

# PENGARUH PEMAKAIAN FLY-ASH TERHADAP KARAKTERISTIK BETON BUSA (TINJAUAN PADA KONDUKTIVITAS TERMAL DAN SOUND ABSORPTION BETON)

Erwin Rommel\*<sup>1</sup>, Yunan Rusdianto<sup>2</sup>, Rini Pebri Utari<sup>3</sup>, Andri Slamet Riyanto<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang,

<sup>4</sup> Alumni Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang,

Kontak Person :

Erwin Rommel, Yunan Rusdianto, Rini Pebri Utara, Andri Slamet Riyanto

e-mail : erwin67pro@gmail.com\*<sup>1</sup>(corresponding author), yunanrusdianto@gmail.com<sup>2</sup>,

rinifebriutari@gmail.com<sup>3</sup>

## Abstrak

Penggunaan bahan dinding yang dapat berfungsi sebagai isolator sangat tepat digunakan untuk rumah-rumah didaerah tropis. Beton busa menjadi alternatif bahan dinding yang dapat dipakai sebagai bahan insulator panas dan suara, sehingga dapat memberikan sebuah kenyamanan kepada penghuninya. Penggunaan bahan fly-ash akan diteliti pengaruhnya dalam meningkatkan kualitas dan karakteristik fisik dari beton busa tersebut. Pada penelitian ini dibuat beton busa berbentuk pelat (200x200x20) mm dan silinder diameter 100 mm tebal 20 mm sebanyak masing-masing 20 specimen, untuk pengujian konduktivitas thermal dan sound absorption. Beton busa dibuat dengan rasio semen:pasir:air sebesar 1:2,75:0,425 dan 20% fly-ash sebagai cementitious. Dilakukan pengujian densitas, konduktivitas termal dan penyerapan suara pada beton busa yang dibuat dengan foam masing-masing 0%, 2%, 3%, dan 4% dari berat semen. Rasio foam agent dan air dipakai 1:20. Hasil penelitian diperoleh bahwa makin banyak foam agent pada beton busa, nilai densitas makin rendah, konduktivitas termal makin rendah dan tingkat penyerapan suara makin besar. Kuat tekan optimal pada pemakaian foam agent 2% dengan nilai mencapai 13,24 MPa. Pada pemakaian foam agent sebesar 4% diperoleh densitas 1613 kg/m<sup>3</sup>; nilai konduktivitas termal terendah  $k = 0,885 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ , dan nilai penyerapan suara terbesar  $r = 0,885$ . Sebagai pembanding untuk beton normal diperoleh nilai konduktivitas termal  $k = 1,448 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  dan nilai penyerapan bunyi  $r = 0,69$

**Kata kunci:** Beton busa, foam-agent, densitas, konduktivitas termal, penyerapan suara

## 1. Pendahuluan

Dewasa ini perkembangan teknologi semakin berkembang pesat dalam bidang konstruksi. Contoh khusus teknologi tentang dinding alternatif. Namun dalam prakteknya masih saja terdapat bangunan-bangunan seperti perumahan, perkantoran, pabrik, dan yang lainnya yang belum tentu pasti memberikan kenyamanan bagi penghuninya. Salah satunya mengenai kenyamanan thermal dan sound. Hal tersebut diakibatkan oleh penambahan tingkat panas juga tingkat bising yang semakin banyak. Pada dasarnya struktur dinding sebuah bangunanlah yang sangat berperan terhadap kedua permasalahan tersebut, karena dinding adalah struktur yang berfungsi melindungi dan membatasi area pada sebuah bangunan.

Beton busa merupakan salah satu kategori beton ringan yang diperoleh dengan cara memasukan gelembung-gelembung udara ke dalam adukan mortar. Gelembung udara tersebut berasal dari bahan dasar *foam agent* yang diolah dengan air. Selain beratnya yang ringan, beton busa juga memiliki kelebihan yang digunakan untuk bahan alternatif yang berfungsi sebagai *insulator* panas dan suara. Penggunaan beton busa biasanya dapat diaplikasikan sebagai panel dinding, bata beton ringan, *ready mix*, dan bentuk khusus.

