

**PENGARUH PENAMBAHAN FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN, BERAT
JENIS, DAN DAYA HAMBAT PANAS BATA BETON RINGAN FOAM SEBAGAI
SUPLEMEN BAHAN AJAR MATA KULIAH TEKNOLOGI BETON PADA
MAHASISWA SEMESTER III PTB JPTK UNS**

Ngarifin¹, Chundakus Habsya², Anis Rahmawati³
Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret
e-mail:ngarifinuns@yahoo.com

The purposes of this research were, (1) determine the effect of fly ash added with variations of 0%, 10%, 20%, 30% and foam added with variation 30% and 40% on compressive strength, density, and thermal resistance of lightweight foam concrete bricks, (2) determine the percentage of fly ash and foam that produces thermal resistance that satisfied required compressive strength on lightweight foam concrete bricks SNI 03-2847-2002. (3) determine the percentage of fly ash and foam added that produces minimal density lightweight foam concrete bricks, and (4) produce supplement teaching materials obtained in the course of concrete technology on the effect of the fly ash addition to the compressive strength, density, and thermal resistance of lightweight foam concrete bricks.

This research used experimental method and data analysis techniques used regression analysis. Variables in the study were (1) dependent variables: compressive strength, density, and thermal resistance of lightweight foam concrete bricks, (2) independent variables: the fly ash addition with variations 0%, 10%, 20%, and 30% to the needs of fine aggregate and variations addition of foam 30% and 40% of the concrete volume with the water and foam agent ratio = 1:40.

Based on the results of the study concluded that, (1) variation of the addition of fly ash and foam was strongly influencing the compressive strength, density, and thermal resistance of lightweight foam concrete bricks, (2) thermal resistance with concluded compressive strength on lightweight foam concrete bricks SNI 03-2847-2002 produced from 30% of the concrete volume foam added with the percentage fly ash added of 10%, 20%, and 30% of fine aggregate respectively were 27.6 kg /cm²; 29.3 kg/cm²; and 35.0 kg/cm², (3) the minimal density of lightweight foam concrete bricks produced on the percentage of fly ash addition of 0% (without the fly ash addition) with 40% foam addition of the concrete volume that was 855.565 kg/m³, (4) produced teaching materials in the form of supplements teaching materials about the effect of the fly ash addition to the compressive strength, density, and thermal resistance of lightweight foam concrete bricks.

Keywords: fly ash, foam, lightweight foam concrete brick, compressive strength, density, thermal resistance.

PENDAHULUAN

Saat ini pembangunan dalam bidang teknik sipil mengalami peningkatan yang sangat pesat. Hal ini terbukti dengan adanya pembangunan yang telah berlangsung di negara ini, misalnya pembangunan gedung, pembangunan jembatan, tower, maupun pembangunan konstruksi lain. Pada kegiatan

¹Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

²Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

³Staf Pengajar Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FKIP UNS

pembangunan tersebut, beton menjadi salah satu bahan yang diminati dalam pembuatan struktur bangunan. Hal ini dikarenakan beton memiliki banyak kelebihan, diantaranya harga yang relatif murah, memiliki kuat tekan yang tinggi, bentuknya yang dapat disesuaikan dengan keinginan, ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar.

Berbagai penelitian tentang beton telah banyak dilakukan sebagai upaya penyempurnaan fungsi dan kekuatan dari struktur beton. Penyempurnaan beton dapat ditinjau dari berat sendiri beton yang merupakan salah satu bagian terbesar yang berpengaruh terhadap beban struktur bangunan itu sendiri.

Berat jenis beton yang tinggi yaitu berkisar antara 2400 kg/m^3 , akan berpengaruh terhadap pembebanan struktur bangunan. Sehingga perlu dilakukan cara untuk mengatasinya yaitu dengan pembuatan beton ringan. Berdasarkan SNI 03-2847-2002, beton dapat digolongkan sebagai beton ringan jika beratnya kurang dari 1900 kg/m^3 .

