

## HUBUNGAN FAKTOR AIR-SEMEN DAN FAKTOR AIR-FOAM TERHADAP KUAT TEKAN DAN BERAT VOLUME BATA RINGAN CLC

Jusuf J. S. Pah<sup>1</sup> ([yuserpbdaniel@yahoo.co.id](mailto:yuserpbdaniel@yahoo.co.id))

Putri M. Tulle<sup>2</sup> ([putri.tulle@gmail.com](mailto:putri.tulle@gmail.com))

Rosmiyati A. Bella<sup>3</sup> ([qazebo@yahoo.com](mailto:qazebo@yahoo.com))

Dantje A. T. Sina<sup>4</sup> ([dantjesina@staf.undana.ac.id](mailto:dantjesina@staf.undana.ac.id))

### ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan FAS dan FAF terhadap berat volume dan kuat tekan bata ringan CLC. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Bata ringan CLC dibuat dengan variasi faktor air semen 40%, 50% dan 60% terhadap variasi faktor air foam agent 1:20, 1:40 dan 1:80. Setelah 28 hari bata ringan yang telah di curing kemudian diuji untuk mendapatkan nilai berat jenis dan kuat tekan. Berdasarkan hasil penelitian, variasi faktor air semen maupun faktor air foam agent sangat berpengaruh terhadap berat volume dan kuat tekan yang dihasilkan. Nilai-nilai yang dihasilkan memiliki tren yang berbeda pada setiap variasinya. Nilai berat volume terkecil pada setiap variasi FAF adalah 0,768 gr/cm<sup>3</sup> yang terdapat pada FAF 1:20 (terhadap FAS 60%). Nilai mutu terbaik bata ringan CLC adalah 2,518 MPa, dicapai pada variasi FAS 50% (terhadap FAF 1:80) baik pada foam agent berwarna putih maupun hijau. Oleh karena itu disarankan untuk mendapatkan kuat tekan terbaik sebaiknya gunakan FAS 50% terhadap FAF 1:80 sedangkan untuk mendapatkan nilai densitas yang kecil bisa digunakan FAS 60% terhadap FAF 1:20.

**Kata Kunci : Faktor Air-Semen (FAS), Faktor Air-Foam Agent (FAF), Berat Volume, Kuat Tekan, Bata Ringan CLC**

### ABSTRACT

*This study was conducted to determine the relationship between FAS and FAF on the volume weight and compressive strength of CLC bricks. The method used in this research is the experimental method. CLC bricks were made with water cement factor variations of 40%, 50% and 60% to variations in water foam agent factors of 1:20, 1:40 and 1:80. After 28 days, the light bricks that has been cured was tested to obtain specific gravity and compressive strength values. Based on the results of the study, variations in the water cement factor and the water foam agent factor greatly affect the volume weight and compressive strength produced. The resulted values have a different trend in each variation. The smallest unit weight value for each variation of FAF was 0,786 gr/cm<sup>3</sup>, found at FAF 1:20 (against 60% FAS). The best quality value of CLC was 2,518 MPa, reached in the 50% FAS variation (against FAF 1:80) in both white and green foam agents. Therefore it is recommended that if to get the best compressive strength, it should use 50% FAS against 1:80 FAS, while to get a small density value, it can use 60% FAS against 1:20 FAF.*

**Key Words: Water-Cement factor, Water-Foam Factor, Volume Weight, Compressive Strength, CLC brick**

---

<sup>1</sup> Prodi Teknik Sipil, FST – Undana;

<sup>2</sup> Prodi Teknik Sipil, FST – Undana, (penulis korespondensi);

<sup>3</sup> Prodi Teknik Sipil, FST – Undana;

<sup>4</sup> Prodi Teknik Sipil, FST – Undana.

## PENDAHULUAN

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Bata ringan adalah bahan bangunan yang sedang mengetren saat ini. Pelaku konstruksi juga lebih memilih untuk menggunakan bata ringan sebagai pilihan utama untuk dijadikan pasangan tembok. Keutamaan penggunaan bata ringan adalah untuk mengurangi beban bata sendiri yang dianggap sebagai beban mati pada perhitungan struktur. Hal yang sama juga berlaku pada bangunan besar di kota Kupang saat ini sudah menggunakan bata ringan sebagai pasangan dinding misalnya pada bangunan English First dan Sekolah Dian Harapan (Peni, 2019; Nggaba, 2019; Syarifuddin, 2016; Kellen, 2016).

Bahan penyusun bata ringan sendiri adalah campuran dari semen *portland*, agregat halus (pasir), air dan *foaming agent*. Dalam industri pembuatan bata ringan, salah satu persoalan yang dihadapi adalah menemukan *mix design* yang tepat sehingga menghasilkan bata ringan yang bermutu. Oleh karena itu perlu dilakukan studi rancang campur untuk memperoleh kekuatan tekan bata ringan yang maksimal. Studi rancang campur yang dimaksud antara lain merupakan faktor air semen (FAS) dan faktor air *foam agent* (FAF) Faktor air semen merupakan hal terpenting dalam pembentukan beton biasa maupun beton bata ringan. Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton dan faktor air *foam agent* merupakan perbandingan antara volume air dan volume foam agent yang digunakan dalam pembuatan *foam*. Pada beton biasa, jika faktor air semen tinggi maka dapat menghasilkan beton dengan kuat tekan yang rendah.

## KAJIAN PUSTAKA

### Bata Ringan

Bata ringan merupakan bata beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada bata beton pada umumnya. Beton ringan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-3449-2002 adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m<sup>3</sup>. Terdapat 2 macam jenis bata ringan, Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis.

### Bata Ringan Autoclaved Aerated Concrete (AAC)

Bata ringan AAC adalah beton selular di mana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi atau mengembangkan adonan. Material pembuatan bata ringan memakai pasir khusus yaitu silika (>95% SiO<sub>2</sub>) dan harus digiling sampai ukuran mikro. Sama halnya seperti pada pembuatan roti, pada AAC tingkat ekspansi adonan juga tidak bisa dikontrol secara tepat sehingga biasanya akan mengembang keluar dari cetakan. Oleh karena itu harus dipotong untuk mendapatkan dimensi yang dibutuhkan (Karijanto, Wijaya & Sugiharto, 2013).

### Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC)

Bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses *curing* secara alami, CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara, dalam prosesnya menggunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan, *foam*/busa berfungsi sebagai media untuk membungkus udara. Bahan baku yang dipakai untuk pembuatan bata ringan CLC adalah semen, pasir, air, dan *foam* (busa organik). Pabrikasi dan peralatan yang digunakan untuk menghasilkan CLC juga standar, sehingga produk dengan mudah dapat pula diintegrasikan ke dalam pabrikasi beton

konvensional. Kepadatan yang didapatkan dapat disesuaikan mulai dari 400 sampai 1800 kg/ m<sup>3</sup> dan kekuatan dapat juga di capai serendah 1,5 sampai lebih 30 N/mm<sup>2</sup>. Namun tingkat kepadatan yang umum digunakan ialah 1.200 kg/m<sup>3</sup> (Tansajaya & Nadia, 2008)

## **KARAKTERISTIK BATA RINGAN *CELULLAR LIGHTWEIGHT CONCRETE (CLC)***

Karakteristik bata ringan CLC meliputi sifat fisis maupun mekanis. Sifat fisis meliputi berat jenis (densitas) sedangkan sifat mekanis meliputi kuat tekan.

### i. Sifat fisis (berat volume)

Berat volume adalah nilai yang menunjukkan besarnya perbandingan antara massa benda dengan volume benda, massa jenis pada suatu benda memiliki sifat tetap artinya jika ukuran benda diubah maka massa jenisnya masih tetap, hal tersebut disebabkan karena kenaikan massa benda dan kenaikan volume benda diikuti secara linier dengan kenaikan volume atau massa benda (Halliday & Resnick, 1991).

Secara matematis densitas dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dimana :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{densitas (gr/cm}^3\text{)}. \\ m &= \text{massa benda uji (gr)}. \\ V &= \text{volume benda uji (cm}^3\text{)}. \end{aligned}$$

### ii. Sifat Mekanis

Menurut SNI 03-1974-1990 kuat tekan beban beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton, dimana kekuatan tekan beton akan naik secara cepat sampai 28 hari. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton dirumuskan sebagai berikut :

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f_c &= \text{kuat tekan (N/mm}^2\text{)}. \\ P &= \text{beban maksimum (N)}. \\ A &= \text{luas penampang benda uji (mm}^2\text{)}. \end{aligned}$$

## **Faktor Air Semen**

Faktor air semen (*fas*) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Nilai faktor air semen yang rendah akan mempengaruhi dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada faktor air semen optimum untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

## Faktor Air-Foam Agent

Faktor air *foam agent* adalah perbandingan antara volume air dan volume *foam agent*. Dalam pembuatan *foam* yang digunakan dalam proses pembuatan bata ringan bahan yang digunakan adalah *foam agent* dan air.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada dua lokasi yaitu pada *Workshop* PT. BriKKoe Jaya Perkasan Untuk proses pembuatan benda uji sedangkan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana dilakukan pengujian material dan benda uji. Waktu penelitian berlangsung sejak judul penelitian ini disetujui bulan Oktober 2019 sampai bulan Maret 2020. Kegiatan persiapan pengujian bahan dimulai bulan November 2019, dilanjutkan dengan pengolahan data hingga bulan Maret 2020.

Alat-alat yang akan digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut :

- i. Timbangan untuk menimbang pasir dan benda uji, Satu set ayakan yang dilengkapi dengan tutup dan pan serta penggetar untuk pengujian gradasi pasir, Oven untuk menguji kandungan air, Tabung piknometer untuk pengujian berat jenis, Gelas ukur, dan Cawan.
- ii. Cetakan bata ringan yang berukuran (P x L x T) 60 x 10 x 20 cm
- iii. *Conveyor*, sebagai alat pengangkut pasir dan semen ke dalam *mixer concrete*.
- iv. *Mixer concrete*, untuk adukan bata beton
- v. *Foam generator*, sebagai alat penghasil *foam* atau busa.
- vi. *Compressor*, sebagai angin penekan *foam generator*.
- vii. Plat baja yang digunakan sebagai dudukan benda uji, Mesin uji tekan digunakan untuk menguji kuat tekan benda uji.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- i. Semen PCC (Semen Kupang).
- ii. Pasir Takari.
- iii. *Foam Agent* sesuai yang digunakan pada PT. BrikKoe Jaya Perkasa yaitu *foam agent* yang berasal dari PT Gunung Derajat Sejahtera (GF 1420) dan PT BanonCon.
- iv. Air yang digunakan adalah air bersih dari PT. BrikKoe Jaya Perkasa dan Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana.

Tabel 1 Jumlah Benda Uji Menggunakan Foam Agent dari PT. Gunung Derajat Sejahtera

Jenis Pengujian	Kuat Tekan dan Berat Volume			Jumlah Sampel
	P-04-18 ( Variasi 1)	P-04-14 (Variasi 2)	P-04-12 (Variasi 3)	
Variasi faktor air- semen & faktor air- <i>foam</i> <i>agent</i>	P-05-18 ( Variasi 4 )	P-05-14 ( Variasi 5 )	P-05-12 ( Variasi 6 )	
	P-06-18 ( Variasi 7 )	P-06-14 ( Variasi 8 )	P-06-12 ( Variasi 9 )	
	36	36	36	
Total				108

Tabel 2 Jumlah Benda Uji Menggunakan Foam Agent dari PT. BanonCon

Jenis Pengujian	Kuat Tekan dan Berat Volume			Jumlah Sampel
	H-04-18 ( Variasi 10)	H-04-14 ( Variasi 11)	H-04-12 ( Variasi 12)	
Variasi faktor air- semen & faktor air-foam agent	H-05-18 ( Variasi 13 )	H-05-14 ( Variasi 14 )	H-05-12 ( Variasi 15 )	
	H-06-18 ( Variasi 16 )	H-06-14 ( Variasi 17 )	H-06-12 ( Variasi 18 )	
	36	36	36	
Total			108	