Penelitian ini juga akan diberikan bahan tambah campuran *fly ash* sebagai bahan pengganti semen yang memiliki sifat yang dapat mengikat sama halnya dengan semen biasa dan butiran-butiran *fly ash* yang halus berfungsi sebagai filler pada beton. Ketika terjadi sebuah reaksi hidrasi semen, butiran halus *fly ash* tersebut akan berpengaruh terhadap kepadatan sebuah beton, sehingga

akan memperbaiki sifat dari beton. *Fly ash* yang digunakan berasal dari sebuah limbah pabrik PLTU Tanjung Pati B, Jepara. Karakteristik kandungan kimia *fly ash* dijelaskan pada **Tabel-1**.

**Tabel 1** Karakteristik Kimia *Fly Ash*

Parameter	Satuan	Kandungan senyawa
SiO <sub>2</sub>	%	61,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	7,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	2,96
CaO	%	3,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	1,33
H <sub>2</sub> O	%	5,80

**Tabel 2** Konduktivitas Termal Material [6]

Bahan bangunan	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Konduktivitas termal (W/m.°K)
Beton	2.400	1,448
Beton ringan	960	0,303
Bata dengan lapisan plaster	1.76	0,807
Bata langsung dipasang tanpa plaster		1,154
Plasteran pasir-semen	1.568	0,533
Kaca lembaran	2.512	1,053
Papan <i>gypsum</i>	880	0,170
Kayu lunak	608	0,125
Kayu keras	702	0,138
Kayu lapis	528	0,148
<i>Glasswool</i>	32	0,035
Fibreglass	32	0,035
Paduan aluminium	2.672	211
Tembaga	8.784	385
Baja	7.840	47,6
Granit	2.640	2,927
Marmar/ <i>terrazo</i> /keramik/ <i>mozaik</i>	2.640	1,298

**Tabel 3** Koefisien Penyerapan Suara

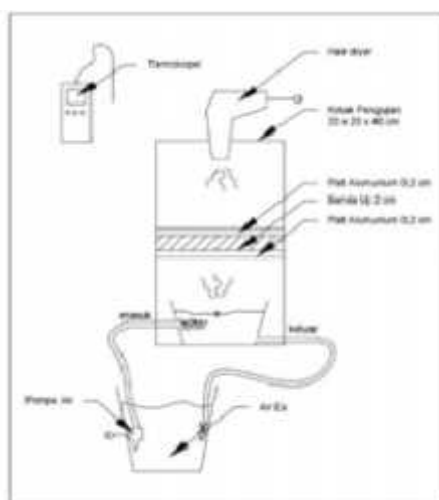
Bahan Bangunan	Koefisien Penyerapan Suara, $\alpha$					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Blok Beton, Beton ringan, Beton	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Karpet, berat pada beton	0,02	0,06	0,14	0,37	0,60	0,65
Beton atau <i>Terrazzo</i>	0,01	0,01	0,015	0,02	0,02	0,02
Aspal, karet, atau gabus ubin pada	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
Kayu	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Parket kayu pada aspal atau beton	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Panel kaca besar	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Plaster, <i>gypsum</i> , atau kapur	0,14	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Panel <i>plywood</i> , 3/8"	0,28	0,22	0,17	0,09	0,10	0,11
Pintu terbuka atau jendela	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tirai (Korden) ringan	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Tirai (Korden) sedang	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
Tirai (Korden) berat	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65