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk membuat beton ringan, salah satunya yaitu dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan mortar. Langkah yang dapat ditempuh untuk membuat gelembung-gelembung udara pada mortar yaitu dengan menambahkan *foam agent* (cairan

busa) ke dalam campuran yang biasa dikenal dengan metode *foamed concrete*. Bahan pembentuk *foam agent* dapat berupa bahan alami ataupun bahan buatan (Neville and Brooks, 1993 dalam Afaza, 2014)

Menurut Neville and Brooks, (1993) yang dikutip oleh Dwi Mardiyanto (2013), penambahan *foam agent* ke dalam campuran adukan beton akan menghasilkan material yang memiliki rongga udara dengan ukuran antara 0,1 mm sampai dengan 1 mm yang tersebar merata pada beton sehingga menjadikan sifat beton sangat baik untuk menghambat panas dan lebih kedap terhadap air.

Sifat daya hambat panas beton sangat diperlukan untuk memperoleh kenyamanan termal ruangan sehingga dapat meminimalisir penggunaan AC. Penambahan *foam agent* pada campuran adukan beton dapat menghasilkan material dinding dengan kerapatan rendah yang dapat digunakan sebagai dinding insulasi termal. Dinding insulasi termal memiliki daya hantar kalor yang rendah sehingga dapat menahan aliran kalor. (Eka Pradana Susanto, 2012).

Penambahan *foam agent* pada campuran adukan beton juga memiliki kelemahan, yaitu akan mengurangi kekuatan tekan pada beton. Hal ini dikarenakan di dalam campuran terdapat banyak gelembung yang akan menjadi

pori-pori pada beton. Sehingga dalam pembuatan beton ringan *foam*, perlu penambahan bahan lain yang dapat mengisi pori-pori tersebut. Salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan yaitu *fly ash*. *Fly ash* adalah limbah hasil pembakaran batubara yang mempunyai sifat *pozzolanic* yang akan bereaksi dengan sisa hidrasi antara air dan semen membentuk senyawa pengikat.

Dari paparan pengembangan teknologi beton diatas, yaitu bata beton ringan dengan penambahan *fly ash* dan *foam agent* (cairan busa) merupakan salah satu inovasi baru yang perlu dikenalkan dalam materi kuliah khususnya pada mata kuliah Teknologi Beton yang merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh di Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan. Di dalam Teknologi Beton membahas tentang karakteristik agregat atau bahan penyusun beton dan material-material yang digunakan dalam konstruksi bangunan. Pembelajaran Teknologi Beton di Perguruan Tinggi bertujuan menguasai standar kompetensi yang telah ditetapkan.

Dari berbagai pertimbangan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Penambahan *Fly ash* Terhadap Kuat Tekan, Berat Jenis, dan Daya Hambat Panas Bata Beton Ringan *Foam* Sebagai Suplemen Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton pada Semester III PTB JPTK UNS”**.

1. Bata Beton Ringan *Foam*

Beton *foam* atau bata beton ringan *foam* adalah campuran antara semen, air, agregat dengan bahan tambah (*admixture*) tertentu yaitu dengan mencampur gelembung-gelembung dalam bentuk busa dalam adukan semen sehingga terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin dan Setiaji, 2008).

Menurut SK SNI 03-0349-1989, bata beton dapat dibagi atas dua jenis yaitu:

- Bata beton pejal adalah bata beton yang mempunyai luas penampang pejal 75% atau lebih luas penampang seluruhnya, dan mempunyai volume pejal lebih dari 75% volume bata seluruhnya.
- Bata beton berlubang yaitu bata yang terbuat dari campuran bahan perekat hidrolis atau sejenisnya ditambah dengan agregat dan air dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya dan mempunyai luas penampang lubang lebih besar dari 25% volume bata seluruhnya.

