

**PERBANDINGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BATA
RINGAN DENGAN BAHAN PENGEMBANG KATALIS DAN
FOAM AGENT**

***Comparison Of Physical And Mechanical Properties Of Lightweight
Bricks Using Catalyst And Foam Agent As Expansion Materials***

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**MOKHAMAD FAIZIN
F1A 118 056**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2023**

ARTIKEL ILMIAH
**PERBANDINGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BATA
RINGAN DENGAN BAHAN PENGEMBANG KATALIS DAN
FOAM AGENT**

Oleh :

Mokhamad Faizin

F1A118056

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

1. Pembimbing Utama



Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng), Dr. Eng.
NIP. 197310271998021001

Tanggal : 2 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



Dr. Ngudiyono, ST., MT.
NIP. 197405051999031003

Tanggal :

Mataram, Juli 2023
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng), Dr. Eng.
NIP. 197310271998021001

ARTIKEL ILMIAH
PERBANDINGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BATA RINGAN DENGAN BAHAN PENGEMBANG KATALIS DAN FOAM AGENT

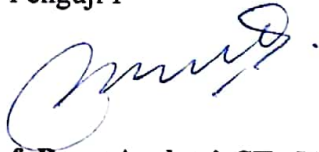
Oleh :

Mokhamad Faizin
F1A118056

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
pada tanggal 18 Juli 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



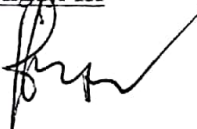
Prof. Buan Anshari, ST., MSc(Eng), Ph.D. Tanggal:
NIP. 197107031998021001

2. Penguji II



Aryani Rofaida, ST., MT. Tanggal:
NIP. 196607291994032001

3. Penguji III



I Wayan Sugiarta, ST., MT. Tanggal:
NIP. 196906201997021001

Mataram, Juli 2023
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D
NIP. 197202221999031002

PERBANDINGAN SIFAT FISIK DAN MEKANIK PADA BATA RINGAN DENGAN BAHAN PENGEMBANG KATALIS DAN *FOAM AGENT*

Mokhamad Faizin¹, Hariyadi², Ngudiyono²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

ABSTRAK

Bata ringan merupakan jenis bata berpori dan memiliki berat isi yang lebih ringan daripada bata konvensional. Dalam penelitian ini, fokus pada penggunaan dua jenis bahan pengembang, yaitu *foam agent* dan katalis, untuk pembuatan bata ringan. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui persentase bahan pengembang katalis dan *foam agent* agar bata ringan dapat memenuhi persyaratan standar SNI 8640:2018 dan untuk mengetahui perbedaan sifat fisik dan mekanik bata ringan yang dibuat dengan *foam agent* dan katalis meliputi berat isi, uji serap air, susut pengeringan dan kuat tekan. Metode penelitian menggunakan metode eksperimen dengan dukungan studi literatur, pemeriksaan bahan, dan pengujian benda uji. Variasi katalis yang digunakan adalah 2%, 3%, dan 4%, sedangkan variasi *foam agent* adalah 0,3%, 0,4%, dan 0,5% dari berat semen. Pengujian meliputi uji kuat tekan, susut pengeringan, berat isi, dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan variasi katalis 2%, 3%, dan *foam agent* 0,3% telah memenuhi standar SNI 8640:2018. Pada variasi katalis 2% dan *foam agent* 0,3%, kuat tekan yang diperoleh adalah 2,5 MPa dan 2 MPa, susut pengeringan 0,0143% dan 0,0160%, berat isi kering 904,42 kg/m³ dan 705,67 kg/m³, serta daya serap air 18,85% dan 21,35%. Variasi katalis 2%, 3%, dan *foam agent* 0,3% termasuk kategori bata ringan kelas IIA berdasarkan kuat tekan, susut pengeringan, dan daya serap air. Secara keseluruhan, *foam agent* 0,3% menghasilkan bata ringan yang sedikit lebih baik dibandingkan katalis. Hal ini dibuktikan dari nilai Strength-Weight Ratio yang sedikit lebih baik pada *foam agent* daripada katalis.

Kata kunci : Bata ringan, *foam agent*, katalis, berat isi, dan, kuat tekan.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bata ringan merupakan bata berpori yang memiliki nilai berat isi kering lebih ringan daripada bata pada umumnya. Berat isi keringnya antara 400-1400 kg/m³ dengan kekuatannya tergantung pada komposisi campuran (mix design).

Bata ringan memiliki beberapa jenis yang dibedakan oleh cara dan bahan pembuatannya, seperti *Celullar Lightweight Concrete* (CLC), dan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC), yang dimana bata ringan *Celullar Lightweight Concrete* (CLC) dibuat dari campuran semen, agregat, air, dan foam agent, yang lalu dikeringkan secara konvensional, pada prosesnya bata ringan CLC menggunakan busa organik/ *foam* yang kurang stabil serta tidak terdapat reaksi kimia waktu proses pencampuran campuran, foam/ busa berfungsi hanya sebagai media buat membungkus udara. Bata ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) adalah beton seluler dimana gelembung udara yang terdapat diakibatkan oleh reaksi kimia, adonan AAC biasanya terdiri dari pasir kwarsa, semen, kapur, sedikit gypsum, air, serta aluminium pasta sebagai bahan pengembang (udara secara kimiawi).

Terdapat juga beberapa bahan pengembang bata ringan yang belum banyak diketahui oleh banyak orang salah satunya yaitu bata ringan yang berbahan katalis, yang dimana reaksi kimia terjadi yang diakibatkan oleh katalis sebagai bahan pengembangan setelah 3 jam di diamkan. Katalis ini akan bereaksi dengan bahan aktivator dalam adonan yang akan membuat bata ringan mengembang dikarenakan terisi hidrogen sebagai rongga udara dalam bata ringan sehingga volume bata ringan akan bertambah. Katalis mempunyai cara kerja yang hampir sama dengan bata ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) yang menggunakan Aluminium pasta sebagai bahan pengembangnya secara kimiawi tetapi

menggunakan alat *autoclave* sebagai proses pengembangan. Namun bata ringan dengan menggunakan katalis dapat mengembang secara konvensional.

Meskipun kedua bata ringan telah digunakan dalam konstruksi, pemahaman yang mendalam tentang perbandingan kualitas antara penggunaan *foam agent* dan katalis masih terbatas. Informasi yang terkait dengan sifat fisik dan mekanik dari bata ringan yang dihasilkan menggunakan kedua bahan pengembang ini masih perlu diteliti lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas hasil bata ringan dari kedua bahan tersebut secara eksperimental. sehingga penulis ingin mencoba membandingkan kualitas hasil bata ringan dari kedua bahan tersebut secara eksperimental dengan judul penelitian “**Perbandingan Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Bata Ringan Dengan Bahan Pengembang Katalis Dan Foam Agent**”.

