

## PEMANFAATAN FLY ASH DALAM MEMBUAT BATA BETON RINGAN DENGAN VARIASI JUMLAH FOAM AGENT

Mochamad Solikin<sup>1</sup>, Indrian Agus Parmono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani, Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah  
Email : [msolikin@ums.ac.id](mailto:msolikin@ums.ac.id)

### Abstrak

Bata merupakan bahan bangunan yang berfungsi sebagai penyekat antara ruangan dan untuk melindungi dari cuaca. Pada umumnya bata terbuat dari bahan tanah liat yang di bakar atau bata beton yang terbuat dari semen Portland, air dan pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat beton segar dan sifat mekanis ketika beton mengeras pada beton foam dengan pemakaian fly ash. Pengujian sifat beton menggunakan metode sesuai SNI yang berlaku, berupa uji kuat tekan dengan benda uji kubus ukuran 15 x 15 x 15 cm, uji kuat lentur dengan benda uji balok ukuran 60 x 15 x 15 cm, dan uji resapan dan berat volume dengan benda uji bata ukuran 39 x 9 x 10 cm. Rancangan campuran bata beton menggunakan perbandingan semen : pasir sebesar 1 : 3, dan variasi foam agent sebesar 50% dan 60%. Hasil penelitian sifat beton segar normal menggunakan uji slump dan beton dengan variasi pemakaian foam agent menggunakan uji slump flow T50 telah memenuhi persyaratan sesuai peraturan yang berlaku. Pemakaian foam agent telah terbukti menurunkan berat volume rata – rata bata beton hingga mencapai 799 kg/m<sup>3</sup>. Namun kuat tekan yang dihasilkan cukup rendah yaitu sebesar 0.60 MPa sehingga penelitian ini perlu dilanjutkan agar kekuatan bata beton Styrofoam ini dapat memenuhi persyaratan sebagai bata beton.

**Kata Kunci :** Bata ringan, Bata Foam, Foam Agent, Fly Ash

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan penduduk maka kebutuhan akan hunian meningkat, dimana pembangunan yang terjadi akan berdampak kepada lahan pertanian yang semakin berkurang dan semakin mahalnya harga tanah. Dengan berkembangnya inovasi di dunia konstruksi maka hunian dibuat dengan sistem vertikal. Pembangunan vertikal menyebabkan beban struktur yang sangat besar, dengan adanya inovasi bata ringan di harapkan dapat mengurangi beban struktur.

Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang membentuk sebuah komponen struktur yang bisa di bentuk sesuai dengan bentuk yang diinginkan.. Seiring dengan berkembangnya zaman maka inovasi beton semakin bervariasi sesuai dengan kebutuhan. Beton ringan pada umumnya mempunyai berat kurang dari 1900 kg/m<sup>3</sup>(SNI 03-2847-2002). Untuk menghasilkan beton ringan dapat dilakukan dengan cara memberi gelembung didalam beton dengan cara memberi bahan kimia tertentu atau menggunakan material dengan berat jenis ringan untuk mengurangi berat beton.

Di pasaran bata ringan di kenal 2 (dua) jenis yaitu, *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)* dan *Celluler Lightweight Concrete (CLC)*. Keduanya didasarkan prinsip kerja yang sama yaitu menambahkan gelembung-gelembung yang disebabkan oleh reaksi kimia yang di masukan kepada mortar yang akan mengurangi berat beton sesuai dengan keinginan. Perbedaan bata ringan dengan prinsip kerja AAC ini membutuhkan teknologi sangat canggih karena menggunakan pengeringan dengan tekanan tinggi sehingga investasi mahal namun mempunyai kualitas dari pabrik yang bersertifikat, sedangkan bata ringan dengan prinsip kerja CLC ini membutuhkan dengan alat lebih sederhana karena menggunakan pengeringan alami, dan bahan kimia *foam agent* yang di campur air dengan perbandingan tertentu, sehingga membentuk *foam*.