Menurut SNI 03-0349-1989, persyaratan fisis bata beton pejal dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Persyaratan Fisis Bata Beton Pejal

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal			
		I	II	III	IV
		Kuat tekan bruto* rata-rata minimum	Mpa Kg/cm ²	10 100	7 70
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum	Mpa Kg/cm ²	9 90	6,5 65	3,5 35	2,1 21
Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-

2. *Fly ash*

Batubara merupakan penghasil sumber energi yang digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik (PLTU). Dalam pemakaian batubara sebagai bahan bakar, menghasilkan limbah batubara yang berupa abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Abu terbang atau *fly ash* merupakan abu sisa pembakaran batubara yang berbutir halus dan mempunyai sifat pozzolanik. Abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti semen tapi dengan adanya air dan partikel ukuran halus, oksida silica yang terkandung di dalamnya akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat (Krisbiyantoro, 2005 dalam Eko Hindaryanto Nugroho, 2010).



Gambar 1. *Fly ash* PLTU Tanjungjati B

METODOLOGI PENELITIAN

1. Bahan

Semen yang digunakan adalah Semen Portland tipe I dengan merk

Semen Holcim yang memenuhi persyaratan dalam spesifikasi SK-SNI-S-04-1989-F.kadar

Pasir yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari Muntilan, Magelang. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa pasir mengandung kadar lumpur sebesar 1,2%, kadar air 1,15%, kadar zat organik 0-10%, *Bulk Specific Gravity* SSD 2,52, modulus kehalusan 3,67, dan pasir termasuk kedalam daerah gradasi II (agak kasar).

Foam atau busa untuk beton ringan terbuat dari konsentrasi *foam agent* (*consentrated foaming agent*) dengan peralatan *foam* (*foam generator*). *Foam agent* yang digunakan diperoleh dari PIK Penggilingan (Produksi Mesin Bata Ringan), Cakung, Jakarta Timur.

Fly ash yang digunakan diperoleh dari PLTU Tanjungjati B Jepara yang didistribusikan oleh PT Tiga Jaya Inti. Hasil pengujian *fly ash* yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, diperoleh nilai *specific gravity* 2,30. Hasil pengujian kimia dengan metode XRF (yang dilakukan oleh Team Afiliasi dan Konsultasi Industri Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya, dalam Isna Mutoharoh 2014), menunjukkan bahwa *fly ash* mengandung SiO_2 54,42%; Fe_2O_3 8,22%; Al_2O_3 2,01%;

CaO 16,78%; SO₃ 0,86%; LOI 1,45%; dan H₂O 0,37%.

Air yang digunakan adalah air yang memenuhi persyaratan SK SNI S-04-1989 F.

2. Pembuatan Benda Uji

Campuran bata beton ringan *foam* pada penelitian ini menggunakan perbandingan 1Pc:4Ps dengan persentase penambahan *fly ash* 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap kebutuhan agregat halus dan persentase penambahan *foam* 30%, 40% terhadap volume beton. Proses pembuatannya yaitu dengan mencampurkan semen, pasir, dan *fly ash*, selanjutnya menambahkan air sesuai dengan kebutuhan dan diaduk sampai homogen. Kemudian menambahkan *foam* yang dibuat dari campuran air dan *foam agent* dengan peralatan *foam generator*. Langkah selanjutnya yaitu memasukkan adukan tersebut ke dalam cetakan bata beton ringan *foam*, kemudian diratakan dengan cetok. Proses pelepasan bekisting dilakukan setelah 24 jam, setelah itu bata beton ringan *foam* diletakkan ditempat yang lembab dan terhindar dari cahaya matahari secara langsung.

Benda uji yang dihasilkan berupa bata beton ringan *foam* dengan panjang 60 cm, lebar 7,5 cm, tinggi 20 cm

berjumlah 32 dan silinder dengan diameter 0,4 cm dan tebal 0,8 cm berjumlah 32. Jumlah populasi penelitian berjumlah 64 buah.