1.2. Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui persentase penggunaan bahan pengembang katalis dan foam agent agar bata ringan dapat memenuhi persyaratan standar SNI 8640:2018.
- b. Untuk mengetahui perbedaan sifat fisik dan mekanik bata ringan yang dibuat dengan *foam agent* dan katalis (pengembang) meliputi berat isi, uji serap air, susut pengeringan dan kuat tekan.

1.3. Batasan Masalah

- a. Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Mataram.
- b. Pembuatan bata ringan dilakukan secara manual dengan menggunakan alat pengaduk bor tangan, dan ember dengan volume 24 liter.

- c. Agregat halus yang digunakan memiliki ukuran butiran $< 4,75$ mm, serta memiliki kadar lumpur $< 5\%$.
- d. Semen yang digunakan pada penelitian yaitu PCC (*Portland Composite Cement*) merk Tiga Roda.
- e. Produk katalis menggunakan merk Bataris dan *foam agent* menggunakan merk Edema.
- f. Agregat pasir menggunakan pasir lokal.
- g. Sampel uji dibuat sebanyak 3 buah per variasi penambahan katalis dan *foam agent* dengan persentase katalis 2%, 3%, 4%, dan persentase *foam agent* 0.3%, 0.4%, 0.5% dari berat semen.
- h. Sifat mekanik yang dimaksud adalah kuat tekan, sedangkan sifat fisik yang dimaksud adalah penyerapan air, susut kering, dan berat isi.
- i. Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari tanpa memperhitungkan jangka waktu ketahanan bata ringan.

II. DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Terdapat beberapa penelitian yang relevan dalam konteks ini. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hamidi dan Sari (2019) melakukan *mix design* terhadap bata ringan berbahan katalis dan menganalisis jumlah takaran material yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, penggunaan bahan tambah aktivator dan katalis diharapkan dapat menghemat penggunaan material secara keseluruhan sebesar hampir 15%. Selain itu, penggunaan katalis sebagai bahan tambah juga memberikan nilai kuat tekan yang memenuhi persyaratan pada bata ringan.

Penelitian lainnya oleh Modestus, dkk (2017) menggunakan lima variasi dalam pembuatan bata ringan *foam*. Pengujian menunjukkan bahwa semua variasi memiliki hasil *slump test* dan *slump flow* di atas 10, menandakan kekentalan yang baik. Variasi V3 dan V4 menunjukkan porositas antara 27,54% hingga 30,33% untuk bata beton

ringan *foam* dan 21,73% untuk bata biasa (mortar), serta berbagai nilai permeabilitas dan konduktivitas termal. Bata beton ringan *foam* memiliki kuat tekan rata-rata antara 0,41 hingga 1,32 MPa, sementara variasi V1 (bata tanpa *foam*) menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 0,59 MPa. Variasi V4 direkomendasikan untuk pembuatan bata ringan *foam*.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Setyowati (2019) fokus pada pengaruh penambahan *foam agent* dalam pembuatan bata ringan dengan menggunakan batu kapur Pegunungan Kendeng. Penelitian ini melihat pengaruhnya terhadap kuat tekan, berat volume, dan daya serap air bata ringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penambahan *foam agent* antara 0,3% hingga 1% menghasilkan produk bata ringan yang memenuhi persyaratan kuat tekan, berat volume, dan daya serap air untuk bata ringan CLC.

Selain itu, Hamidi dan Sari (2019) juga melakukan penelitian terhadap bata ringan ULC menggunakan material semen, pasir pasang, gypsum, dan air. Dalam penelitian ini menguji tiga jenis persentase penggunaan katalis, yaitu 0,5%, 0,6%, dan 0,7% dari berat volume. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase penggunaan katalis sebesar 0,5% menghasilkan kuat tekan yang paling optimal, yaitu 0,64 MPa.

Terakhir, penelitian Utomo, dkk. (2016) bertujuan untuk menemukan komposisi optimum dan pengaruh penggunaan *catalyst*, monomer, dan *fly ash* sebagai material penyusun beton ringan selular (*cellular lightweight concrete*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan monomer dan *fly ash* meningkatkan kuat tekan benda uji dan mengurangi penyerapan air. Hasil kuat tekan dan penyerapan air benda uji memenuhi standar SNI 03-0349-1989 dan ASTM C 869, sehingga beton ringan selular ini dapat diaplikasikan untuk pembuatan bata ringan CLC.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Bata Ringan

Menurut SNI 8460-2018 bata ringan merupakan suatu jenis unsur bangunan blok bata dengan bentuk prisma siku dengan ukuran lebih besar dari bata merah yang memiliki berat isi yang lebih rendah dari bahan bangunan beton ataupun bata beton pada umumnya, yang memiliki berat isi kering antara 400 – 1400 kg/m³. Selain ringan, bata ringan memiliki keunggulan lain, misalnya dapat menahan beban berat, tingkat insulasi suhu dan suara yang tinggi, tahan lama dan tidak banyak menyerap air.

Ada 2 (dua) jenis bata ringan yaitu: *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Keduanya memiliki cara kerja yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke *mortar* yang mampu untuk mengurangi berat beton yang dihasilkan. Perbedaan antara bata ringan AAC dan CLC dalam hal proses pengeringan adalah bata ringan AAC dikeringkan dengan menggunakan *autoclave* bertekanan tinggi, sedangkan bata ringan CLC mengalami proses pengeringan alami.

2.2.2. Foam Agent

Foam agent merupakan larutan pekat yang terdiri dari *surfaktan* dan perlu dilarutkan dengan air sebelum digunakan. Salah satu bahan yang mengandung surfaktan adalah *Detergent* (CH₃(CH₂)₁₅OSO₃-Na⁺) (Simbolon 2014). *Surfaktan* adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut.

Dengan membuat gelembung-gelembung udara dalam adukan, sehingga akan timbul banyak pori-pori udara di dalam mortarnya (Husin & Setiadji, dalam Suryanita 2020). *Foam agent* dapat dihasilkan melalui *foam generator* atau dengan pengadukan manual. *Pre foam* awal yang stabil dihasilkan oleh *foam agent*,

menjadikannya cocok untuk produksi mortar berbusa.

Penggunaan *foam agent* bertujuan untuk menambah volume bata ringan tanpa menambah berat dari bata ringan itu sendiri. Hal ini membuat ukuran bata ringan menjadi lebih besar daripada bata konvensional. Namun tetap memiliki berat yang hampir sama atau bahkan lebih ringan.