Menurut Muhammad Afaza (2014), *foam agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Dengan membuat gelembung – gelembung gas/udara dalam adukan semen, dengan demikian akan terjadi banyak pori – pori udara di dalam betonnya

Pada penelitian ini, selain menggunakan *foam agent* bahan penyusun bata beton ringan ini juga menggunakan *fly ash* (abu terbang) yang merupakan limbah pembakaran batu bara dan telah teruji bisa berperan untuk menggantikan sebagian semen. Penggunaan *fly ash* sebesar 50 % sebagai

pengganti semen dalam membuat beton SCC menghasilkan kuat tekan yang setara dengan beton normal pada beton mutu tinggi (Mulyanto, 2015).

Penggantian abu batu bara sebagai pengganti jumlah semen sampai 10 % ternyata meningkatkan mutu produk batako dari mutu II menjadi mutu I dan penggantian sampai 25 % dari jumlah semen yang digunakan menunjukkan mutu produk batako yang dihasilkan tetap pada mutu II, sedang penggantian sebanyak 30 % akan menurunkan dari mutu II menjadi III (Munir, 2008).

Berdasarkan uraian di atas membuka peluang untuk membuat bata ringan dengan penggunaan *foam agent* dengan perbandingan air sebagai bahan untuk membuat busa dan *fly ash* sebagai pengganti semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan variasi air untuk menyusun *foam* dan mengetahui sifat mekanis dari beton segar yang dicampur *foam* 50% dan 60% dengan penambahan *fly ash* sebesar 10% dari berat semen dan bagaimana berat volume serta sifat mekanis beton *foam* ketika mengeras. Dan untuk mengetahui jumlah optimum dari air untuk perbandingan dengan *foam agent*.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengikuti prosedur yang telah disyaratkan dalam pembuatan maupun pengujiannya yaitu mengacu pada SNI 03-1974-1990 untuk benda uji kubus, SNI 03-0349-1989 untuk benda uji bata beton, dan (SNI 03-4154-1996) untuk benda uji kuat lentur.

Penelitian ini menggunakan pasir lokal berasal dari galian C klaten , Semen Gresik, *foam agent* dari Lion Brick, Malang dengan perbandingan *Foam agent* dengan air yaitu 1:30 dan 1:40 air, perbandingan semen dan pasir 1:3 dengan penggunaan *Fly ash* 10% dari berat semen fas 0,5, dan umur perawatan yaitu 28 hari.

Penelitian ini dibagi dalam 4 tahap yaitu tahap persiapan, tahap pengujian material, tahap pembuatan benda uji, dan tahap pengujian dan analisis benda uji.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengujian Karakteristik Agregat Halus

Hasil uji karakteristik agregat halus dilakukan sesuai dengan peraturan yang telah disyaratkan. Pada penelitian ini uji agregat halus telah memenuhi syarat SNI yang berlaku untuk uji kadar lumpur, kadar organik, berat volume agregat halus, dan berat jenis spesifik agregat halus. Uji gradasi pasir memenuhi syarat sesuai peraturan buku teknologi beton Tjokrodinuljo (1996).

**Tabel 1. Hasil pengujian agregat halus**

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar pengujian	Keterangan
Kandungan organik	No. 2	No. 3	Memenuhi
Kandungan Lumpur	3,23%	5%	Memenuhi
Berat volume	1,571	1,6 - 1,9%	Memenuhi
Berat jenis bulk	2,65		
SSD	2,69	2,5 - 2,7	Memenuhi
Berat jenis semu	2,76		
Penyerapan	1,63	5%	Memenuhi
Modulus butiran	2,52	1,5 – 3,8	Memenuhi

### 3.2 Mix Design

*Mix design* yang di gunakan dalam penelitian bata beton foam ini memiliki empat variasi sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2