Panel dinding beton tergolong jenis panel membran yang memiliki kemampuan penyerap suara maksimum dengan puncak kurva pada pada frekuensi 250 Hz [1]. Beton busa adalah beton berdensitas rendah dengan porositas yang tinggi sehingga mampu difungsikan sebagai material insulasi panas [2]. Penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen pada uji tekan umur 28 hari dengan pemakaian *fly ash treatment* maupun *fly ash* konvensional mengalami peningkatan dengan hasil yang optimum pada variasi 20% [3]. Penggunaan *foam agent* dan *fly ash* dapat menurunkan berat jenis pada beton ringan *foam* [4]. Penggunaan *foam agent : silica fume* pada campuran mortar dapat mengurangi kadar air tetapi berat jenisnya meningkat. [5]

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat 40 (empat puluh) benda uji dengan menggunakan rasio campuran semen : pasir : air = 1 : 2,75 : 0,425 dan rasio konsentrasi foam agent : air = 1 : 20. *Foam agent* yang digunakan berdasarkan hasil pra-penelitian dipakai yang memenuhi syarat konsistensi sebesar 0%, 2%, 3% dan 4% dari berat semen serta 20% *fly ash* yang difungsikan sebagai bahan alternatif pengganti sebagian kebutuhan semen.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : semen, pasir, air, *foam agent* tipe sintetis dan *fly ash*, sedangkan peralatan yang digunakan antara lain ; alat pengujian konduktivitas panas [7] yang terdiri dari *mixer* dengan kecepatan 980 rpm, kotak uji konduktivitas termal, *termokopel* dengan level pengukuran - 50° – 1300°C; *hair dryer* (sumber panas), plat alumunium (*hot plate*), pompa air, air es; alat pengujian penyerapan suara [8] yang terdiri dari *sound level meter* dengan level pengukuran 35 – 130 dB; *speaker* (sumber bunyi); tabung impedansi buatan diameter 4” dari pipa PVC, pengolah data (laptop), aplikasi *test tone* generator ver-4. Benda uji untuk densitas berupa pasta beton busa yang diuji [9] sebelum dilakukan pengecoran pada sebuah cetakan. Sedangkan untuk kuat tekan dibuat 60 kubus (5x5x5) cm, 20 pelat (20 x 20 x 2) cm untuk uji konduktivitas termal dan 20 silinder diameter 8,5 cm dan tebal 2 cm untuk uji penyerapan suara. Untuk pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21, dan 28 hari, sedangkan untuk uji konduktivitas termal dan uji penyerapan suara dilakukan pada umur beton 28 hari.