Pengujian benda uji dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah benda uji sebanyak 216 yaitu hasil dari pengujian menggunakan dua jenis *foam agent* yang berbeda, dengan rincian masing-masing 12 benda uji untuk setiap variasi jumlah faktor air-semen dan faktor air-*foam agent* untuk jangka waktu perawatan. Pengujian yang dilakukan berupa kuat tekan dan berat volume dengan uraian table 1 dan 2 di atas.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan dua jenis *foam agent* berwarna putih dan hijau, oleh sebab itu untuk penamaan variasinya diawali dengan P atau H. Setelah penamaan P/H ada angka 04 hingga 06 yaitu menandakan variasi faktor air semen (FAS) yang digunakan. variasi faktor air semen 40%, 50%, 60% merupakan berat air yang digunakan yaitu 40%, 50%, 60% dari berat semen yang digunakan. Selanjutnya angka yang digunakan dalam penamaan variasi tersebut yaitu 18, 14 dan 12 menandakan simbol dari variasi *foam agent* 1:80, 1:40 dan 1:20 yang digunakan. Faktor air *foam* 1:80, 1:40 dan 1:20 merupakan perbandingan antara 1 liter *foam agent* terhadap 80, 40 dan 20 liter air yang di gunakan.

## Prosedur Pelaksanaan Penelitian

### Pemeriksaan Bahan

Pemeriksaan Pasir dilakukan di laboratorium sedangkan Pemeriksaan terhadap semen, air dan foam agent dapat dilakukan secara visual dengan mengamati langsung. kehalusan butiran semen tidak boleh menggumpal. Jika terdapat gumpalan semen, maka dilakukan penghancuran sehingga gumpalan semen tersebut benar-benar halus, untuk Air yang digunakan harus bersih, tidak mengandung lumpur dan minyak, serta tidak berwarna sesuai dengan persyaratan air minum. Foam agent yang digunakan harus bening dan tidak berlumut.

### Perencanaan Campuran

Komposisi campuran semen, pasir, foam agent dan air yang digunakan pada penelitian ini menyamai Standard Operation Procedure (SOP) produksi Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete (CLC) PT. BriKKoe Jaya Perkasa, Adapun komposisi bahan untuk dua belas sampel adalah sebagai berikut:

- i. Pasir : 69,36 kg
- ii. Semen : 51,96 kg
- iii. Air : 37,56 liter
- iv. Foam agent : 0,144 liter (0,144 liter foam agent dibuat busa dengan 5,76 liter air)

### Pembuatan Benda Uji dan Pengujian Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji, antara lain :

- i. Bahan-bahan yang sudah disiapkan seperti agregat, semen dan air ditimbang dan diukur berdasarkan komposisi yang diperlukan untuk memproduksi bata ringan CLC.
- ii. Bahan-bahan yang telah disiapkan tadi dimasukkan secara bertahap ke dalam *mix concrete* mulai dari air, kemudian pasir dan semen dimasukkan ke dalamnya sampai campuran merata.
- iii. Setelah campuran merata, busa hasil campuran *foam agent* dan air dimasukkan ke dalam *mix concrete* melalui selang *outlet* yang dihubungkan dengan *foam generator*.
- iv. Setelah bahan campuran merata, campuran tersebut dituang ke dalam bekisting yang telah disiapkan dan permukaan campuran bata tersebut diratakan dan dibiarkan mengeras secara alami selama  $\pm 48$  jam.

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan bata ringan dengan tahapan sebagai berikut :

- i. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- ii. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan.
- iii. Lakukan pembebanan sampai bata ringan menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

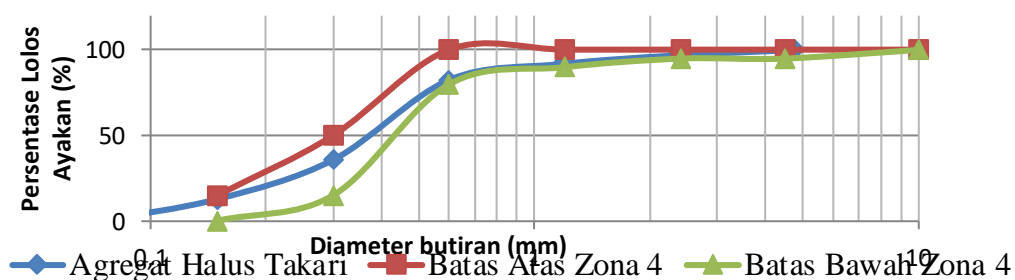
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pengujian berat jenis dan penyerapan pasir dilakukan sesuai SNI 03-1970-1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Serapan Air Agregat Halus. Berdasarkan pengujian untuk berat jenis kering permukaan (SSD) diperoleh 2,611, maka pasir Takari yang digunakan memenuhi syarat dalam golongan agregat normal yang memiliki berat jenis antara 2,5-2,7, sehingga pasir dapat digunakan untuk beton normal.