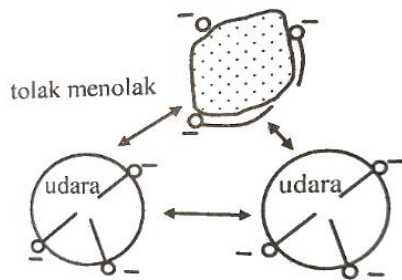
2.2.3. Katalis

Katalis memiliki fungsi yang sama dengan *foam agent* yaitu sebagai bahan yang menambah *volume* (gelembung udara) bata ringan tetapi tidak menambah berat jenis bata ringan secara signifikan. Cara kerja katalis ini hampir sama dengan bahan pada bata ringan *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) yang menggunakan *Alumunium* pasta sebagai bahan pengembangnya secara kimiawi tetapi bata ringan menggunakan alat *autoclave* sebagai proses pengeringan atau pematangan. Berbeda dengan bata ringan berbahan *Alumunium* pasta, bata ringan dengan menggunakan katalis dapat dikeringkan secara konvensional.

Menurut Wardana dan Veronika (2015), semakin banyak tahapan katalis maka hasil produksi, laju produksi dan efisiensi hidrogen semakin besar. Katalis ini akan bereaksi dengan bahan *aktivator* dalam adonan yang akan membuat bata ringan mengembang dikarenakan terisi hidrogen sebagai rongga udara dalam bata ringan sehingga volume bata ringan akan bertambah.

Pada dasarnya katalis termasuk material yang aktif di permukaan (*surface active agent*), yaitu material yang mempunyai ekor (*polar tail*) jika berada di air, ekor yang tidak bermuatan ini bersifat menolak air dan selalu berlari ke arah udara atau permukaan air di sekitar gelembung. Muatan ini saling tarik – menarik dengan butir semen dan pasir yang muatannya berlawanan dengan molekul tersebut sehingga menjadi satu. Muatan pada gelembung tersebut saling

tolak – menolak sehingga membantu untuk menghasilkan distribusi yang seragam. (Nugraha, 2007).



Gambar 2.1 Reaksi tolak – menolak buih udara oleh katalis

2.2.4. Spesifikasi dan Persyaratan Bata Ringan

Menurut SNI 8640:2018 bata ringan yang digunakan sebagai pasangan dinding dapat mempunyai fungsi struktural (*load bearing*) maupun fungsi non struktural (*non load bearing*). Penggunaan bata ringan untuk pasangan dinding pada umumnya adalah untuk pasangan bata non struktural digunakan dalam sistem struktur rangka beton maupun baja. Pasangan bata ringan struktural hanya dapat digunakan pada bangunan hingga maksimum 2 lantai dengan memperhatikan daya dukung yang diizinkan. Penggunaan fungsi kolom dalam menahan beban bangunan, tetapi tetap ada balok pengikat pada bagian atasnya.

Bata ringan perlu diklasifikasikan berdasarkan lingkungan yang dihadapi yaitu yang berhubungan langsung dengan cuaca dan lingkungan maupun yang tidak langsung dengan cuaca dan lingkungan.

Kelayakan bata ringan sebagai pasangan dinding diatur dalam SNI 8640:2018 tentang spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding yang dimana kelayakan bata ringan diatur dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Ukuran Umum Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Ukuran (mm)			Toleransi (mm)
Panjang	Lebar	Tebal	
600 + 3	200 + 3	75	± 2
- 5	- 5	100	
		125	
		150	

Tabel 2.2 Kategori Berat Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Kelas	Kategori berat	Bata struktural		Bata non struktural	
		IA	IB	IIA	IIB
Berat isi kering oven (kg/m ³)	500			400-600	
	700			600-800	
	900	800-1.000	600-800	800-1.000	
	1.100	1.000-1.200	800-1.000	1.000-1.200	
	1.300	1.200-1.400	1.200-1.400	1.200-1.400	

Tabel 2.3 Syarat Fisis Bata Ringan Menurut SNI 8640:2018

Syarat Fisis	Satuan	Bata struktural		Bata nonstruktural	
		IA	IB	IIA	IIB
Kuat tekan rata-rata, min.	MPa	6	4	2	
Kuat tekan individu, min.	MPa	5,4	3,6	1,8	

Penyerapan air, maks.	% vol	25	-	25	-
Tebal, min.	Mm	98	98	73	
Susut pengeringan, maks	%	0,2			

2.2.5. Berat Isi Kering

Pengujian Berat isi kering berdasarkan pada SNI 8640:2018. Guna mengetahui berat isi kering pada bata ringan yang disyaratkan dalam SNI 8640:2018 dan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-1.

$$Bf_D = \frac{B_{KD}}{V} \times 10^6 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

- Bf_D = Berat isi kering (Kg/m^3)
- B_{KD} = Berat kering oven (gram)
- V = Volume benda uji (mm^3)

2.2.6. Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air berdasarkan pada SNI 8640:2018. Guna mengetahui besarnya penyerapan air pada bata ringan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-2.

$$\% Vol = \frac{Bf_A - Bf_D}{Bf_D} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

- $\% Vol$ = Penyerapan air (%)
- Bf_A = Berat isi jenuh air (kg/m^3)
- Bf_D = Berat isi kering oven (kg/m^3)

2.2.7. Susut Pengeringan

Susut Pengeringan adalah pengukuran sisa eksak setelah dilakukan pengeringan pada suhu 105°C selama 24 jam sampai berat konstan yang dinyatakan dalam persen. pengukuran dilakukan dengan alat DEMEC (*demountable mechanical*) yang terlihat

pada **Gambar 2.2**. Pengukuran susut pengeringan dapat dihitung dengan Persamaan 2-3.

$$S = \frac{L_1 - L_0}{L} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- S = Susut pengeringan dalam kondisi normal
- L_0 = Panjang awal dari bacaan DEMEC (mm)
- L_1 = Panjang setelah di oven (mm)
- L = Panjang jarak alat DEMEC yang digunakan (200 mm atau 250 mm).



Gambar 2.2 Alat DEMEC

2.2.8. Pengujian Kuat Tekan

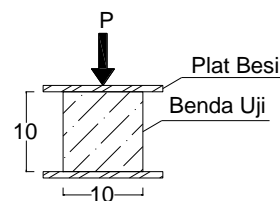
Kuat tekan beton adalah perbandingan antar tingkatan beban yang diberikan dengan luas penampang, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan mesin tekan seperti terlihat dalam sketsa **Gambarr 2.3**.

Pengukuran kuat tekan (*Compressive Strength*) dapat dihitung dengan Persamaan 2-4.

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- σ = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban maksimum (N)
- A = luas penampang benda uji (mm^2)



Gambar 2.3 Kuat tekan

2.2.9. Strength-Weight Ratio

Strength-weight ratio adalah perbandingan kuat tekan terhadap berat isi kering beton keras yang ditentukan menggunakan Persamaan 2-5.

$$f'_{cy} = \frac{\sigma}{Bf_D} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana

f'_{cy} : *strength-weight ratio* bata ringan (MPa-m³/kg)

σ : Kuat tekan bata ringan (kg/m²)

Bf_D : Berat isi kering (Kg/m³)

III. Metode Penelitian

3.1. Perencanaan Benda Uji

Pada penelitian kali ini benda uji yang digunakan berupa kubus dengan ukuran 100 x 100 x 100 mm untuk pengujian kuat tekan, kubus berukuran 200 x 200 x 100 mm pengujian penyerapan air dan pengujian berat isi, lalu untuk pengujian susut pengeringan bata ringan menggunakan benda uji berukuran setengah bata ringan atau berukuran 300 (\pm 20 mm) x 200 x 100 mm. Masing - masing pengujian terdapat 3 variasi (0,3%, 0,4%, dan 0,5%) penggunaan *foam agent* dan 3 variasi (2%, 3%, dan 4%) untuk penggunaan katalis, dari berat semen yang digunakan, campuran semen dan pasir mengacu tabel 6.2.1 dalam ACI 52.3R-14. Benda uji dibuat 3 sampel untuk masing – masing variasi sampel benda uji.