**Tabel 2. Mix design untuk satu bata beton**

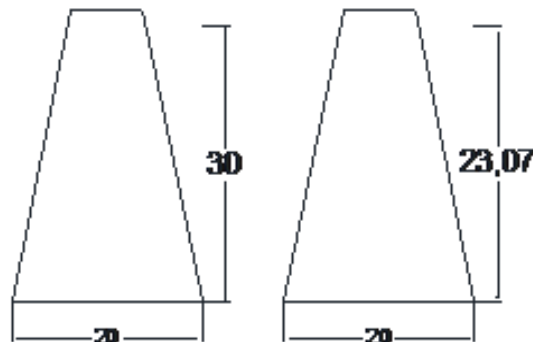
No	Nama Material	Satuan	0%	Kebutuhan material bata			
				Variasi 50%		Variasi 60%	
				1:30	1:40	1:30	1:40
1	Semen		1.67	1.61	1.61	1.61	1.61
2	Fly ash		0.14	0.13	0.13	0.13	0.13
3	Pasir alami	Kg	5.24	1.68	1.68	1.01	1.01
4	Air		0.84	0.80	0.80	0.80	0.80
5	Foam	Liter	0	1.76	1.76	2.11	2.11
6	Total Berat Bata	Kg	7.89	4.23	4.23	3.56	3.56
7	Berat rencana 1 m <sup>3</sup>	Kg	2246.89	1183.89	1181.36	836.11	832.93

Melihat dari hasil perhitungan rencana berat volume beton *foam* sudah memenuhi syarat sebagai beton ringan yaitu kurang dari 1.900 kg/m<sup>3</sup>.

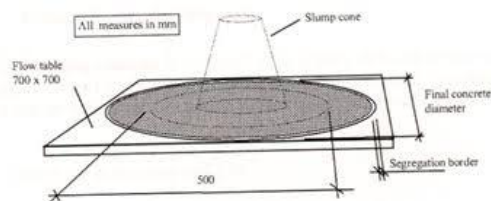
### 3.3 Hasil Pengujian

#### 3.3.1 Uji *slump*

Pengujian *slump* pada penelitian ini menggunakan dua jenis pengujian yaitu uji *slump* untuk beton normal dan uji *slump flow T50* untuk beton dengan variasi pemakaian *foam agent*. Skema uji *slump* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Skema uji slump beton**

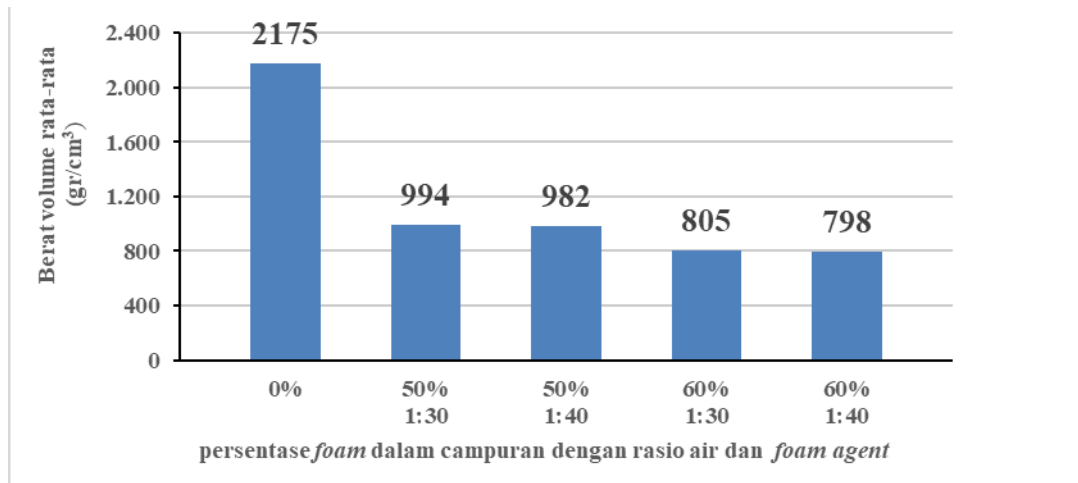


**Gambar 2. Skema uji slump flow T-50**

Uji *slump* beton normal telah memenuhi persyaratan dengan nilai *slump* 23,07 cm dan mengalami penurunan sebesar 6,93 cm. Hasil ini sesuai dengan PBB1 1971 untuk pekerjaan beton dinding yang memiliki nilai *slump* 2,5 – 9,0 cm. Sedangkan nilai *slump flow T50* sebesar 55,5 cm, 56,5 cm, 59,25 cm dan 60,25 cm. Hasil ini telah memenuhi syarat uji *slump flow T50* sebesar 55 – 85 cm mengikuti Spesifikasi Khusus – Interim SKh-1.10.14 Beton Memadat Sendiri (Kementerian PUPR).