### Hasil Pengujian Gradasi Butiran Agregat

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1968-1990 tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Hasil dari pengujian gradasi pasir dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1 Grafik Uji Gradasi Pasir Takari

Dari hasil Analisa saringan gradasi butiran, pasir Takari termasuk dalam zona IV yaitu golongan pasir halus. Modulus kehalusan pasir Takari berdasarkan pengujian adalah sebesar 1,806

### Hasil Pengujian Kadar Air Agregat

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-1970-1990 tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Pengujian dilakukan dengan membuat 2 sampel uji dan diperoleh nilai kadar air pasir Takari sebesar 3,104%

## Hasil Pengujian Kadar Lumpur Agregat

Pengujian ini dilakukan sesuai SNI 13-6669-2002 tentang Penentuan Kadar Lempung Bahan Pasir. berdasarkan SK SNI S-04-1989 F adalah sebesar 5%. Hasil dari pengujian ini diperoleh kadar lumpur dari pada pasir Takari tersebut adalah 4,800%, maka pasir Takari memenuhi syarat untuk dapat digunakan tanpa melakukan pencucian, berikut rekapan hasil peemeriksaan terhadap agregat seperti terlihat dalam Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Rekapan Pemeriksaan Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Parameter	Syarat	Hasil	Ket.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Berat jenis dan penyerapan pasir	Berat jenis kering permukaan (SSD)	2,5-2,7 (SNI 03-2834-2002)	2,611	Lampiran 1
		Penyerapan	-	2,672	
2	Analisis saringan	Modulus kehalusan butiran	1,5-3,8 (SK SNI S-04-1989-F)	1,806 (Zona IV)	Lampiran 2
3	Kadar Air (%)	Kadar air	-	3,104	Lampiran 3
4	Kadar lumpur (%)	Kadar lumpur	$\leq 5$ % (PBI-1971)	4,800	Lampiran 4

## Hasil Pengujian Berat Volume dan Kuat Tekan Pada Bata Ringan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC)

### Hasil pengujian berat volume (densitas)

Untuk mencari nilai densitas bata ringan CLC dihitung dengan menggunakan persamaan 1. Hasil perhitungan densitasnya seperti yang ditampilkan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4 Rekapan Hasil Pengujian Densitas Rata-rata Bata Ringan CLC

No	Variasi	Spesimen		Berat Volume Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )	
		Variasi FAS	Variasi FAF	Foam Putih (P)	Foam Hijau (H)
1	P/H-04-18	40%	1:80	0,919	1,197
2	P/H-04-14		1:40	0,988	1,176
3	P/H-04-12		1:20	1,036	0,947
4	P/H-05-18	50%	1:80	1,142	1,279
5	P/H-05-14		1:40	1,227	1,148
6	P/H-05-12		1:20	0,851	0,899
7	P/H-06-18	60%	1:80	1,148	1,137
8	P/H-06-14		1:40	1,138	1,019
9	P/H-06-12		1:20	0,966	0,768

### Hasil pengujian kuat tekan

Untuk perhitungan nilai kuat tekan bata ringan CLC dengan menggunakan variasi faktor air semen terhadap variasi faktor air *foam agent* sesuai dengan persamaan 2 Hasil perhitungan pengujian kuat tekan dapat ditampilkan pada Tabel 5 berikut :

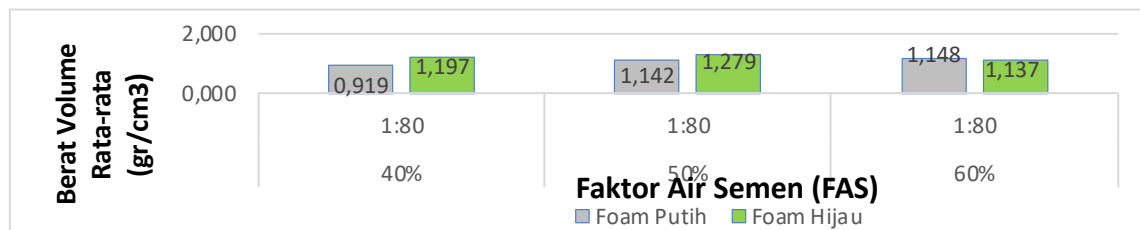
Table 5 Rekap Hasil Pengujian Kuat Tekan Rata-rata Bata Ringan CLC

No	Variasi	Spesimen		Kuat Tekan Rata-Rata (gr/cm <sup>3</sup> )	
		Variasi FAS	Variasi FAF	Foam Putih (P)	Foam Hijau (H)
1	P/H-04-18		1:80	0,992	2,461
2	P/H-04-14	40%	1:40	0,71	2,264
3	P/H-04-12		1:20	1,388	1,19
4	P/H-05-18		1:80	1,473	2,518
5	P/H-05-14	50%	1:40	2,235	2,038
6	P/H-05-12		1:20	0,823	0,879
7	P/H-06-18		1:80	1,868	2,207
8	P/H-06-14	60%	1:40	1,67	1,586
9	P/H-06-12		1:20	1,134	0,795

### Pembahasan Hasil Penelitian

#### Hubungan faktor-air semen (FAS) terhadap berat volume (densitas) bata ringan CLC

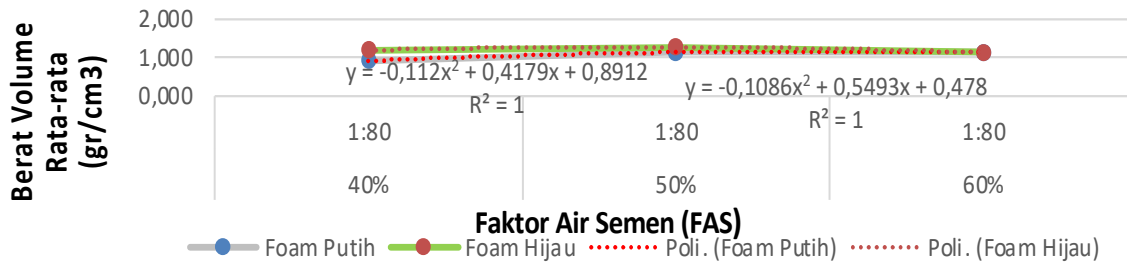
Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bata ringan CLC pada tabel 5, maka dibuat Gambar grafik ini menunjukkan perubahan kuat tekan bata ringan CLC antara variasi faktor air semen (FAS) terhadap faktor air foam agent (FAF) 1:80



Gambar 2 Grafik Berat Volume (densitas) Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Semen (FAS) terhadap Faktor Air Foam Agent 1: 80