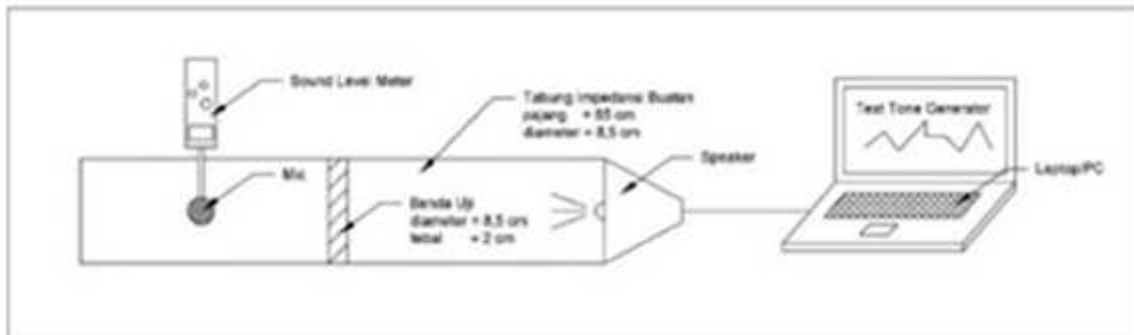


**Gambar 1** Alat Uji Konduktivitas Termal [7]

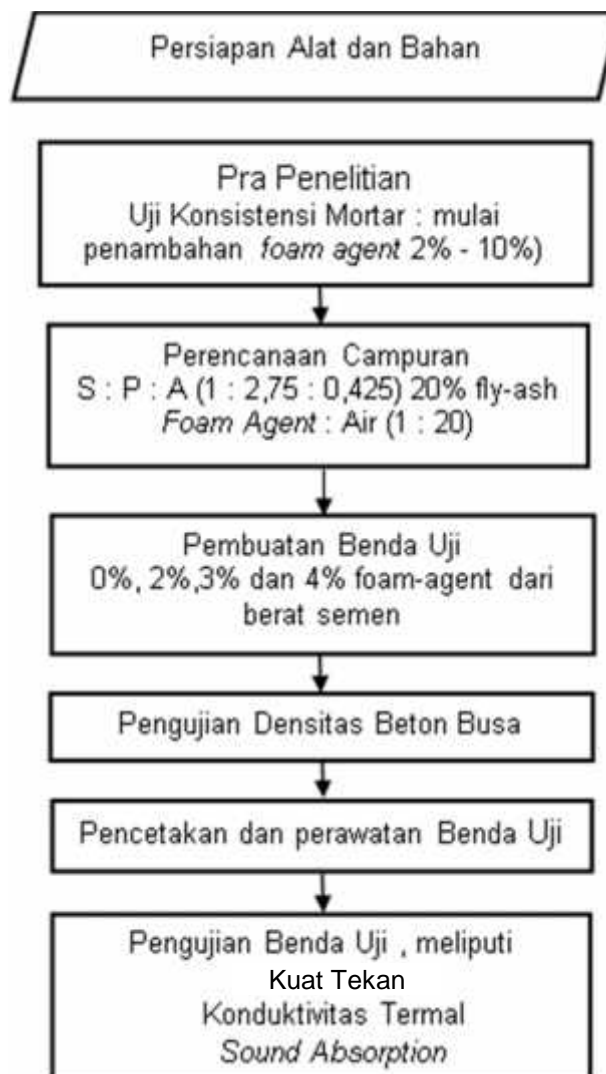
Pengujian konduktivitas termal dilakukan dengan meletakkan benda uji pada bagian dalam (tengah) secara horizontal yang diapit dengan dua plat alumunium, lalu diberikan aliran panas yang berasal dari *hair dryer* pada sisi kotak bagian atas, sedangkan pada sisi bagian bawah kotak diberikan sebuah aliran fluida dingin (air es) secara tersirkulasi, sehingga akan memberikan efek panas dan dingin pada plat alumunium yang akan dihantarkan kepada benda uji beton busa. Selanjutnya dilakukan pengukuran suhu pada bagian permukaan benda uji dengan menggunakan *termokopel* seperti terlihat pada Gambar 1. Sedangkan pengujian penyerapan suara dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama

dengan memberikan suara dari sumber suara (*speaker*) pada pada keadaan tabung kosong (tanpa benda uji). Kedua pada keadaan tabung terisi benda uji diletakan pada bagian tengah secara vertikal.

Pengujian dilakukan pada frekuensi 100 Hz sampai 2000 Hz diukur dengan menggunakan *sound level meter* seperti terlihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2** Alat Uji Penyerapan Suara [8]