#### 3.3.2 Berat Volume Beton

Pada penelitian ini didapat berat volume bata beton terendah yaitu 798 kg/m<sup>3</sup> yaitu pada variasi pemakaian *foam* 60% dan jumlah pemakaian air pencampur *foam* sebesar 1 : 40. Berat volume rata – rata ini telah memenuhi syarat beton ringan menurut SNI 03-2847-2002 yaitu kurang dari 1.900 kg/m<sup>3</sup>. Hasil berat volume bata beton dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Berat volume rata – rata bata beton pada umur 2 hari**

Dari Gambar 3, berat volume pada beton rata – rata, berat volume beton normal 2,175 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan beton dengan penambahan *foam* 50% berat rata-rata yaitu 994 kg/m<sup>3</sup> dan 984 kg/m<sup>3</sup> seiring penambahan *foam* 60% maka berat menjadi lebih ringan 805 kg/m<sup>3</sup> dan 798 kg/m<sup>3</sup>. Pada penelitian ini penggunaan perbandingan air dengan *foam agent* mempengaruhi berat volume.

Pada penelitian ini menghasilkan berat yang lebih ringan jika di banding penelitian Satrio Putranto, dkk (2017) ini disebabkan penggunaan *fly ash* yang lebih banyak 5% dan penambahan *foam* hanya 40% menghasilkan berat 1111,40 kg/m<sup>3</sup>. Penelitian ini jika di dibandingkan dengan penelitian Rosmiyati, dkk (2017) yang menambahkan *fly ash* 10% dari berat semen dengan perbandingan 1 FA : 40 air menghasilkan berat sebesar 682 kg/m<sup>3</sup> yang lebih ringan dari penelitian ini, disebabkan umur beton lebih lama 7 hari, dan penggunaan semen 86,75 kg/m<sup>3</sup> dan penggunaan pasir yang lebih banyak sekitar 22,5 kg/m<sup>3</sup> dalam penelitian ini. Pada penelitian yang dilakukan Modestus, dkk (2017) menggunakan pasir pada zona yang sama dan menggunakan *Foam agent* sebesar 0,8 kg/m<sup>3</sup> menghasilkan berat sebesar 795 kg/m<sup>3</sup> lebih ringan dari penelitian ini karena menggunakan semen yang lebih sedikit kurang 66.75 kg/m<sup>3</sup> dan umur beton 28 hari dengan perawatan alami.

### 3.3.3 Sifat tampak bata beton ringan

Pada penelitian ini sifat tampak bata beton ringan diukur dengan menggunakan jangka sorong dan meteran untuk mengetahui dimensi rata – rata bata beton normal dan bata beton dengan variasi pemakaian *foam agent*. Sifat tampak dapat dilihat pada Tabel 2.

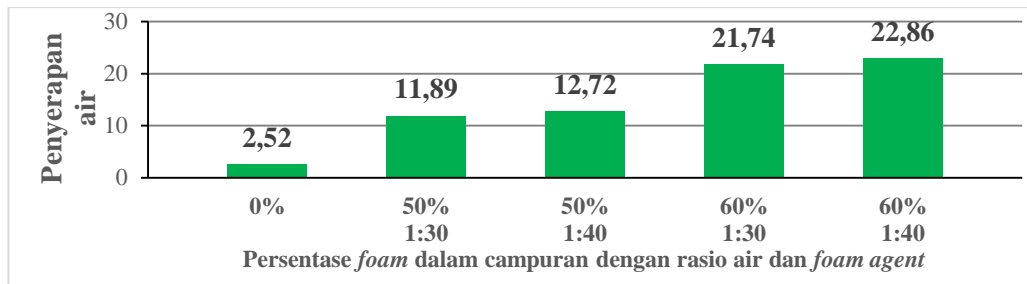
**Tabel 3. Hasil pengujian sifat tampak bata beton ringan**