Pada Gambar 2 Nilai berat volume (densitas) rata-rata bata ringan CLC dengan menggunakan variasi faktor air foam 1:80 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 0,919 gr/cm<sup>3</sup>, 1,142 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,148 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 1,197 gr/cm<sup>3</sup>, 1,279 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,137 gr/cm<sup>3</sup>. Ada juga variasi faktor air foam 1:40 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 0,988 gr/cm<sup>3</sup>, 1,227 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,138 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 1,176 gr/cm<sup>3</sup>, 1,148 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,019 gr/cm<sup>3</sup>. Kemudian variasi faktor air foam 1:20 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 1,036 gr/cm<sup>3</sup>, 0,851 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,966 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 0,947 gr/cm<sup>3</sup>, 0,899 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,768 gr/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian Nilai berat volume dalam ketiga tren ini sangat dipengaruhi oleh faktor air semen yang digunakan. Perubahan nilai densitas bata ringan CLC untuk setiap variasi faktor air semen (FAS) terhadap masing-masing variasi faktor air foam (FAF), secara matematis dapat dijelaskan persamaan-persamaan berikut :

i. Rumusan persamaan terhadap faktor air foam agent 1: 80



Gambar 3 Grafik Perubahan Berat Volume (densitas) Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Semen (FAS) terhadap Faktor Air Foam Agent 1: 80

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada foam berwarna putih adalah  $\rho = -0.1086[FAS]^2 + 0.5493[FAS] + 0.478$  dan pada foam hijau adalah  $\rho = -0.112[FAS]^2 + 0.4179[FAS] + 0.8912$ .

ii. Rumusan persamaan terhadap faktor air foam agent 1: 40

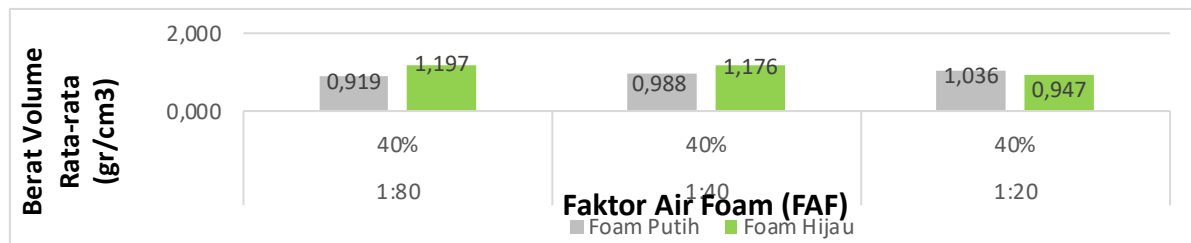
Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada foam berwarna putih adalah  $\rho = -0.1647[FAS]^2 + 0.7336[FAS] + 0.4189$  dan pada foam hijau adalah  $\rho = -0.0503[FAS]^2 + 0.1229[FAS] + 1.1031$ .

iii. Rumusan persamaan terhadap variasi faktor air foam agent 1: 20

Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada foam berwarna putih adalah  $\rho = 0.15[FAS]^2 - 0.635 [FAS] + 1.5209$  dan pada foam hijau  $\rho = -0.041[FAS]^2 + 0.0746[FAS] + 0.9133$ .

**Hubungan faktor-air foam agent (FAF) terhadap berat volume (densitas) bata ringan CLC**

Berdasarkan hasil pengujian berat volume (densitas) bata ringan CLC pada Tabel 4, dibuat Grafik yang ditampilkan pada Gambar 4 yang menunjukkan perubahan berat volume (densitas) bata ringan CLC antara variasi faktor air semen (FAS) terhadap faktor air foam agent 40%

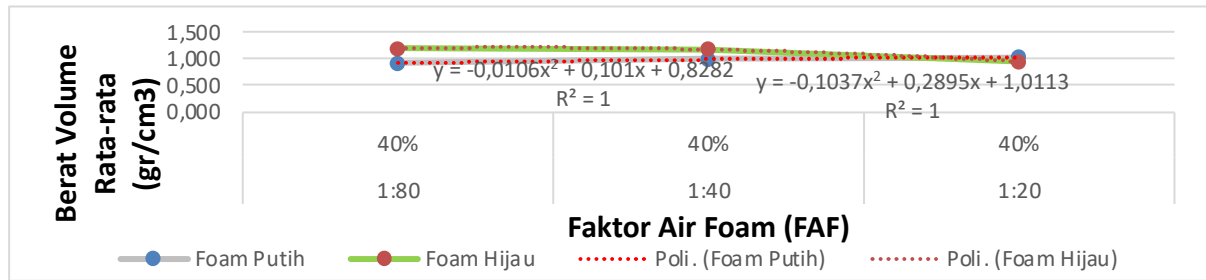


Gambar 4 Grafik Perubahan Berat Volume (densitas) Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Foam (FAF) terhadap Faktor Air Semen 40%

Pada Gambar 4 di atas, Nilai berat volume (densitas) rata-rata bata ringan CLC dengan menggunakan variasi faktor air semen 40% terhadap masing-masing faktor air foam (FAF) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 0,919 gr/cm<sup>3</sup>, 0,988 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,036 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 1,197 gr/cm<sup>3</sup>, 1,176 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,947 gr/cm<sup>3</sup>. Ada juga variasi faktor air semen 50% terhadap masing-masing faktor air foam (FAF) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 1,142gr/cm<sup>3</sup>, 1,227 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,851gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 1,279 gr/cm<sup>3</sup>, 1,148 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,899 gr/cm<sup>3</sup>, kemudian variasi faktor air semen 60% terhadap masing-masing faktor air foam (FAF) menggunakan foam agent berwarna putih berturut-turut sebesar 1,148 gr/cm<sup>3</sup>, 1,138 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,966 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan menggunakan foam agent berwarna hijau sebesar 1,137 gr/cm<sup>3</sup>, 1,019 gr/cm<sup>3</sup> dan 0,768 gr/cm<sup>3</sup>. Perubahan nilai densitas

bata ringan CLC untuk tiap variasi faktor air *foam agernt* (*faf*) terhadap variasi faktor air semen (FAS), secara matematis dapat dirumuskan dalam persamaan dan gambar berikut:

i. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 40%.