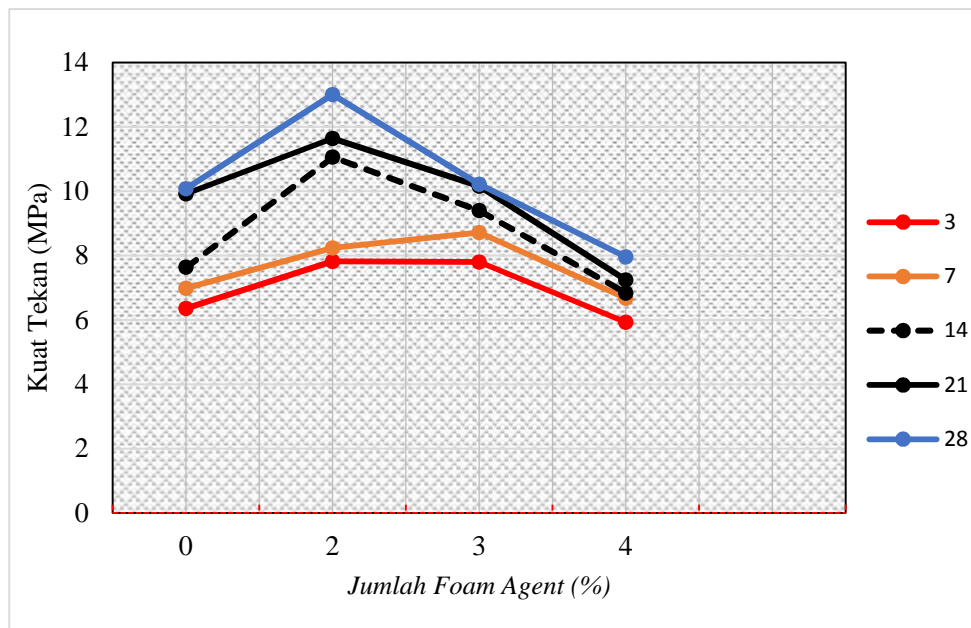


**Gambar 3** Alur Penelitian

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Kuat Tekan

Dalam uji kuat tekan didapat hasil nilai kuat tekan yang meningkat seiring dengan penambahan umur perawatan, contoh pada prosentase beton normal atau tanpa *fly ash* dan *foam agent* (0%) pada umur 3 hari kuat tekan beton busa sebesar 6,76 MPa, dan pada umur 7 hari naik sebesar 7,32 MPa, pada umur naik 14 hari 8,04 MPa pada umur 21 hari naik sebesar 10,32 MPa, dan pada umur 28 naik sebesar 10,48 MPa. Peningkatan kuat tekan serupa juga terjadi juga pada campuran prosentase 2%, 3%, dan 4% seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Nilai kuat tekan

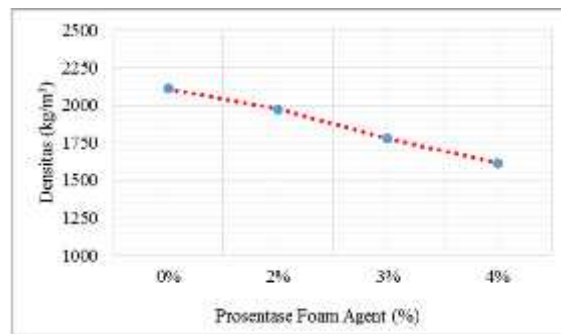
Nilai kuat tekan pada proporsi campuran dengan 2% *foam agent* sebesar dan 20% *fly ash* pada umur 28 hari merupakan kuat tekan optimal, jadi dapat disimpulkan bahwa pemakaian *foam agent* sebesar 2% dan *fly ash* 20% mempunyai hasil kuat tekan tertinggi dibanding dengan prosentase yang lain. Hasil kuat tekan pada umur 28 hari untuk prosentase 0% didapat 10,48 MPa, untuk prosentase 2% sebesar 13,24 MPa, untuk 3% didapatkan kuat tekan sebesar 10,62 MPa dan untuk campuran 4% didapat kuat tekan sebesar 8,36 MPa. Untuk tingkat mutu sesuai dengan SNI 03 – 0349 – 1989 rata rata dinding dengan kelas mutu-II dapat diperoleh pada umur setelah 3 hari untuk masing masing pemakaian *fly ash* 20% dan *foam agent* 2%, 3% dan 4%. Mutu dinding dengan bahan beton busa dapat mencapai dinding mutu-I (kuat tekan 10 MPa) pada pemakaian 2% dan 3% *foam agent* dan *fly ash* 20% setelah umur 14 hari

Dalam sifat mekanis, untuk kuat tekan jika dibandingkan dengan penelitian beton busa [10] dengan penambahan *pozzolan* dapat meningkatkan sifat mekanis beton busa, dan dengan di tambahkan *pozzolan* (pasir silica) dapat meningkat kan kuat tekan 12% sampai dengan 34% dari beton busa tanpa *pozzolan*, dengan prosentase 10% dan 20% *foam agent*. Sama dengan penelitian ini penambahan *foam agent* sebesar 2% dan 3% dan *fly ash* 20% (*pozzolan*) dapat meningkatkan kuat tekan beton busa dari kuat tekan beton normal