3.2. Pembuatan Benda Uji

1) Katalis

- a. Menyiapkan bahan dan alat yang akan digunakan sesuai komposisi yang diinginkan, dan menyiapkan bahan kimia seperti *superplasticizer*, aktivator dan katalis sesuai dengan variasi yang diinginkan.
- b. Memasukan air dalam ember bervolume 25 liter,
- c. Menambahkan *superplasticizer*, dan aktivator, aduk semua bahan kimia

menggunakan alat pengaduk sampai larut kurang lebih sekitar 2 menit

- d. Memasukan semen dan pasir ke dalam ember yang berisi bahan kimia yang telah larut, aduk lagi sampai semua tercampur rata sekitar 2 menit.
- e. Setelah tercampur merata masukan katalis lalu aduk dengan kecepatan yang tinggi selama 15 detik kemudian masukan ke dalam cetakan.
- f. Tunggu hingga mengembang dan rapikan bagian atasnya (karena bagian atas sebagian besar berisi busa lebih baik di buang dengan mistar)
- g. Setelah 5 jam akan mengembang maksimal, rapikan lagi bagian atas bila adonan lebih tinggi dari cetakan.
- h. Cetakan dapat dibuka setelah 24 jam.
- i. Kemudian biarkan bata ringan mengalami proses pengeringan selama 28 hari, dalam 28 hari tersebut hindarkan bata ringan dari panas sinar matahari yang terik dan siram air sehari sekali.

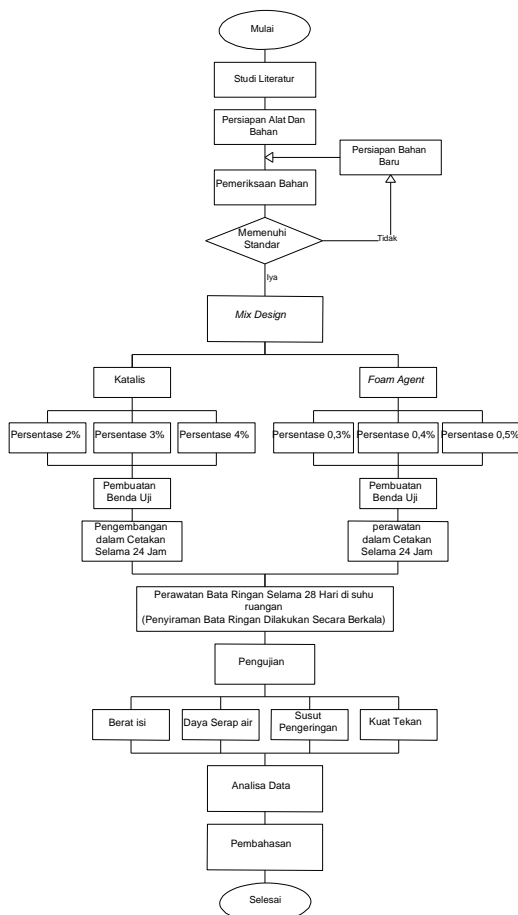
2) *Foam Agent*

- a. Menyiapkan bahan dan alat yang akan digunakan sesuai komposisi yang diinginkan, dan menyiapkan bahan kimia tambahan *superplasticizer*, *stronger edema* dan *Foam Agent* sesuai dengan variasi yang diinginkan.
- b. Memasukan air dalam ember bervolume 25 liter.
- c. Memasukan *Foam Agent* lalu aduk sampai mengembang sekitar kurang lebih 3 menit.
- d. Memasukan larutan pengeras *Stronger Edema* dan *superplasticizer* lalu diaduk sampai rata sekitar 30 detik
- e. Mengaduk dengan perlahan atau dengan kecepatan *mixer* sekitar 50 rpm lalu Masukan pasir dan semen sampai habis sambil diaduk terus selama 3 - 4 menit sampai adonan tercampur rata.

- f. Memasukan adonan ke dalam cetakan yang sudah disediakan.
- g. Diamkan selama 12 – 24 jam, lalu buka cetakkannya
- h. Bata ringan yang sudah dibuka cetakkannya alangkah baiknya untuk tidak dijemur dengan sinar panas matahari secara langsung, lebih baik dikeringkan di dalam ruangan atau di angin – anginkan, lalu tutup dengan plastik serta disiram air sehari sekali selama 28 hari.
- i.

3.3. Bagan Alir Penelitian

Untuk memudahkan penelitian maka dibuat bagan alir penelitian, berikut bagan alir penelitian dalam penelitian ini seperti terlihat pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemeriksaan Bahan Penyusun Bata Ringan

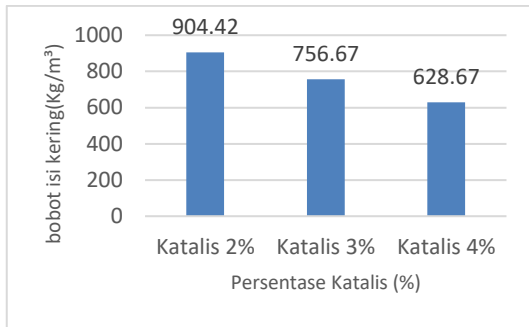
Pemeriksaan atau pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan di Laboratorium dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram ini meliputi pemeriksaan berat satuan halus, pemeriksaan gradasi agregat halus, pemeriksaan berat jenis, dan pemeriksaan kandungan lumpur. Agregat halus ini berupa pasir Lokal.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

No	Pengujian Bahan	Satuan	Pasir			Rata - Rata
			1	2	3	
1	Berat satuan					
	Berat satuan lepas	gr /cm ³	1,08	1,10	1,13	1,10
	Berat satuan padat	gr /cm ³	1,30	1,32	1,34	1,32
2	Berat Jenis	-	2,61	2,39	2,27	2,42
3	Penyerapan Air	%	2,88	2,24	3,30	2,81%
4	Kandungan lumpur	%	3,09	4,38	3,73	3,37%
5	Gradasi :	-	Daerah II			
6	Ukuran (% Lolos ayakan)	%		96		
				90		
				74.9		
				39.7		
				16.9		
			2.8			
7	Modulus Halus Butiran (MHB)	-	3,7392			