Gambar 5 Grafik Perubahan Berat Volume (densitas) Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Foam (FAF) terhadap Faktor Air Semen (FAS) 40%

Adapun persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada foam berwarna putih yang dihasilkan adalah  $\rho = -0.0106[FAF]^2 + 0.101[FAF] + 0.8282$  dan pada foam hijau  $\rho = -0.1037[FAF]^2 + 0.2895[FAF] + 1.0113$ .

ii. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 50%.

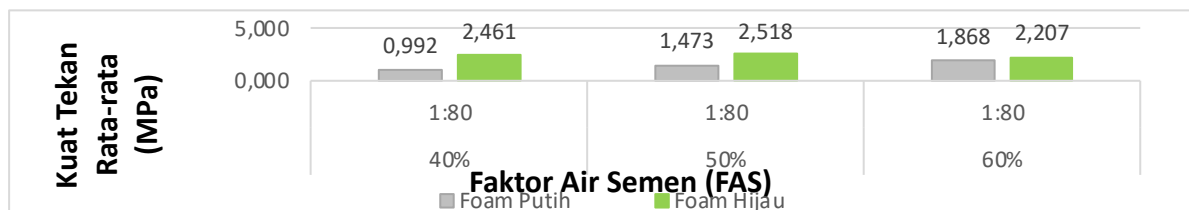
Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada *foam* berwarna putih adalah  $\rho = -0.2309[FAF]^2 + 0.7781[FAF] + 0.5949$  dan pada foam hijau  $\rho = -0.0589[FAF]^2 + 0.0453[FAF] + 1.2927$ .

iii. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 60%.

Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada foam berwarna putih adalah  $\rho = -0.0805[FAF]^2 + 0.2308[FAF] + 0.998$  dan pada foam hijau  $\rho = -0.0665[FAF]^2 + 0.0818[FAF] + 1.1218$ .

### Hubungan faktor-air semen (FAS) terhadap kuat tekan bata ringan CLC

Berdasarkan hasil pengujian berat volume (densitas) bata ringan CLC pada Tabel 4, dibuat Grafik yang ditampilkan pada Gambar 6 yang menunjukkan perubahan berat volume (densitas) bata ringan CLC antara variasi faktor air semen (FAS) terhadap faktor air *foam agent*

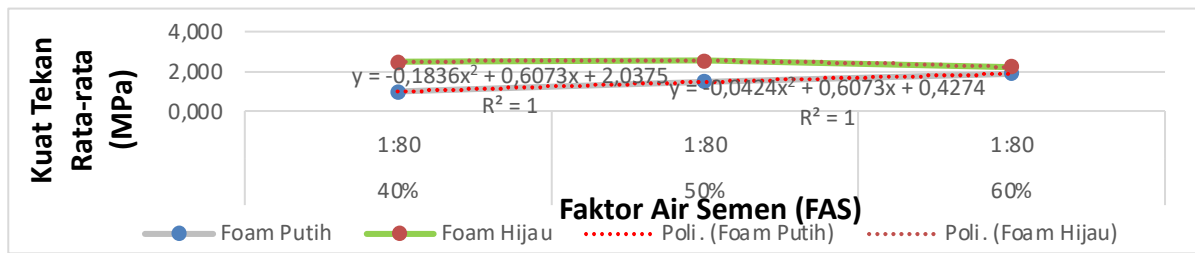


Gambar 6 Grafik Kuat Tekan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Semen (FAS) terhadap Faktor Air Foam Agent 1: 80

Pada Gambar 6 di atas, Nilai kuat tekan rata-rata bata ringan CLC dengan menggunakan variasi faktor air *foam* 1:80 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 0,992 MPa, 1,473 MPa dan 1,868 MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 2,461 MPa, 2,518 MPa dan 2,207 MPa. Ada juga di atas menggunakan variasi faktor air *foam* 1:40 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 0,710 MPa, 2,235 MPa dan 1,670 MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 2,264 MPa, 2,038 MPa dan 1,586 MPa. Kemudian variasi faktor air *foam* 1:20 terhadap masing-masing faktor air semen (FAS) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 1,388 MPa, 0,823 MPa dan 1,134 MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 1,190 MPa,

0,879 MPa dan 0,795 MPa. Perubahan nilai kuat tekan bata ringan CLC untuk setiap variasi faktor air semen (FAS) terhadap masing-masing variasi faktor air *foam agent* (FAF), secara matematis dapat dijelaskan persamaan-persamaan pada gambar di bawah ini:

- i. Rumusan persamaan) terhadap faktor air *foam agent* 1: 80



Gambar 6 Grafik Perubahan Kuat Tekan Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Semen (FAS) terhadap Faktor Air Foam Agent 1: 80

Persamaan *polynomial* orde dua yang dihasilkan untuk berat volume rata-rata pada *foam* berwarna putih adalah  $fc' = -0.0424[FAS]^2 + 0.6073[FAS] + 0.4274$  dan pada *foam* hijau adalah  $fc' = -0.1836[FAS]^2 + 0.6073[FAS] + 2.0375$ .

- ii. Rumusan persamaan terhadap faktor air *foam agent* 1: 40

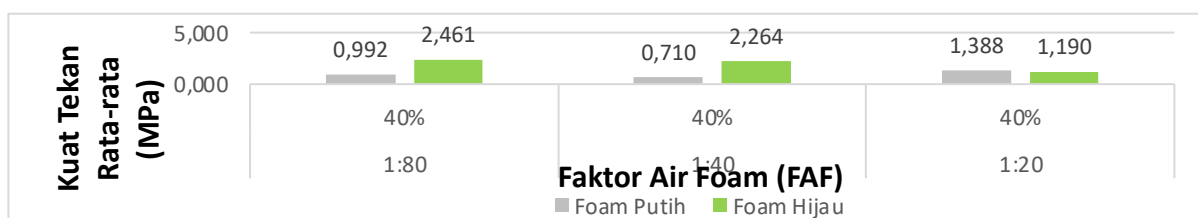
Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada *foam agent* berwarna putih adalah  $fc' = -1.0452[FAS]^2 + 4.661[FAS] - 2.906$  dan pada *foam agent* hijau adalah  $fc' = -0.113[FAS]^2 + 0.113[FAS] + 2.2635$ .