Gambar 2. Benda Uji/Sampel Kuat Tekan dan Berat Jenis



Gambar 3. Benda Uji/Sampel Hambat Panas

3. Pengujian

Setelah benda uji/sampel berumur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian yang meliputi pengujian kuat tekan, berat jenis, dan daya hambat panas.

a. Pengujian Kuat Tekan

- i. Sebelum pengujian kuat tekan dimulai, terlebih dahulu dilakukan pengukuran dimensi bata beton ringan *foam* dengan cara mengukur panjang, lebar dan

tinggi tiap-tiap benda uji bata beton ringan dalam satu komposisi pencampuran.

- ii. Meletakkan sampel/benda uji pada mesin CTM (*Compression Testing Machine*)
- iii. Mengoperasikan mesin CTM (*Compression Testing Machine*)
- iv. Melakukan pembebanan sampai sampel/benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang mampu ditahan oleh sampel/benda uji.
- v. Menghitung nilai kuat tekan sampel/benda uji dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan (P)} = \frac{F}{A}$$

Dimana :

P = Kuat tekan (N/mm²)

F = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji yang ditekan (mm²)

- vi. Mengulangi langkah-langkah tersebut untuk berbagai komposisi campuran yang ada dalam penelitian ini hingga selesai.

b. Pengujian Berat Jenis

- i. Langkah pertama dalam pengujian berat jenis adalah pengukuran dimensi bata beton ringan *foam* dengan cara mengukur panjang, lebar dan tinggi tiap-tiap benda uji bata

beton ringan dalam satu komposisi pencampuran.

- ii. Setelah itu sampel/benda uji yang berupa bata beton ringan *foam* ditimbang dan dicatat beratnya.. Nilai berat jenis bisa dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Berat jenis (BJ)} = \frac{W}{V}$$

Dimana :

BJ = Berat jenis (kg/m³)

W = Berat benda uji (kg)

V = Volume benda uji (m³)

- iii. Mengulangi langkah-langkah tersebut untuk berbagai komposisi campuran yang ada dalam penelitian ini hingga selesai.

c. Pengujian Hambat Panas

- i. Langkah pertama mengukur dimensi bata beton ringan *foam* dengan cara mengukur panjang, lebar dan tinggi tiap-tiap benda uji bata beton ringan dalam satu komposisi pencampuran.

- ii. Melakukan pengujian konduktivitas termal dengan langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 40 mm dan tinggi 8 mm.
2. Mengatur kran masukan dan kran kecepatan alir masukan. Membuka kran sumber air

- ledeng $\frac{1}{4}$ putaran, tunggu hingga bak penampungan penuh. Membuka kran kecepatan alir hingga kecepatan berkisar antara skala 100-150. Volume air dijaga agar tetap stabil sesuai batas volume standar.
3. Meregangkan 4 mur yang ada dibagian atas tabung uji untuk meregangkan silinder tembaga yang ada didalamnya.
 4. Meregangkan dua bagian silinder tembaga sesuai dengan tebal benda uji. Tujuan dilakukannya peregangan yaitu agar benda uji dapat dimasukkan diantara kedua silinder tersebut.
 5. Memasang sampel pada tempatnya (silinder dengan diameter 40 mm dan tinggi 8 mm).
 6. Mengencangkan kembali 4 mur bagian atas tabung.
 7. Menghubungkan AC Cord Kabel dengan jala-jala listrik 220V AC. Nyalakan sistem dengan menekan tombol ON pada tombol power.
 8. Pengaturan/pengeseatan temperatur. Mengakhiri seting temperatur dengan soft button ENTER.
 9. Pembacaan temperatur.
 10. Menunggu hingga tampilan nilai temperatur sama dengan nilai pengeseatan temperatur. Setelah sama, tunggu hingga kestabilan kurang lebih 15 menit. Mencatat masing-masing temperatur pada tiap posisi termokopel dengan memindahkan (memutar) saklar "*Thermo Sell R*".
- iii. Menghitung nilai daya hambat panas untuk berbagai komposisi campuran bata beton ringan *foam* dengan rumus sebagai berikut:

$$R = \frac{L}{KA}$$
 Keterangan :
 - A : luas penampang bahan (m²)
 - K : konduktivitas panas bahan (W/m°C)
 - L : tebal spesimen (m)
 - R : tahanan / hambatan termal (°C/W)
 - iv. Mengulangi langkah-langkah tersebut untuk berbagai komposisi campuran yang ada dalam penelitian ini hingga selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuat tekan, berat jenis, dan daya hambat panas bata beton

ringan *foam* dengan bahan tambah *fly ash* ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Sampel

Variasi <i>foam</i>	Variasi <i>fly ash</i>	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Berat Jenis Rata-rata (kg/m ³)	Hambat Panas (°C/W)
30%	0%	1,62	1346,250	73,807
30%	10%	2,76	1403,661	72,587
30%	20%	2,93	1489,405	71,267
30%	30%	3,50	1524,345	70,714
40%	0%	0,26	855,565	75,692
40%	10%	0,36	908,304	74,672
40%	20%	0,53	980,982	73,827
40%	30%	0,62	1010,744	72,835

Analisis data menggunakan program komputer *Statistical Package for the Social Science* (SPSS 16.0) yaitu dengan uji *regression* (*Linear*).

Hasil pengujian kuat tekan bata beton ringan foam dengan uji koefisien determinasi menggunakan program komputer statistik SPSS 16.0 dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Hasil Uji Regresi Kuat Tekan

<i>Model Summary^b</i>					
	<i>R</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>	<i>Durbin-Watson</i>	
1	.970 ^a	.940	.936	.31687	.344
<i>a. Predictors: (Constant), Foam, Fly_Ash</i>					
<i>b. Dependent Variable: Kuat_Tekan</i>					

Tabel 3 diatas dapat menjelaskan besarnya R (koefisien korelasi) dan persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Hubungan antara variabel bebas (penambahan *fly ash* dan *foam*) dengan variabel terikat (kuat tekan), koefisien korelasinya adalah 0,970 yang

berarti tingkat hubungannya sangat kuat berdasarkan ketentuan koefisien korelasi.

Selain itu penambahan *fly ash* dan *foam* berpengaruh sangat kuat terhadap kuat tekan bata beton ringan *foam* yang dibuktikan dengan nilai koefisien determinasi 0,940 yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas terhadap perubahan variabel terikat adalah 94,0%. Sedangkan 6,0% (100% - 94,0%) dipengaruhi oleh variabel lain.

Hasil pengujian berat jenis bata beton ringan foam dengan uji koefisien determinasi menggunakan program komputer statistik SPSS 16.0 dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Hasil Uji Regresi Berat Jenis

<i>Model Summary^b</i>					
	<i>R</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>	<i>Durbin-Watson</i>	
1	.999 ^a	.998	.998	11.77682	.860
<i>a. Predictors: (Constant), Foam, Fly_Ash</i>					
<i>b. Dependent Variable: Berat_Jenis</i>					

Tabel 4 diatas dapat menjelaskan besarnya R (koefisien korelasi) dan persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Hubungan antara variabel bebas (penambahan *fly ash* dan *foam*) dengan variabel terikat (berat jenis), koefisien korelasinya adalah 0,999 yang berarti tingkat hubungannya sangat kuat sesuai dengan ketentuan koefisien korelasi.

Selain itu dari tabel 4 dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* dan *foam*

berpengaruh sangat kuat terhadap berat jenis bata beton ringan *foam*. Besar koefisien determinasi 0,998 mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas terhadap perubahan variabel terikat adalah 99,8%. Sedangkan 0,2% (100% - 99,8%) dipengaruhi oleh variabel lain.