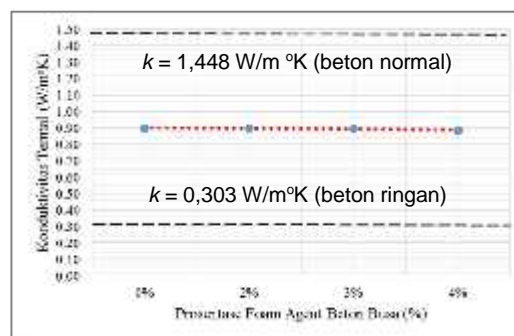
#### 3.2 Densitas

Gambar 5 menjelaskan bahwa semakin banyak prosentase *foam agent* yang ditambahkan pada beton akan menghasilkan nilai densitas yang semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh gelembung yang terbentuk di dalam beton. Volume beton yang terisi udara mengakibatkan kepadatan beton menjadi berkurang. Sedangkan penambahan 20% *fly ash* difungsikan sebagai *cementitious*

(bahan pengganti sebagian semen) pada beton busa yang memiliki sifat halus dan reaktif pada proses hidrasi semen. Proses reaksi antara *fly ash* dengan semen meningkatkan kualitas butiran agregat pada beton busa menjadi lebih rapat (padat). Berdasarkan hasil penelitian ini diperoleh bahwa semakin banyak prosentase penambahan *foam agent* maka nilai densitas beton akan lebih kecil. Hal ini sama dengan penelitian sebelumnya [4], dimana nilai densitas yang diperoleh berturut-turut yakni pada prosentase penambahan 30% *foam agent* + 20% *fly ash* sebesar 1489,40 kg/m<sup>3</sup> dan 40% *foam agent* + 20% *fly ash* sebesar 980,98 kg/m<sup>3</sup>. Namun hal yang berbeda terletak pada prosentase penambahan *foam-agent*, dimana pada penelitian ini prosentase penambahan *foam agent* diambil terhadap berat semen, sedangkan pada penelitian sebelumnya [4] prosentase *foam agent* diambil sebesar 30% dan 40% terhadap volume beton.



**Gambar 5** Hubungan antara densitas dan *foam agent* pada beton busa



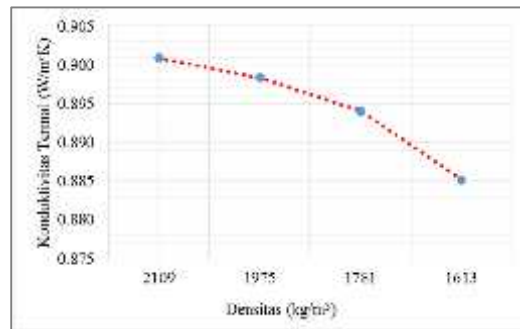
**Gambar 6** Hubungan konduktivitas termal dan *foam agent* pada beton