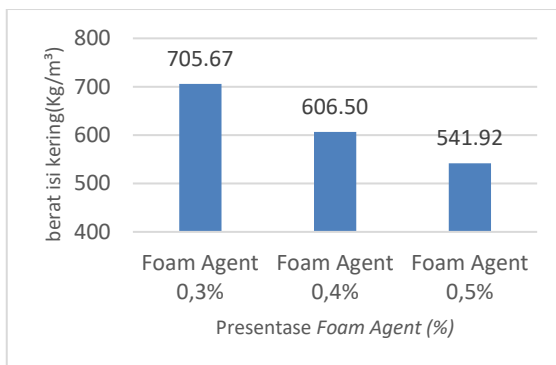
4.2. Hasil Pengujian Berat Isi Kering

Pengujian berat isi kering bata ringan pada penelitian ini dilakukan agar mengetahui berat isi bata kering ringan agar sesuai dengan yang disyaratkan dalam SNI 8640:2018, serta mengetahui bagaimana pengaruh dari variasi bahan pengembang yang digunakan terhadap nilai berat isi kering bata ringan.



Gambar 4.1 Grafik berat isi kering bata ringan katalis

Berdasarkan hasil pengujian berat isi kering bata ringan berbahan katalis, didapatkan nilai berat isi kering rata – rata minimum sebesar 628,67 kg/m³ pada variasi katalis 4%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 3% dan 2% mengalami kenaikan secara bertahap sebesar 20,36% dan 43,8% dengan nilai rata - rata 756,67 kg/m³ dan 904,42 kg/m³.



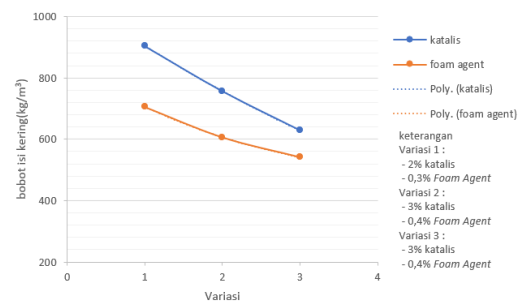
Gambar 4.2 Grafik berat isi kering bata ringan foam agent

Berdasarkan hasil pengujian berat isi kering bata ringan berbahan foam agent, didapatkan nilai berat isi kering rata – rata minimum sebesar 541,92 Kg/m³ pada variasi foam agent 0,5%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 0,4% dan 0,3% mengalami kenaikan secara bertahap sebesar 11,92% dan 30,22% dengan nilai rata - rata 606,50 Kg/m³ dan 705,67 Kg/m³.

Dari data pengujian variasi katalis 3% dan 4% menghasilkan berat isi kering rata-rata sebesar 756,67 kg/m³ dan 628,67 kg/m³ masuk dalam kategori berat 700

kg/m³, dan variasi katalis 2% menghasilkan berat isi kering rata-rata sebesar 904,42 kg/m³ masuk ke dalam kategori berat 900 kg/m³ pada tabel klasifikasi berat isi kering bata ringan menunjukkan bata ringan dengan berat isi kering yang ringan.

Untuk bata ringan foam agent, variasi foam agent 0,5% menghasilkan berat isi kering rata-rata minimum sebesar 541,92 kg/m³. Nilai tersebut masuk ke dalam kategori berat 500 kg/m³ pada tabel klasifikasi berat isi kering bata struktural. Variasi foam agent 0,4% menghasilkan berat isi kering rata-rata sebesar 606,50 kg/m³. Dan variasi foam agent 0,3% menghasilkan berat isi kering rata-rata sebesar 705,67 kg/m³, yang keduanya masuk ke dalam kategori berat 700 kg/m³ pada tabel klasifikasi berat isi kering bata struktural.



Gambar 4.3 Grafik berat isi kering bata ringan foam agent

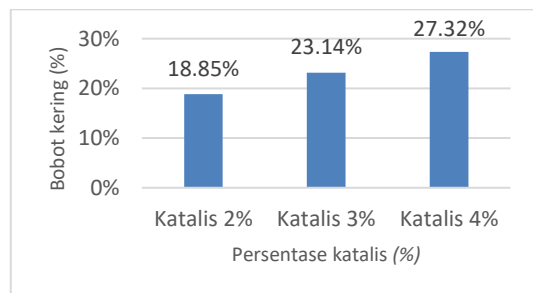
Pada hasil penelitian terjadi penurunan berat isi pada tiap variasi pada penggunaan foam agent dan katalis seperti terlihat pada **Gambar 4.3** hal ini dikarenakan dengan penambahan bahan pengembang maka rongga udara di dalam bata ringan semakin bertambah, semakin bertambahnya rongga udara dalam bata ringan akan mengakibatkan semakin rendahnya berat isi kering dari bata ringan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari variasi katalis dan foam agent semakin sedikit proporsi dari kedua bahan tersebut maka berat isi kering akan semakin tinggi.

Dari hasil pengujian berat isi kering ini, dapat dilihat bahwa penggunaan foam

agent menghasilkan nilai berat yang terlihat pada **Gambar 4.3** bahwa penggunaan *foam agent* menghasilkan nilai berat isi yang lebih rendah dibandingkan dengan katalis.. *Foam agent* memiliki berat isi paling ringan dengan kategori 500 kg/m³, sedangkan katalis memiliki berat isi paling ringan pada kategori 700 kg/m³. Hal ini disebabkan oleh adanya rongga udara yang lebih banyak dalam bata ringan yang menggunakan *foam agent*, sementara bata ringan yang menggunakan katalis mengalami proses pengembangan yang menyebabkan rongga udara terkonsentrasi di bagian atas benda uji. Sebagai hasilnya, saat pemotongan benda uji untuk menghilangkan bagian yang berlebihan akibat pengembangan, rongga udara terbanyak pada bata ringan katalis terbuang.

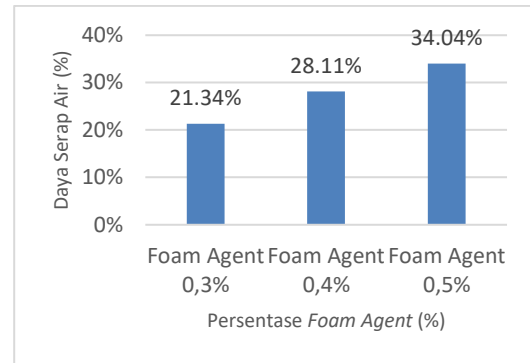
4.3. Hasil Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air bata ringan pada penelitian ini agar mengetahui nilai daya penyerapan air bata ringan (%) agar sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam SNI. Hasil pengujian daya serap air dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.4**



Gambar 4.3 Grafik Daya Serap Air katalis

Berdasarkan hasil pengujian daya serap air bata ringan berbahan katalis yang dapat dilihat pada **Gambar 4.3**, didapatkan nilai daya serap air rata – rata minimum sebesar 18,85% pada variasi katalis 2%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 3% dan 4% mengalami kenaikan secara bertahap sebesar 22,72% dan 44,90% dengan nilai rata - rata 23,14% dan 27,32%.

