah benda uji untuk masing-masing umur perawatan 7 dan 28.

### Perawatan Benda Uji

Beton ringan setelah dilakukan pencetakan diinginkan selama 24 jam kemudian direndam kedalam bak perendaman untuk dilakukan perawatan umur beton 7 dan 28 hari terhitung dari hari pembuatan beton.

### Pengujian Benda Uji

Pengujian beton ringan hanya pada pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan beton ringan dilakukan dengan menggunakan alat *compressive strength* dengan jumlah benda uji 4 buah untuk masing-masing variasi dan umur beton.

## HASIL DAN ANALISIS

### Hasil dan Analisis Agregat Halus

Dalam penelitian yang dilakukan, pengujian agregat halus yang dilakukan diantaranya meliputi pengujian analisis ayakan (gradasi), kadar air, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, adapun hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2 Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujia	Agregat Halus (Pasir Mahakam)
Analisis Ayakan (Gradasi)	Zona IV
Modulus halus butir	2,56
Kadar Air (%)	10,954
Berat jenis ( <i>SSD</i> ) ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,68
Penyerapan (%)	1,45
Kadar Lumpur (%)	2,065

### Hasil dan Analisis Agregat Kasar

Pada penelitian beton ringan ini dilakukan beberapa pengujian bahan campuran beton yaitu agregat kasar (batu apung). Pengujian agregat kasar (batu apung) yang dilakukan meliputi pengujian Analisis berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian kadar air, pengujian kadar lumpur, pengujian keausan agregat, dan pengujian gradasi agregat kasar. Hasil pengujian agregat kasar (batu apung) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Agregat Kasar Mahakam
Analisis berat jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1,015
Analisis penyerapan (%)	50,0725

Analisis kadar air (%)	26,9034
Kadar Lumpur (%)	1,277
Gradasi Agregat Kasar	Max 40 mm
Modulus Halus Butir	9,125
Analisis keausan agregat (%)	42,486

### Pengujian Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan SNI-03-3449-2002 pada pembuatan campuran beton ringan dibutuhkan nilai kuat tekan mortar yang disyaratkan sesuai dengan perencanaan kuat tekan yang ingin dicapai. Kuat tekan mortar dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengujian kuat tekan mortar

No	Mortar	Fas	Dimensi (cm)	Berat Mortar ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Kuat Tekan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Rata-rata ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
1	1:2	0,4	15 x 15	7220	241,94	256,236
2	1:2	0,4	15 x 15	7220	270,53	
3	1:1	0,4	15 x 15	7320	322,126	360,823
4	1:1	0,4	15 x 15	7280	399,52	

Kuat tekan mortar yang disyaratkan berdasarkan perhitungan *mix design* adalah 294,736  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Dengan nilai kuat tekan mortar yang didapatkan maka perbandingan mortar yang memenuhi syarat sesuai dengan perencanaan beton ringan adalah mortar dengan perbandingan 1 (semen) : 1

(Pasir) dengan nilai kuat tekan mortar adalah 360,823  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

### Pengujian Kuat Tekan Beton Ringan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton ringan 7 dan 28 hari. Sampel uji kuat tekan merupakan sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

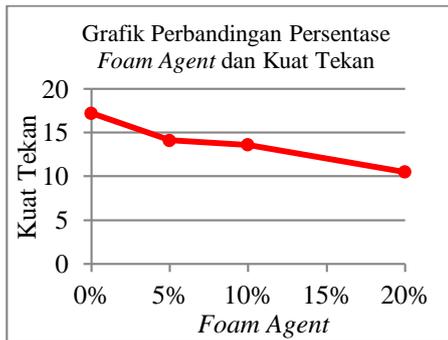
Tabel 5 Hasil pengujian kuat tekan beton ringan umur 7 hari

No	Sampel	Berat Benda Uji (gr)	Beban (kN)	Kuat Tekan Konversi 28 hari (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	Bfa7-0%	8940	257	24.02223	23.85866
		9280	253	23.64835	
		8760	282	26.35903	
		8960	229	21.40503	
2	Bfa7-5%	8400	203	18.97476	18.1335
		8260	196	18.32046	
		8380	189	17.66616	
		8380	188	17.57268	
3	Bfa7-10%	7760	163	15.23589	15.96
		8220	197	18.41393	

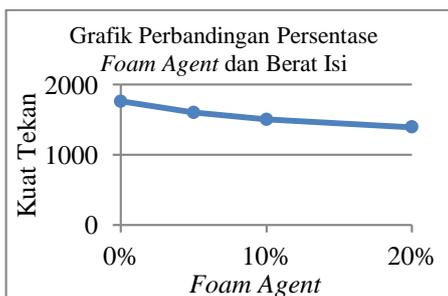
4	Bfa7-20%	7780	149	13.92729	10.1417
		8080	174	16.26408	
		7280	105	9.814531	
		7400	119	11.12314	
		6960	78	7.290795	
		7700	132	12.33827	

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan beton ringan umur 28 hari

No	Sampel	Berat Benda Uji (gr)	Beban (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	Bfa28-0%	9300	316	21,7967	17,212117
		9400	239	16,30801	
		9340	167	11,39514	
		9300	287	19,58326	
2	Bfa28-5%	8180	228	15,55743	14,124513
		8520	187	12,75983	
		8700	191	13,03276	
		8540	222	15,14803	
3	Bfa28-10%	7960	224	15,2845	13,595696
		8040	177	12,07748	
		7860	213	14,53392	
		8040	183	12,48689	
4	Bfa28-20%	7380	154	10,50809	10,491033
		7860	183	12,48689	
		7200	149	10,16692	
		7100	129	8,802232	