### 3.3 Konduktivitas Termal

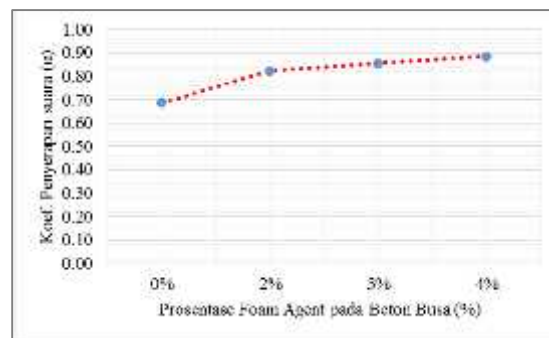
Dari gambar 6 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal pada beton busa yang diberikan 20% *fly-ash cementitious* tidak mengalami perubahan signifikan terhadap penambahan jumlah *foam agent*. Gelembung udara yang terbentuk akibat pencampuran *foam agent* pada saat proses pembuatan beton busa akan membuat pori/*porous* di dalam beton sehingga akan mempengaruhi mekanisme penghantaran panasnya. Sedangkan butiran *fly ash* yang dominan halus akan mengisi pori-pori yang terbentuk oleh gelembung-gelembung yang dihasilkan oleh *foam agent* sebab sifat *fly ash* dengan *foam agent* berbanding terbalik dalam fungsinya. Karena faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal adalah jenis agregat dan porositas (tipe pori, volume pori, jarak pori, arah pori dan kadar kelembapan). Jumlah *foam agent* akan menghasilkan volume pori yang tidak terlalu jauh berbeda dengan adanya pemakaian *fly-ash* yang berfungsi untuk menambah rekatan permukaan antar agregat. Beton busa dengan pemakaian *foam agent* dan 20% *fly ash* memiliki sifat konduktivitas termal yang masih lebih baik dibandingkan dengan beton biasa ( $k = 1,448 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ ). Nilai konduktivitas termal beton busa yang diperoleh masing-masing sebesar 0,898 W/m<sup>o</sup>K; 0,894 W/m<sup>o</sup>K; 0,885 W/m<sup>o</sup>K pada pemakaian 2%, 3% dan 4% *foam agent*. Dari gambar 7 menunjukkan bahwa makin rendah nilai densitas beton busa akan semakin rendah juga nilai konduktivitas termalnya sehingga baik berfungsi sebagai bahan isolator. Sebaliknya beton busa yang memiliki densitas yang besar maka nilai konduktivitas termalnya akan besar juga

### 3.4 Sound Absorption

Gambar 8 menjelaskan bahwa semakin banyak penambahan *foam agent* beton akan memiliki gelembung/pori yang lebih banyak, maka nilai penyerapan suara akan semakin meningkat. Pada parameter bahan sebagai insulasi suara yang baik salah satunya ialah bahan yang memiliki pori, dimana beton busa memiliki pori yang memberikan kemampuan baik pada beton dalam menyerap suara.

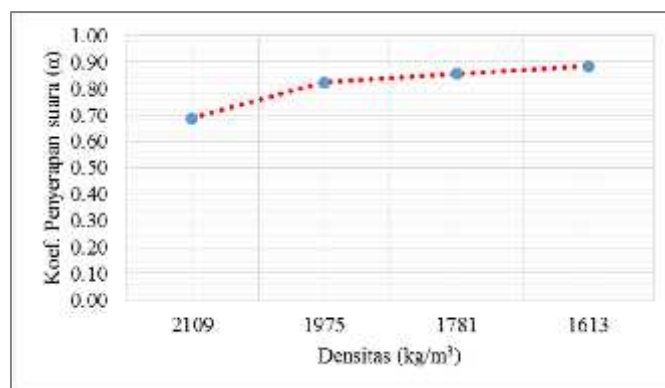


**Gambar 7** Hubungan densitas beton dengan nilai konduktivitas termal



**Gambar 8** Hubungan koefisien penyerapan suara dengan *foam agent* pada beton

Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan [1], dimana diberikan 3 (tiga) perlakuan pada benda uji (permukaan kasar, halus dan dicat). Pada percobaan dengan permukaan kasar bertujuan untuk membuat permukaan berpori supaya meningkatkan nilai penyerapan suara. Nilai penyerapan suara yang diperoleh yakni pada frekuensi terendah 125 Hz sebesar  $\alpha = 0,33$  atau terjadi peningkatan nilai penyerapan suara yang signifikan dibandingkan dengan permukaan beton yang halus atau dicat. Hal ini sama halnya pada penelitian ini yang memperlakukan beton busa pada keadaan tanpa dihaluskan atau dicat.