Hasil pengujian daya hambat panas bata beton ringan foam dengan uji koefisien determinasi menggunakan program komputer statistik SPSS 16.0 dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini:

Tabel 5. Hasil Uji Regresi Hambat Panas

<i>Model Summary^b</i>					
	<i>R</i>	<i>Adjusted R Square</i>	<i>Std. Error of the Estimate</i>	<i>Durbin-Watson</i>	
<i>1</i>	.985 ^a	.970	.28479	2.184	
<i>a. Predictors: (Constant), Foam, Fly_Ash</i>					
<i>b. Dependent Variable: Hambat_Panas</i>					

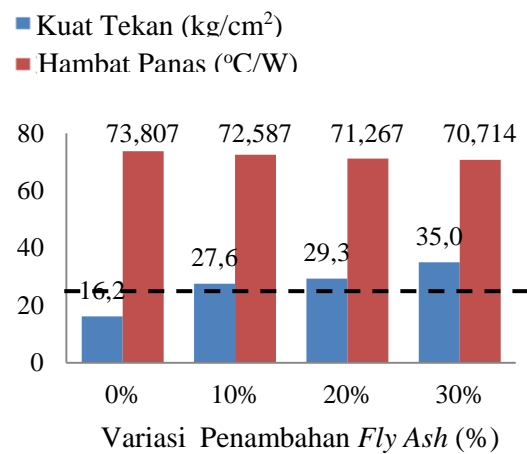
Tabel 5 diatas dapat menjelaskan besarnya R (koefisien korelasi) dan persentase pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Hubungan antara variabel bebas (penambahan *fly ash* dan *foam*) dengan variabel terikat (hambat panas), koefisien korelasinya adalah 0,985 yang berarti tingkat hubungannya sangat kuat sesuai dengan ketentuan koefisien korelasi.

Selain itu dari tabel 5 dapat diketahui bahwa penambahan *fly ash* dan *foam* berpengaruh sangat kuat terhadap daya hambat panas bata beton ringan *foam*. Besar koefisien determinasi 0,970

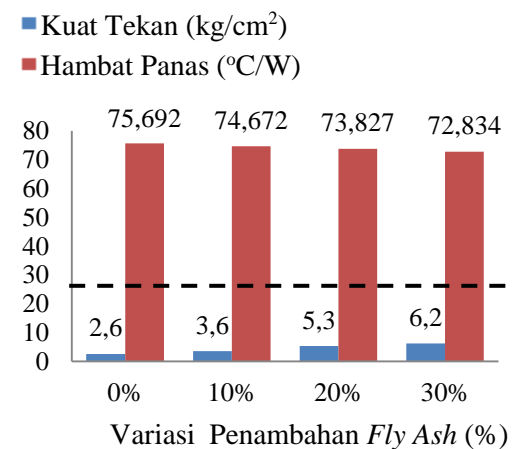
mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas terhadap perubahan variabel terikat adalah 97,0%. Sedangkan 3,0% (100% - 97,0%) dipengaruhi oleh variabel lain.

Adapun nilai daya hambat panas dengan kuat tekan memenuhi SNI beton ringan dan berat jenis minimal bata beton ringan foam adalah sebagai berikut:

1) Hambat Panas Bata Beton Ringan Foam dengan Kuat Tekan Memenuhi SNI



Gambar 4. Hubungan antara tekan dengan daya hambat panas (Penambahan *Foam* 30%)



Gambar 5. Hubungan antara tekan dengan daya hambat panas (Penambahan *Foam* 40%)

a. Penambahan *Foam* 30%

Pada penambahan *foam* 30% dari volume beton dihasilkan nilai kuat tekan bata beton ringan *foam* dengan persentase penambahan *fly ash* 10%, 20%, dan 30% berturut-turut sebesar 27,6 kg/cm², 29,3 kg/cm², dan 35,0 kg/cm². Sedangkan pada penambahan *fly ash* 0% dihasilkan kuat tekan sebesar 16,2 kg/cm².