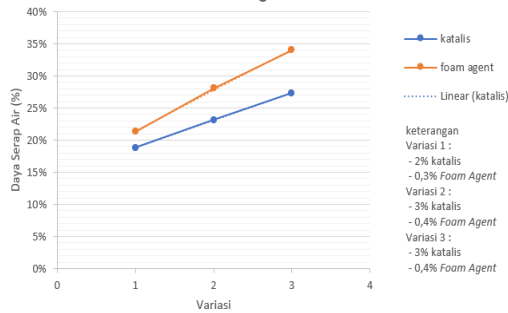


Gambar 4.4 Grafik Daya Serap Air *Foam agent*

Berdasarkan hasil pengujian daya serap air bata ringan berbahan *foam agent* **Gambar 4.4**, didapatkan nilai daya serap air rata – rata minimum sebesar 21,34% pada variasi *foam agent* 0,3%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 0,4% dan 0,5% mengalami kenaikan secara bertahap sebesar 31,68% dan 59,48% dengan nilai rata - rata 28,11% dan 34,04%.

Pada hasil pengujian daya serap air bata ringan dengan bahan katalis, terlihat bahwa variasi katalis 2% dan 3% memenuhi persyaratan SNI 8640-2018 dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 18,86% dan 23,14%, yang berada di bawah batas maksimum 25%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis 2% dan 4% pada bata ringan dapat menghasilkan tingkat penyerapan air yang sesuai dengan standar. Namun, pada variasi katalis 4%, terjadi peningkatan nilai penyerapan air dengan rata-rata sebesar 27,32%.

Sementara itu, pengujian daya serap air bata ringan dengan penggunaan *foam agent* menunjukkan hasil yang berbeda. Variasi *foam agent* 0,3% memenuhi persyaratan SNI dengan nilai penyerapan air rata-rata sebesar 21,34%, yang berada di bawah batas maksimum 25%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *foam agent* 0,3% pada bata ringan dapat menghasilkan tingkat penyerapan air yang sesuai dengan standar.

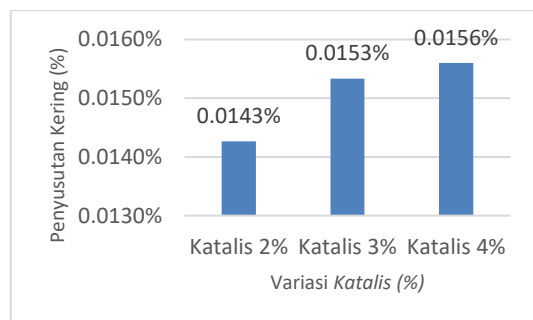


Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Daya Serap Air Bata Ringan Katalis dan *foam agent*

Dalam hasil pengujian daya serap air yang dapat dilihat pada **Gambar 4.5**, didapatkan bahwa bahwa katalis memiliki nilai daya serap air paling rendah yaitu 18,8%, yang lebih baik dibandingkan dengan *foam agent* yang memiliki nilai daya serap air paling rendah yaitu 21,34%. Hal ini dapat dijelaskan pada pengujian berat isi kering sebelumnya bahwa penggunaan katalis menghasilkan berat isi bata ringan yang lebih tinggi dibandingkan dengan foam agent. Oleh karena itu, bata ringan dengan berat isi yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan penyerapan air yang lebih rendah atau lebih baik.

4.4. Hasil Pengujian Susut Pengeringan

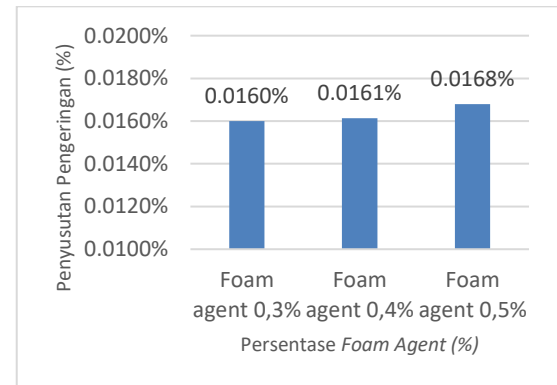
Hasil pengujian penyusutan kering dapat dilihat pada dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**.



Gambar 4.6 Grafik Penyusutan pengeringan Bata Ringan katalis

Berdasarkan hasil penyusutan pengeringan bata ringan dengan bahan katalis yang terlihat pada **Gambar 4.8**, ditemukan bahwa variasi katalis sebesar 2% memberikan nilai penyusutan pengeringan

rata-rata minimum sebesar 0,0143%. Pada variasi katalis 3% terjadi peningkatan persentase penyusutan pengeringan sebesar 6,99% dengan nilai rata – rata sebesar 0,0153%, dan pada variasi 4% terjadi peningkatan sebesar 7.47% dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar dan 0,0156%.

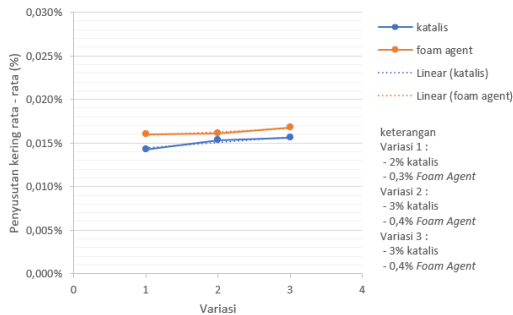


Gambar 4.7 Grafik Penyusutan pengeringan Bata Ringan *foam agent*

Berdasarkan hasil pengujian penyusutan pengeringan bata ringan dengan penggunaan bahan *foam agent* **Gambar 4.7**, ditemukan bahwa variasi *foam agent* sebesar 0,3% menghasilkan nilai penyusutan pengeringan rata-rata terendah, yaitu sebesar 0,0160%. Namun, terjadi sedikit kenaikan pada variasi *foam agent* 0,4%, di mana nilai penyusutan pengeringan meningkat menjadi 0,62% dengan nilai rata-rata penyusutan sebesar 0,0161%. Selanjutnya, pada variasi foam agent 0,5%, terjadi peningkatan persentase penyusutan sebesar 5,00%, dengan nilai rata-rata penyusutan pengeringan sebesar 0,0168%.

Dalam pengujian menggunakan katalis, variasi katalis sebesar 2% memberikan nilai penyusutan pengeringan rata-rata minimum sebesar 0,0143%. Pada variasi katalis 3% dan 4%, terjadi peningkatan persentase penyusutan pengeringan dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 0,0153% dan 0,0151%. Semua nilai penyusutan pengeringan yang ditemukan berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI, yaitu 0,2%. Oleh karena itu, bata ringan dengan penambahan variasi katalis

tersebut memenuhi syarat minimal penyusutan kering yang ditetapkan dalam SNI 8640-2018.