No.	Persentase foam dalam campuran (%)	Panjang Bata Beton Rata - Rata (cm)	Lebar Bata Beton Rata - Rata (cm)	Tebal Bata Beton Rata - Rata (cm)
1	0	39,09	9,06	9,94
2	50% 1:30	39,14	9,05	10,00
3	50% 1:40	39,09	9,02	10,08
4	60% 1:30	39,05	9,03	9,98
5	60% 1:40	39,07	9,00	9,99

Bata beton foam memiliki ukuran yang berbeda bukan karena penyusutan tetapi disebabkan sebabkan faktor begetting, yang tidak rapih karena pemakaian terdahulu. Untuk menghindari penyusutan hindari sinar matahari langsung dan penggunaan semen yang sesuai.

### 3.3.4 Penyerapan air bata beton ringan

Pada penelitian ini uji serapan air menggunakan benda uji bata beton dengan dimensi sesuai SNI 39x9x10 cm. Uji serapan air dapat dilihat pada Gambar 4.



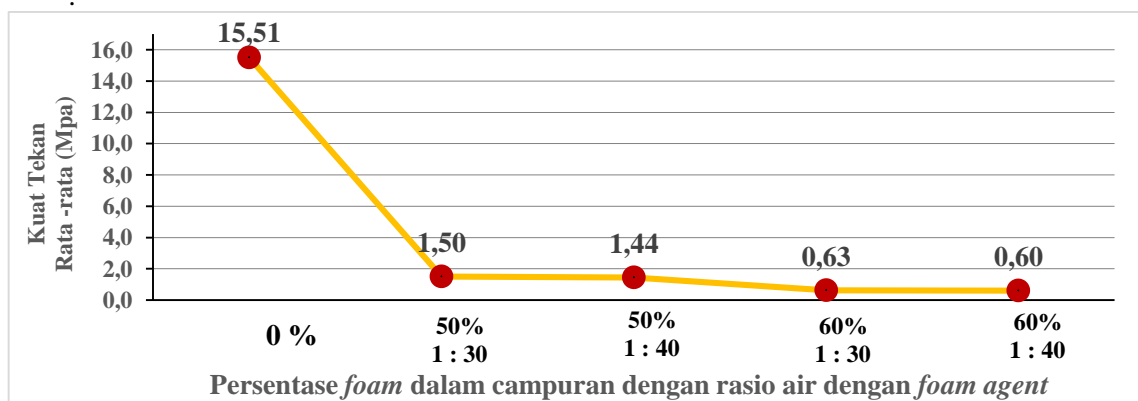
Gambar 4. Penyerapan air bata beton foam

Dari Gambar 3. di atas, dapat dilihat bahwa nilai rata - rata penyerapan air pada bata beton normal dan bata beton foam pada umur 28 hari. Nilai penyerapan beton normal sebesar 2,52%, sedangkan pada bata beton dengan penambahan foam sebesar 50% penyerapan air meningkat sebesar 11,89% dan 12,72%, seiring dengan meningkatnya foam sebesar 60% maka penyerapan meningkat cukup banyak sebesar 21,74% dan 22,86%. Penggunaan air yang lebih banyak pada penelitian ini membuat foam mempengaruhi penyerapan karena foam lebih stabil.

Penelitian ini di bandingkan penelitian Satrio Putranto, dkk (2017) dengan penggunaan fly ash 15% dan foam 40% menghasilkan penyerapan yang lebih rendah, sedangkan penyerapan pada penelitian Satrio, dkk (2017) sebesar 16,036% ini terjadi karena penggunaan fly ash yang lebih banyak dan beton foam kurang homogen. Sebanding dengan penelitian Rosmiyati, dkk (2017) dengan penggunaan fly ash sebesar 10% sebagai pengganti semen dengan perbandingan 1 FA : 40 air menghasilkan lebih rendah, sedangkan pada penelitian Rosmiyati, dkk (2017) menghasilkan penyerapan 26, 256 % ini disebabkan penggunaan semen yang lebih sedikit dan penggunaan pasir yang memiliki kadar lumpur yang lebih banyak serta penyerapan pasir lebih tinggi. Pada penelitian ini penyerapan dengan penambahan foam 50% dengan 1 FA : 40 air menghasilkan penyerapan 12,72%, tidak terlalu jauh dengan penelitian yang dilakukan Novia, dkk (2016) dengan menambahkan fly ash 10% menghasilkan penyerapan sebesar 12,43%.