Berdasarkan SNI 03-0349-1989 kuat tekan bata beton pejal minimum untuk mutu I sebesar 100 kg/cm², mutu II (70 kg/cm²), mutu III (40 kg/cm²), dan mutu IV (25 kg/cm²). Nilai kuat tekan yang dihasilkan pada penambahan *foam* 30% dengan persentase penambahan *fly ash* 10%, 20%, dan 30% termasuk kedalam tingkat bata beton pejal mutu IV, sedangkan pada persentase penambahan *fly ash* 0% (tanpa penambahan *fly ash*) tidak termasuk kedalam tingkat mutu bata beton pejal berdasarkan SNI 03-0349-1989 tentang bata beton untuk pasangan dinding.

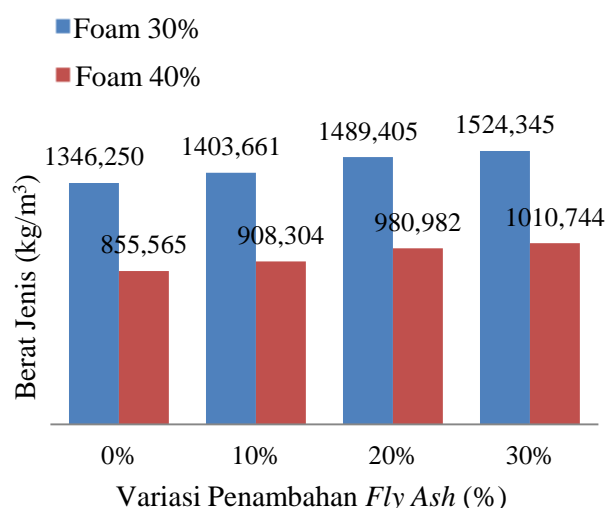
b. Penambahan *Foam* 40%

Pada penambahan *foam* 40% dari volume beton dihasilkan nilai kuat tekan bata beton ringan *foam* dengan persentase penambahan *fly ash* 0%, 10%, 20%, dan 30% berturut-turut sebesar 2,6 kg/cm², 3,6 kg/cm², 5,3 kg/cm², dan 6,2 kg/cm². Nilai kuat tekan yang dihasilkan pada penambahan *foam* 40% tidak termasuk

kedalam tingkat mutu bata beton pejal karena tidak memenuhi persyaratan fisis berdasarkan SNI 03-0349-1989.

Dari hasil penelitian, diperoleh nilai daya hambat dengan kuat tekan memenuhi SNI yaitu pada penambahan *foam* 30% dari volume beton dengan persentase penambahan *fly ash* 10%, 20%, dan 30%.

2) Berat Jenis Minimal Bata beton Ringan *Foam*



Gambar 6. Hasil Pengujian Berat Jenis

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa berat jenis bata beton ringan *foam* meningkat seiring dengan kenaikan persentase penambahan *fly ash*. Sehingga persentase penambahan *fly ash* yang menghasilkan berat jenis minimal bata beton ringan *foam* diperoleh pada persentase penambahan *fly ash* 0% yang menghasilkan berat jenis 1346,250 kg/cm³ (pada penambahan *foam* 30%) dan 855,565 kg/cm³ (penambahan *foam* 40%).

Hal ini sesuai karena dengan penambahan *fly ash* kedalam campuran adukan bata beton ringan *foam* akan mengisi pori-pori atau rongga udara dalam beton yang diakibatkan karena penambahan *foam*. Sehingga dapat meminimalisir adanya pori-pori atau rongga udara di dalam beton (lebih padat) yang dapat meningkatkan berat jenis bata beton ringan *foam*. Berdasarkan grafik diatas, nilai berat jenis bata beton ringan *foam* masuk kedalam kategori beton ringan dengan berat jenis $< 1900 \text{ kg/m}^3$ berdasarkan SNI-03-2847-2002.