- iii. Rumusan persamaan terhadap faktor air *foam agent* 1: 20

Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada *foam agent* berwarna putih adalah  $fc' = 0.4379[FAS]^2 - 1.8785[FAS] + 2.8285$  dan pada *foam agent* hijau adalah  $fc' = 0.113[FAS]^2 - 0.6497[FAS] + 1.7268$ .

### Hubungan faktor-air *foam agent* (FAF) terhadap kuat tekan bata ringan CLC

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bata ringan CLC pada Tabel 5, dibuat Grafik yang ditampilkan pada 7 yang menunjukkan perubahan berat volume (densitas) bata ringan CLC antara variasi faktor air semen (FAS) terhadap faktor air *foam agent*

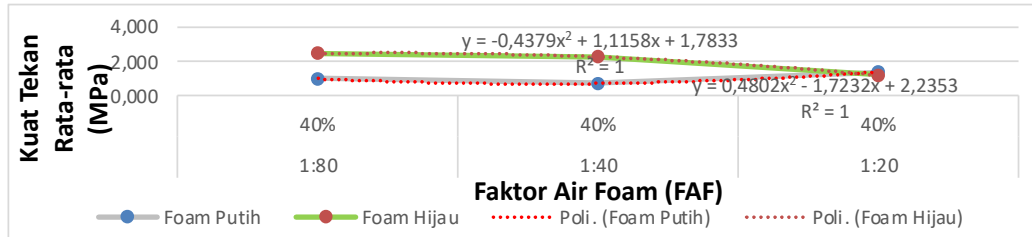


Gambar 7 Grafik Kuat Tekan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Foam (FAF) terhadap Variasi Faktor Air Semen 40%

Pada Gambar 7 di atas, Nilai kuat tekan rata-rata bata ringan CLC dengan menggunakan variasi faktor air semen 40% terhadap masing-masing faktor air *foam* (FAF) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 0,992 MPa, 0,710 MPa dan 1,388 MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 2,461 MPa, 2,264 MPa dan 1,190 MPa. Pada ada juga di variasi faktor air semen 50% terhadap masing-masing faktor air *foam* (FAF) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 1,473 MPa, 2,235 MPa dan 0,823MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 2,518 MPa, 2,038 MPa dan 0,879 MPa. Kemudian variasi faktor air semen 60% terhadap masing-masing faktor air *foam* (FAF) menggunakan *foam agent* berwarna putih berturut-turut sebesar 1,868 MPa, 1,670 MPa dan 1,134 MPa. Sedangkan menggunakan *foam agent* berwarna hijau sebesar 2,207 MPa, 1,586

MPa dan 0,795 MPa. Secara umum dari ketiga variasi hubungan faktor air *foam agent* terhadap kuat tekan menghasilkan tren yang berbeda. Kuat tekan yang dihasilkan sangat beragam disebabkan oleh variasi faktor air *foam agent*. Perubahan nilai kuat tekan bata ringan CLC untuk setiap variasi faktor air *foam agernt* (FAF) terhadap masing-masing variasi faktor air semen (FAS), secara matematis dapat dirumuskan dalam persamaan dan gambar di bawah ini :

- i. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 40%.



Gambar 8 Grafik Perubahan Kuat Tekan Bata Ringan CLC untuk Setiap Variasi Faktor Air Foam (FAF) terhadap Faktor Air Semen 40%

Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 8 di atas pada *foam* berwarna putih adalah  $fc' = 0.4802[FAF]^2 - 1.7232[FAF] + 2.2353$  dan pada *foam* hijau adalah  $fc' = -0.4379[FAF]^2 + 1.1158[FAF] + 1.7833$ .

- ii. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 50%.

Persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata pada *foam* berwarna putih adalah  $fc' = -1.0876[FAF]^2 + 4.0254[FAF] - 1.4653$  dan pada *foam* hijau adalah  $fc' = -0.339[FAF]^2 + 0.5367[FAF] + 2.32$ .

- iii. Rumusan persamaan terhadap faktor air semen 60%.

Adapun persamaan *polynomial* orde dua untuk berat volume rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 25 di atas pada *foam* berwarna putih adalah  $fc' = -0.1695[FAF]^2 + 0.3107[FAF] + 1.7268$  dan pada *foam* hijau adalah  $fc' = -0.0847[FAF]^2 - 0.3672[FAF] + 2.659$ .

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara Faktor Air Semen (FAS) terhadap berat volume (densitas) bata ringan CLC antara lain dinyatakan dalam persamaan berikut:
  - a. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air foam 1:80 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = -0.1086[FAS]^2 + 0.5493[FAS] + 0.478$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $\rho = -0.112[FAS]^2 + 0.4179[FAS] + 0.8912$ .
  - b. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air foam 1:40 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = -0.1647[FAS]^2 + 0.7336[FAS] + 0.4189$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $\rho = -0.0503[FAS]^2 + 0.1229[FAS] + 1.1031$ .
  - c. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air foam 1:20 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = 0.15[FAS]^2 - 0.635 [FAS] + 1.5209$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $\rho = -0.041[FAS]^2 + 0.0746[FAS] + 0.9133$ .
2. Hubungan antara Faktor Air Foam (FAF) terhadap berat volume (densitas) bata ringan CLC antara lain dinyatakan dalam persamaan berikut:
  - a. Persamaan masing-masing variasi faktor air *foam* terhadap faktor air semen 40% pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = -0.0106[FAF]^2 + 0.101[FAF] + 0.8282$  dan pada *foam* hijau  $\rho = -0.1037[FAF]^2 + 0.2895[FAF] + 1.0113$ .