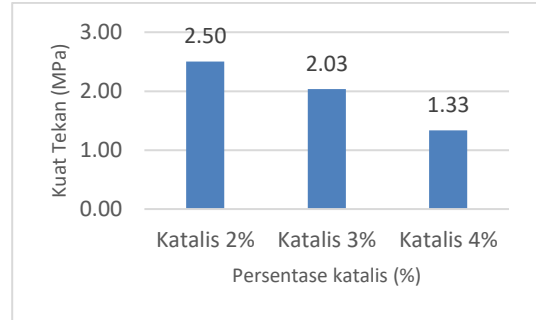


Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Penyusutan pengeringan Bata Ringan Katalis dan *foam agent*

Dalam hasil penelitian tersebut, ditemukan bahwa variasi penggunaan katalis maupun *foam agent* hampir tidak memiliki perbedaan penyusutan pengeringan dan memiliki variasi nilai penyusutan pengeringan pada masing-masing bata ringan dengan selisih yang kecil yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Hal ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor yang memengaruhi penyusutan pengeringan pada bata ringan. Salah satu faktor utama adalah jumlah air dalam adukan atau faktor air semen yang digunakan. Jumlah air yang lebih tinggi dalam adukan cenderung menghasilkan penyusutan yang lebih besar pada bata ringan. Faktor air semen (FAS), yaitu perbandingan antara air dan semen dalam adukan, juga berpengaruh terhadap tingkat penyusutan. FAS yang lebih tinggi dapat meningkatkan nilai penyusutan pada bata ringan. Serta masa perawatan dan proses pengerasan bata ringan juga berperan dalam nilai penyusutan pengeringan.

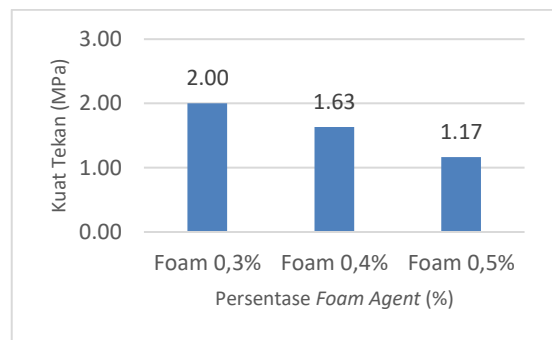
4.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan bata ringan pada penelitian ini agar mengetahui nilai kuat tekan beton ringan (f_c'). Berikut ini hasil uji kuat tekan bata ringan dengan bahan katalis seperti yang terlihat pada **Gambar 4.9** dan **4.10**.



Gambar 4.9 Grafik kuat tekan bata ringan dengan bahan katalis

Berdasarkan hasil kuat tekan bata ringan berbahan katalis yang terlihat pada **Gambar 4.9**, didapatkan nilai kuat tekan rata – rata maksimum sebesar 2,50 MPa pada variasi katalis 2%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 3% dan 4% mengalami penurunan secara bertahap sebesar 18,66% dan 46,66% dengan nilai rata - rata 2,03 MPa dan 1,33 MPa.



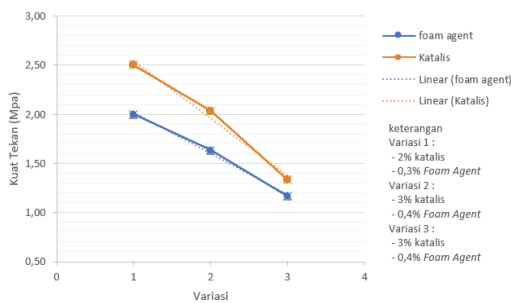
Gambar 4.10 Grafik kuat tekan bata ringan dengan bahan *Foam agent*

Berdasarkan hasil kuat tekan bata ringan berbahan *foam agent* yang terlihat pada **Gambar 4.10**, didapatkan nilai kuat tekan rata – rata maksimum sebesar 2,00 MPa pada variasi *foam agent* 0.3%. Sedangkan pada bata ringan dengan variasi 0.4% dan 0.5% mengalami penurunan secara bertahap sebesar 18,33% dan 41,66% dengan nilai rata - rata 1,63 MPa dan 1,167 MPa.

Pada pengujian dengan bahan katalis, nilai kuat tekan rata-rata maksimum tercapai pada variasi katalis 2%, yaitu sebesar 2,50 MPa. Hal ini memenuhi persyaratan SNI untuk kelas IIA bata non-struktural yang

mensyaratkan kuat tekan rata-rata minimum sebesar 2 MPa. Meskipun terjadi penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi katalis 3% dan 4%, dengan nilai masing-masing sebesar 2,03 MPa dan 1,33 MPa, namun hanya variasi 4% yang tidak memenuhi persyaratan standar SNI.

Pada pengujian dengan bahan *foam agent*, nilai kuat tekan rata-rata maksimum tercapai pada variasi *foam agent* 0,3%, yaitu sebesar 2,00 MPa. Nilai ini memenuhi persyaratan SNI untuk kelas IIA bata non-struktural yang membutuhkan kuat tekan rata-rata minimum sebesar 2 MPa. Meskipun terjadi penurunan nilai kuat tekan rata-rata pada variasi *foam agent* 0,4% dan 0,5%, dengan nilai masing-masing sebesar 1,63 MPa dan 1,17 MPa, namun kedua variasi tersebut tidak memenuhi standar SNI.



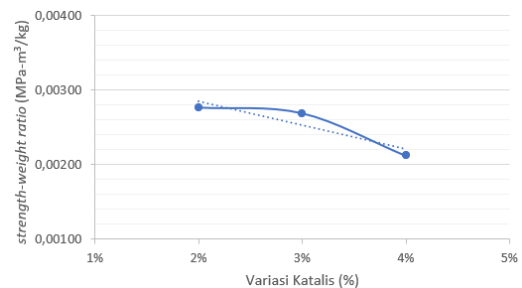
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Penyusutan pengeringan Bata Ringan Katalis dan *foam agent*

Pada hasil penelitian terjadi penurunan pada tiap variasi pada penggunaan *foam agent* dan katalis yang dapat dilihat pada **Gambar 4.11** hal ini dikarenakan dengan penambahan bahan pengembang maka rongga udara di dalam bata ringan semakin bertambah, semakin bertambahnya rongga udara dalam bata ringan akan mengakibatkan pengurangan kuat tekan dari bata ringan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari variasi katalis dan *foam agent* semakin banyak proporsi dari kedua bahan tersebut maka kuat tekan akan berkurang.