**Gambar 9** Hubungan koefisien penyerapan suara dengan densitas beton

Dari **Gambar 9** dapat dijelaskan juga bahwa semakin banyak gelembung udara pada sebuah beton busa akan membuat nilai densitas atau kerapatannya lebih kecil yang dapat mempengaruhi nilai koefisien penyerapan suara. Dari variasi 2%, 3% dan 4% memiliki kemampuan menyerap suara lebih baik dibandingkan dengan beton normal ( $\alpha = 0,69$ )

#### 4. Kesimpulan

- Pemakaian 20% *fly-ash* sebagai *cementitious* pada beton busa dapat menghasilkan densitas beton yang masih masuk dalam kategori beton ringan. Kuat tekan optimal diperoleh pada pemakaian 2% foam agent dengan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 13 MPa. Sedangkan pemakaian 20% *fly-ash* dan *foam agent* yang semakin besar dapat menurunkan densitas beton busa sampai 1613 kg/m<sup>3</sup>.
- Beton busa dengan pemakaian 20% *fly-ash* dan *foam agent* tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai konduktivitas termalnya, tetapi nilai konduktivitas termal ( $k$ ) yang diperoleh masih berada diantara nilai  $k_{\text{beton normal}} = 1,448 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$  dan  $k_{\text{beton ringan}} = 0,303 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ .
- Beton busa dengan pemakaian 20% *fly-ash* dan penambahan *foam agent* akan meningkatkan koefisien penyerapan suaranya. Penyerapan suara terbesar diperoleh pada beton busa dengan pemakaian *foam agent* 4% dimana nilai penyerapan suara  $\alpha = 0,89$  lebih baik dibandingkan dengan beton normal  $\alpha = 0,69$ .

#### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini sebagian didanai oleh, Ditjen Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Tahun Anggaran 2017 melalui program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT). Penulis juga mengucapkan terimakasih kasih kepada semua pihak yang telah turut membantu selesainya penulisan artikel ini

#### Referensi

- [1] A. Zulfian and Fahriddhal, "Penentuan Nilai Penyerapan Suara pada Panel Dinding Beton Busa sebagai Alternatif yang Ramah Lingkungan," *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, vol. 8, no. 1, pp. 41-46, 2011.
- [2] E. P. Susanto, B. W. Soemardi and I. Pane, "Studi Penggunaan Dinding Foam Concrete (FC) dalam Efisiensi Energi dan Biaya untuk Pendinginan Udara (Air Conditioner)," *Jurnal Teknik Sipil ITB*, 2011.
- [3] E. Rommel, Y. Wahyudi and A. R. Permana, "Kuat Tekan Beton Dengan Pemakaian Cementitious Fly-ash yang Telah Melalui Proses Rekayasa Material," in *Seminar Nasional Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, Surabaya, 2015.
- [4] Ngarifin, C. Habsya and A. Rahmawati, "Pengaruh Penambahan Fly-ash Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis dan Daya Panas Beton Ringan Foam," *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan*, vol. 7, no. 7, 2015.
- [5] B. F. Malau, "Penelitian Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar untuk Dinding Panel dengan membandingkan Penggunaan Pasir Bangka dan Pasir Baturaja dengan tambahan Foaming Agent dan Silica Fume," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, no. 2, pp. -, 2014.
- [6] SNI 03-6389-2000, *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*, Jakarta: BSN, 2000.
- [7] ASTM C1044-98, "Standard Practice for Using a Guarded-Hot-Plate Apparatus or Thin-Heater Apparatus in the Single-Sides Mode," US, ASSHTO, 1998.
- [8] ASTM C384-98, "Standar Test Method for Impedance and Absorption of Material by Impedance Tube Method," US, ASSHTO, 1998.
- [9] ASTM C138/C138M-01a, "Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete," US, ASSHTO, 2001.
- [10] I. Adelina, "Pengaruh Penambahan Pozzolan terhadap Sifat Mekanis dan Absorpsi Beton Busa (Foamed Concrete)," Universitas Syiah Kuala, Aceh, 2015.