- b. Persamaan masing-masing variasi faktor air *foam* terhadap faktor air semen 50% pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = -0.2309[\text{FAF}]^2 + 0.7781[\text{FAF}] + 0.5949$  dan pada *foam* hijau  $\rho = -0.0589[\text{FAF}]^2 + 0.0453[\text{FAF}] + 1.2927$ .
  - c. Persamaan masing-masing variasi faktor air *foam* terhadap faktor air semen 60% pada *foam agent* berwarna putih adalah  $\rho = -0.0805[\text{FAF}]^2 + 0.2308[\text{FAF}] + 0.998$  dan pada *foam* hijau  $\rho = -0.0665[\text{FAF}]^2 + 0.0818[\text{FAF}] + 1.1218$ .
3. Hubungan antara Faktor Air Semen (FAS) terhadap kuat tekan bata ringan CLC antara lain dinyatakan dalam persamaan berikut:
    - a. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air *foam* 1:80 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $fc' = -0.0424[\text{FAS}]^2 + 0.6073[\text{FAS}] + 0.4274$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $fc' = -0.1836[\text{FAS}]^2 + 0.6073[\text{FAS}] + 2.0375$ .
    - b. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air *foam* 1:40 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $fc' = -1.0452[\text{FAS}]^2 + 4.661[\text{FAS}] - 2.906$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $fc' = -0.113[\text{FAS}]^2 + 0.113[\text{FAS}] + 2.2635$ .
    - c. Persamaan masing-masing variasi faktor air semen terhadap faktor air *foam* 1:20 pada *foam agent* berwarna putih adalah  $fc' = 0.4379[\text{FAS}]^2 - 1.8785[\text{FAS}] + 2.8285$  dan pada *foam agent* berwarna hijau adalah  $fc' = 0.113[\text{FAS}]^2 - 0.6497[\text{FAS}] + 1.7268$ .
  4. Hubungan antara Faktor Air *Foam* (FAF) terhadap kuat tekan bata ringan CLC antara lain dinyatakan dalam persamaan berikut:
    - a. Persamaan masing-masing variasi faktor air foam terhadap faktor air semen 40% pada foam agent berwarna putih adalah  $fc' = 0.4802[\text{FAF}]^2 - 1.7232[\text{FAF}] + 2.2353$  dan pada foam agent berwarna hijau adalah  $fc' = -0.4379[\text{FAF}]^2 + 1.1158[\text{FAF}] + 1.7833$ .
    - b. Persamaan masing-masing variasi faktor air foam terhadap faktor air semen 50% pada foam agent berwarna putih adalah  $fc' = -1.0876[\text{FAF}]^2 + 4.0254[\text{FAF}] - 1.4653$  dan pada foam agent berwarna hijau adalah  $fc' = -0.339[\text{FAF}]^2 + 0.5367[\text{FAF}] + 2.32$ .
    - c. Persamaan masing-masing variasi faktor air foam terhadap faktor air semen 60% pada foam agent berwarna putih adalah  $fc' = -0.1695[\text{FAF}]^2 + 0.3107[\text{FAF}] + 1.7268$  dan pada foam agent berwarna hijau adalah  $fc' = -0.0847[\text{FAF}]^2 - 0.3672[\text{FAF}] + 2.659$ .
  5. Berdasarkan persamaan di atas, maka dapat dituliskan: Variasi dengan nilai berat volume (densitas) terkecil pada setiap variasi faktor air foam (FAF) yaitu terdapat pada faktor air foam agent 1:20, baik pada variasi foam agent berwarna putih (terhadap FAS 50%) dengan besar nilai densitas 0,851 gr/cm<sup>3</sup> maupun foam agent berwarna hijau (terhadap FAS 60%) dengan besar nilai densitas 0,768 gr/cm<sup>3</sup>.
  6. Perhitungan nilai mutu terbaik bata ringan CLC terdapat pada variasi faktor air semen 50%, baik pada penggunaan *foam agent* berwarna putih maupun *foam agent* berwarna hijau. Hal ini dikarenakan variasi faktor air semen 50% memiliki kinerja yang paling baik dalam hal kekuatan dibandingkan dengan variasi lainnya

## Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990a). SNI 03-1974-1990. Metode Pengujian Kuat Tekan. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 13-6669-2002. Penentuan Kadar Lempung Bahan Pasir. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). Semen Portland Komposit.

- Badan Standardisasi Nasional. (2004a). SNI 15-7064-2004. Semen Portland Komposit. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990b). SNI 03-1970-1990. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (1990c). SNI 03-1971-1990. Metode Pengujian Kadar Air Agregat. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002a). SNI 03-3449-2002. Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Halliday, & Resnik. (1991). Fisika Jilid I (Terjemahan). Jakarta: Erlangga.
- Hardianto, R. (2018). Studi Eksperimental Pembuatan Bata Ringan Foam Agent (Busa) dengan Variasi Pemakaian Air. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Karijanto, M., Wijay, A., & Sugiharto, H. (2013). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Perkat Bata Ringan. *Dimensi Pratama Teknik Sipil* 2(2), 1-8.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beto*. Yogyakarta: Andi.
- Nugraha, P., & Antoni. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.
- PBI-1971/NI-2, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI-1971). (1971). Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Peni, A., & Nggaba, D. (2019). Laporan Kerja Praktek Pembangunan Gedung Sekolah ENGLISH FIRST (EF). Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Sinlae, A. (2016). Pengaruh Variasi Ukuran Diameter Pipa Outlet Pada Foam Generator Terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air Bata Ringan Jenis CLC (Cellular Lightweight Concrete). Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Syarifuddin, R., & Kellen, M. (2016). Kerja Praktek Pembangunan Sekolah Dian Harapan di Kota Kupang. Kupang: Universitas Nusa Cendana.
- Tansajaya, A., & Nadia, K. (2008). Studi Pembuatan Cellular Lightweight Concrete (CLC) dengan Menggunakan Beberapa Foaming Agent. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Tjokrodimulyo, K. (2007). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.