Grafik 1 perbandingan persentase *foam agent* dan kuat tekan



Grafik 2 perbandingan persentase *foam agent* dan berat isi

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa setiap penambahan *foam agent* ke dalam campuran beton ringan mengurangi kuat tekan dan berat isi dari campuran beton ringan yang dihasilkan. Kuat tekan tertinggi yaitu 17,212117 MPa memiliki berat isi rata-rata 1761,74 kg/m<sup>3</sup> merupakan campuran beton ringan dengan 0% penambahan *foam agent*. Adapun pada penambahan *foam agent* 5% memiliki kuat tekan rata-rata 14,12451 MPa dengan berat isi beton rata-rata 1601,32 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan *foam agent* 10% memiliki kuat tekan rata-rata 13,5957 MPa dengan berat isi beton rata-rata 1505,07 kg/m<sup>3</sup>, dan pada penambahan *foam agent* 20% memiliki kuat tekan rata-rata 10,49103 MPa dengan berat isi beton rata-rata 1393,72 kg/m<sup>3</sup>. Setiap penambahan *foam agent* pada campuran beton ringan, nilai kuat tekan dan berat isi selalu mengalami penurunan.

Seperti yang diharapkan campuran beton ringan dengan penambahan bahan tambah *foam agent* mengalami penurunan terhadap berat isi, tetapi hal ini juga mempengaruhi terhadap kuat tekan beton ringan yang juga mengalami penurunan pada setiap penambahan *foam agent*. Berat isi beton ringan dengan penambahan 20% *foam agent* merupakan beton ringan dengan berat isi terendah yaitu 1393,72 kg/m<sup>3</sup> dengan kuat tekan rata-rata yang didapat 10,49103 Mpa.

Berdasarkan SNI 03-3449-2002, dengan nilai kuat tertinggi pada penelitian beton ringan pada umur 28 hari yaitu 17,212117 MPa, maka beton ringan agregat batu apung merupakan beton ringan yang penggunaannya dikategorikan ke dalam konstruksi struktural ringan dengan batas minimum kuat tekan beton ringan struktural ringan yaitu 6,89 MPa dan maksimum kuat tekan 17,24 MPa.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan bahan tambah *foam agent* dalam campuran beton ringan mengurangi berat jenis dan kuat tekan beton ringan, dimana pada setiap penambahan *foam agent* diikuti dengan penurunan berat jenis dan kuat tekan beton ringan yang dihasilkan. Hasil kuat tekan rata-rata dan berat jenis rata-rata yang didapatkan untuk beton ringan umur 7 hari yang telah dikonversikan pada 28 hari untuk penambahan 0% *foam agent* adalah 23,8587 MPa dengan berat jenis rata-rata 1695,68 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan 5% *foam agent* adalah 18,1335 MPa dengan berat jenis rata-rata 1576,79 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan *foam agent* 10% adalah 15,96 MPa dengan berat jenis rata-rata 1502,24 kg/m<sup>3</sup>, dan pada penambahan *foam agent* 20% adalah 10,1417 MPa dengan berat jenis rata-rata 1384,29 kg/m<sup>3</sup>.

Hasil kuat tekan rata-rata dan berat jenis rata-rata yang didapatkan untuk beton ringan dengan umur 28 hari pada 0% penambah *foam agent* adalah 17,21 MPa dengan berat jenis rata-rata 1761,74 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan 5% *foam agent* adalah 14,125 MPa dengan berat jenis rata-rata 1601,32 kg/m<sup>3</sup>, pada penambahan *foam agent* 10% adalah 13,596 MPa dengan berat jenis rata-

rata 1505,07 kg/m<sup>3</sup> dan pada penambahan *foam agent* 20% adalah 10,49 MPa dengan berat jenis rata-rata 1393,72 kg/m<sup>3</sup>.

2. Kuat tekan tertinggi dari variasi penambahan *foam agent* pada beton ringan agregat batu apung pada umur 28 hari adalah 5% penambahan *foam agent* dengan kuat tekan rata-rata 14,12451 MPa dan berat jenis rata-rata 1601,32 Kg/m<sup>3</sup>.
3. Pada penelitian ini kuat tekan beton ringan dengan agregat batu apung dengan 0% penambahan *foam agent* pada umur 28 hari adalah 17,21 MPa yang mana nilai tersebut memenuhi kuat tekan yang direncanakan yaitu 17 MPa. Mengacu pada SNI-03-3449-2002 nilai kuat tekan tersebut termasuk ke dalam mutu beton kategori konstruksi beton ringan struktural ringan sehingga batu apung layak digunakan sebagai material pengganti kerikil pada beton ringan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Husin. Andriati A dan Rudi Setiadji. 2008. *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. *Jurnal Permukiman*. 3 (3). 196 – 206
2. Lubis Mukarramah, Ani Suryani, Ika Amalia K, Erliza Hambali. 2019. *Pemanfaatan Foam Agent Dari Minyak Sawit Pada Beton Ringan*. *Jurnal Teknologi Industri Pertamina*. 29 (3): 307-316
3. Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta
4. Nugraha, Paul dan Antoni. 2004. *Teknologi Beton*. Penerbit ANDI, Yogyakarta
5. Tjokrodinuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: KMTS FT UGM
6. SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 03-2834-1993: "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal".
7. SNI Standar Nasional Indonesia: SNI 03-3449-2002: "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Ringan".