Dari penelitian yang telah dilakukan dihasilkan suplemen bahan ajar mata kuliah Teknologi Beton tentang pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan, berat jenis, dan daya hambat panas bata beton ringan *foam*. Penyusunan suplemen bahan ajar Teknologi Beton ini disesuaikan dengan silabus mata kuliah Teknologi Beton dan disesuaikan dengan standar kompetensi serta kompetensi dasar.

a) Standar kompetensi: mendeskripsikan perkembangan, kebaikan dan keburukan, bahan-bahan pembuatan beton, cara pengolahan, perancangan campuran adukan, melakukan evaluasi mutu, pengambilan sampel, dan macam-macam beton yang lain.

b) Kompetensi dasar dan sub kompetensi dasar: mendeskripsikan beton jenis lain.

c) Indikator: menjelaskan beton ringan.

KESIMPULAN

1. Variasi persentase penambahan *fly ash* dan *foam* berpengaruh sangat kuat terhadap kuat tekan atau berpengaruh secara signifikan terhadap kuat tekan bata beton ringan *foam*. Pengaruh penambahan *fly ash* dengan persentase 0%-30% dari kebutuhan agregat halus akan meningkatkan kuat tekan bata beton ringan *foam*.
2. Variasi persentase penambahan *fly ash* dan *foam* berpengaruh sangat kuat terhadap jenis bata beton ringan *foam*. Pengaruh penambahan *fly ash* dengan persentase 0%-30% dari kebutuhan agregat halus akan meningkatkan berat jenis bata beton ringan *foam*.
3. Variasi persentase penambahan *fly ash* dan *foam* berpengaruh sangat kuat terhadap daya hambat panas atau berpengaruh secara signifikan terhadap daya hambat panas bata beton ringan *foam*. Pengaruh penambahan *fly ash* dengan persentase 0%-30% akan menurunkan daya hambat panas bata beton ringan *foam*.
4. Nilai daya hambat panas dengan kuat tekan memenuhi SNI bata beton ringan *foam* dihasilkan dari penambahan *foam*

- 30% dari volume beton dengan persentase penambahan *fly ash* 10%, 20%, dan 30% dari kebutuhan agregat halus berturut-turut sebesar 27,6 kg/cm²; 29,3 kg/cm²; dan 35,0 kg/cm² yang masuk kedalam tingkat bata beton pejal mutu IV berdasarkan SNI 03-0349-1989.
5. Nilai minimal berat jenis bata beton ringan *foam* dihasilkan pada persentase penambahan *fly ash* 0% (tanpa penambahan *fly ash*) dengan penambahan *foam* 40% dari volume beton sebesar 855,565 kg/m³.
 6. Bahan ajar yang dihasilkan setelah penelitian ini berupa suplemen bahan ajar tentang pengaruh penambahan *fly ash* terhadap kuat tekan, berat jenis, dan daya hambat panas bata beton ringan *foam*.

DAFTAR PUSTAKA

- Afaza ,M. (2014). *Pengaruh Penambahan Serat Polyethylene pada Beton ringan dengan Teknologi Foam terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas*, Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.
- Anonim. (1989). *Standar Nasional Indonesia 03-0349-1989: Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Dewan Standarisasi Nasional.
- _____. (1989). *Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Dewan Standarisasi Nasional.
- _____. (2002). *Standar Nasional Indonesia S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*. Dewan Standarisasi Nasional.
- Husin, A.A dan Setiaji, R. (2008). *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. Jurnal Pemukiman Vol.3 No.3 September 2008.
- Mardiyanto, D. (2013). *Pengaruh Penambahan serat Aluminium Pada Beton Ringan dengan teknologi Foam terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Modulus Elastisitas*, Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Muthoharoh, I. (2014). *Self Healing Capability Beton dengan Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Ditinjau dari Workability, Kuat Tekan dan Permeabilitas*, Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret.
- Nugroho, E.H. (2010). *Analisa Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*, Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Susanto, E.P. (2011). *Studi Penggunaan Dinding Foam Concrete (FC) dalam Efisiensi Energi dan Biaya untuk Pendinginan Udara (Air Conditioner)*. Institut Teknologi Bandung. Jurnal.