### 3.3.5 Kuat tekan beton

Pada penelitian ini uji kuat tekan beton menggunakan benda uji kubus berdimensi 15x15x15 cm dengan umur perawatan beton 28 hari. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 5. Kuat tekan beton umur 28 hari

Dari Gambar 5 di atas, dapat dilihat bahwa nilai rata – rata kuat tekan beton foam, menurun seiring dengan penambahan foam. Nilai kuat tekan pada beton normal sebesar 15,51 Mpa, sedangkan

untuk penambahan *foam* sebesar 50% kuat tekan diperoleh sebesar 1,50 Mpa dan 1,44 Mpa, seiring dengan penambahan *foam* sebesar 60% maka kuat tekan mengalami penurunan menjadi 0,63 Mpa dan 0,60 Mpa. Penggunaan air yang lebih banyak pada pencampuran *foam agent* pada penelitian ini mengalami penurunan kualitas *foam* yang mempengaruhi kuat tekan.

Pada penelitian ini menghasilkan kuat tekan yang lebih besar jika di banding dengan penelitian Satrio, dkk (2017) yang menghasilkan kuat tekan 1,132 Mpa disebabkan karena penambahan *fly ash* yang lebih banyak meskipun hanya menggunakan *foam* sebesar 40% dan proses pencampuran yang kurang sempurna. Penelitian ini jika banding dengan penelitian Rosmiyati, dkk (2017) yang menambahkan *fly ash* sebesar 10% dari berat semen dan perbandingan FA : AIR 1:40 menghasilkan kuat tekan sebesar 0,815 Mpa lebih kecil bila dengan penambahan *foam* sebesar 50% dan lebih besar bila dengan penambahan *foam* 60% yaitu 0,63 Mpa dan 0,60 Mpa disebabkan karena dengan penambahan *foam* 50% berat beton *foam* sebesar 900 -1000 kg/m<sup>3</sup> dan bila di bandingkan dengan penambahan *foam* 60 % karena penggunaan pasir zona III sehingga lebih halus dan menggunakan alat *foam generator*. Penelitian Karimah, dkk (2017) yang menambahkan *foam* 60% dan perbandingan 1 FA : 40 air menghasilkan kuat tekan yang lebih besar yaitu 0.75 Mpa ini disebabkan karena penggunaan benda uji berbeda dengan silinder d15 tinggi 30cm dan penggunaan semen yang lebih banyak dan tanpa campuran *fly ash*. Pada penelitian yang dilakukan Modestus, dkk (2017) menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah bila di banding penelitian ini, disebabkan karena penggunaan semen pada penelitian ini lebih banyak 66,75 kg/m<sup>3</sup> dan perbedaan saat perawatan.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang di dapat berdasarkan analisis data dan pembahasan pada penelitian beton Styrofoam ini adalah:

- 1). Sifat beton segar normal tanpa *foam* memenuhi syarat sehingga pengerjaan mudah sedangkan pengerjaan beton *foam* mampu memadat sendiri tanpa digetarkan atau dipadatkan.
- 2). Penggunaan perbandingan air dengan *foam agent* pada penelitian ini mempengaruhi berat volume, serta kuat tekan dan lentur.
- 3). Sifat mekanis beton ringan yang telah mengeras pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
  - a. Berat volume rata – rata terendah sebesar 798 kg/m<sup>3</sup> dan berat volume rata – rata tertinggi sebesar 994 kg/m<sup>3</sup> untuk beton dengan variasi pemakaian *foam* 60% 1:40 dan 50% 1:30. Berat volume rata – rata yang dihasilkan kurang dari 1.900 kg/m<sup>3</sup> menunjukkan beton termasuk beton ringan menurut SNI yang berlaku.
  - b. Kuat tekan beton *foam* adalah 1,50 MPa, 1,44 MPa, 0,63 Mpa, dan 0,60 MPa yang di hasilkan dari penambahan *foam* 50% dan 60% dengan perbandingan *foam agent* dengan air 1:30 dan 1:40.
  - c. Kuat lentur beton normal sebesar 5,31 MPa, sedangkan kuat lentur beton *foam* tertinggi sebesar 0,73 Mpa dengan penambahan *foam* 50% dengan perbandingan 1 *foam agent* : 30 air dan nilai kuat lentur terendah yaitu 0,47 Mpa dengan penambahan 60% 1 *foam agent* : 40 air
  - d. Dari hasil penelitian ini penyerapan beton normal dan beton *foam* termasuk bata pejal tipe I karena penyerapn tidak lebih dari 25% (SNI 03-0348-1989).

### 4.2 Saran

Berdasarkan penelitian dan dengan merujuk pada pembahasan serta hasil yang telah didapatkan, maka ada beberapa saran untuk penelitian berikutnya yaitu:

1. Sebaiknya menggunakan pasir halus agar butiran bulat kecil dan mencoba dengan menggunakan variasi agregat halus di bawah saringan No.4 atau di bawah No. 8 agar *foam* dapat menyesuaikan gelembungnya dengan ukuran butiran pasir
2. Sebaiknya penelitian lebih lanjut digunakan bahan tambah lain yaitu kapur 10% sampai 20% dengan peningkatan 5% sebagai bahan pengganti semen, sehingga membuat beton *foam* berwarna putih.
3. Sebaiknya untuk membuat *foam* menggunakan mesin *foam generator* agar bisa pengerjaan mudah dan menjaga *foam* lebih stabil.

4. Bila menggunakan *fly ash* sebaiknya perawatan tidak di rendam dan pelepasan begesting dilakukan sebaiknya umur beton 3 hari.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding. SNI 03-0349-1989*. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. SNI 03-1974-1990*. Jakarta: Balitbang Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 1996. *Metode Pengujian Kuat Lentur Beton Dengan Uji Sederhana Yang Dibebeani Terpusat Langsung. SNI 03-4154-1996*. Jakarta: Badan Standardisasi Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2017. *Speksifikasi Beton Memadat Sendiri (Self Compacting Concrete). Spesifikasi Khusus - Interim SKh-1.10.14*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002*. Bandung: Badan Standardisasi Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Jakarta: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Karimah, Rofikatul, Yunan Rusdianto, and Dhimas Yudhistira Hamdany. 2017. “Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton.” *Media Teknik Sipil* 15(1):50–55.
- Modestus, Erwin Sutandar, dan Eddy Samsurizal. 2017. “Uji Individu Bata Ringan Dengan Foam Agent Berdasarkan Variasi Ukuran Pasir.” 4(4):1–6.
- Mulyanto, Tri. 2015. "Analisis Difat Mekanis Beton SCC Mutu Tinggi Dengan Pemanfaatan Teknologi High Volume Fly Ash Concrete". Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Munir, Misbachul. 2008. “Pemanfaatan Abu Batubara ( Fly Ash ) Untuk Hollow Block.” Universitas Diponegoro Semarang.
- Novia Al Adawiyah, Putra Pamungkas, Sugiharto, dan Dedi Budi Setyawan. 2016. “Analisis Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Pada Batu Bata Ringan Yang Terbuat Dari Fly Ash Dan Abu Batu Andesit.” *Wahan Teknik Sipil* 21(1):29–37.
- Rosmiyati A. Bella, Jusuf J. S. Pah, Dan and Ariansyah G. Ratu. 2017. “Perbandingan Persentase Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Bata Ringan Jenis CLC.” *Teknik Sipil* VI(2):199–204.
- Satrio Putranto, Chundakus Habsya, dan Anis Rahmawati. 2017. “Pengaruh Fly Ash Sebagai Bahan Tambah Beton Ringan Foam Terhadap Berat Jenis, Kuat Tekan Dan Daya Serap Air, Untuk Material Dinding Struktur.” *JIPTEK* X(1):22–30.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Pertama. Yogyakarta: Biro Penerbit Universitas Gadjah Mada.