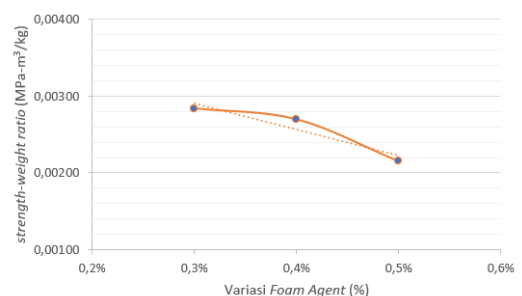
Dari grafik perbandingan kuat tekan antara bahan katalis dan *foam agent*, terlihat yang dapat dilihat pada **Gambar 4.11** bahwa bata ringan dengan bahan katalis memiliki nilai kuat tekan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan bata ringan dengan bahan *foam agent*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan katalis dalam pembuatan bata ringan dapat memberikan kuat tekan yang lebih baik dibandingkan dengan *foam agent*

4.6. *Strength-weight Ratio* Bata Ringan

Strength-weight ratio adalah perbandingan kuat tekan terhadap berat isi kering beton keras yang ditentukan menggunakan Persamaan 2.2, berikut hasil dari *Strength-weight ratio* bata ringan katalis dan bata ringan *foam agent*.



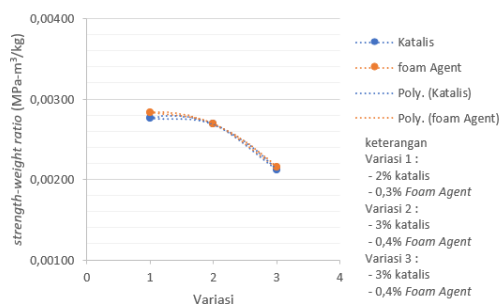
Gambar 4.12 Grafik *Strength-Weight Ratio* Bata Ringan Katalis



Gambar 4.13 Grafik *Strength-Weight Ratio* Bata Ringan *Foam Agent*

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 2.2 maka didapatkan nilai *strength-weight ratio* bata ringan yang diperlihatkan pada **Gambar 4.3** dan **Gambar 4.12** dimana semakin banyak persentase variasi katalis dan *foam agent*

nilai *strength-weight ratio* mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena nilai kuat tekan yang ikut menurun beriringan dengan penurunan berat isi kering bata ringan. *Strength-weight ratio* menunjukkan sejauh mana suatu material atau komponen dapat menahan tekanan atau beban tertentu dengan mempertimbangkan beratnya sendiri. Angka tersebut menggambarkan efisiensi struktural dari material tersebut, di mana semakin tinggi nilai *strength-weight ratio*, semakin baik kinerja strukturalnya.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan *strength-weight ratio* Bata Ringan Katalis dan *foam agent*

Nilai *strength-weight ratio* yang dihasilkan *foam agent* dengan nilai tertinggi 0,00283 MPa·m³/kg sedikit lebih baik daripada yang dihasilkan katalis dengan nilai tertinggi 0,00276 MPa·m³/kg seperti yang terlihat pada **Gambar 4.16** hal ini berarti bahwa walaupun kuat tekan katalis lebih baik dari pada *foam agent* pada variasi yang digunakan pada penelitian ini namun bata ringan *foam agent* memiliki nilai perbandingan kuat tekan terhadap berat isi yang sedikit lebih seimbang dan sedikit lebih baik dibandingkan pada bata ringan berbahan katalis.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian bata ringan dengan bahan pengembang katalis dan *foam agent* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, berat isi kering, serta daya serap air yang

dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Fakultas Teknik Universitas Mataram, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan hasil penelitian, persentase penggunaan katalis sebesar 2%, 3% dan *foam agent* sebesar 0,3% merupakan variasi yang memenuhi standar bata ringan berdasarkan SNI 8640:2018, dalam hal kuat tekan, susut pengeringan, berat isi, dan daya serap air.
- 2) Berat isi kering pada *foam agent* dengan konsentrasi 0,3% menghasilkan berat isi kering yang paling rendah (500 kg/m³), sesuai dengan kategori yang ditetapkan dalam standar. Dalam hal ini, *foam agent* memberikan hasil yang lebih baik daripada katalis, yang memiliki berat isi kering terendah pada kategori 700 kg/m³. Dengan selisih berat isi teringan yang dihasilkan oleh *foam agent* dan katalis sebesar 13,80%.
- 3) Daya serap air katalis dengan konsentrasi 2% memenuhi persyaratan standar dengan nilai penyerapan air di bawah batas maksimum 25%. Meskipun *foam agent* dengan konsentrasi 0.3% juga memenuhi persyaratan, namun bata ringan dengan bahan katalis memberikan hasil yang lebih baik dalam memberikan hasil daya serap air. Dengan selisih daya serap air terendah yang dihasilkan oleh *foam agent* dan katalis sebesar 9,14%.
- 4) Penyusutan pengeringan pada bata ringan dengan penggunaan katalis dan *foam agent* memiliki nilai yang hampir sama dan hampir tidak memiliki perbedaan yang signifikan serta semua hasil pengujian penyusutan pengeringan bata ringan dari katalis dan *foam agent* berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI 8640:2018.

- 5) Berdasarkan pengujian kuat tekan, penggunaan katalis dengan nilai kuat tekan paling tinggi mencapai 2,5 MPa dalam bata ringan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *foam agent* yang mencapai 2 MPa, dengan selisih kuat tekan 20%. Meskipun demikian, perlu ditekankan bahwa keduanya tetap memenuhi standar SNI 8640:2018 untuk kelas IIA bata non-struktural.

Dalam penelitian ini yang ditinjau dari *Strength-Weight Ratio*, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *foam agent* 0,3% menghasilkan bata ringan sedikit lebih baik meskipun bata ringan dengan katalis memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi daripada *foam agent* namun berat isi bata ringan katalis lebih berat dibandingkan *foam agent* hal ini dapat dibuktikan dengan nilai *Strength-Weight Ratio* yang dihasilkan *foam agent* sedikit lebih baik daripada katalis.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan pengalaman dan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini adalah:

1. Disarankan pada penelitian selanjutnya untuk membandingkan nilai biaya dan ekonomi pada kedua bahan katalis dan *foam agent* pada pembuatan bata ringan.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian sifat termal bata ringan untuk mengevaluasi kemampuannya dalam mengurangi konduktivitas panas.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 523.3R-14, 2014, *Guide For Cellular Concretes Above 50 lb/ft³(800 kg/m³)*, American Concrete Institute
- Andreas, A., Christian, E., Antoni, A., & Hardjito, D, 2018, *Pengaruh Penambahan Viscosity Modifying Admixture Terhadap Kuat Tekan Mortar Dan Beton Rendah Semen*, Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil.
- Andika, S.W, 2019. *Block Hebel (Bata Ringan)*.
http://eprints.unisnu.ac.id/id/eprint/2194/3/151230000080_BAB%20II.pdf
- ASTM C.33-03, 2002. *Standard Specification for Concrete Aggregates*. Annual_Books of ASTM Standards. USA
- ASTM C 494, 2006. *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. Annual_Books of ASTM Standards. USA
- Hamidi, A. & Sari, N. P, 1 2019, *Analisis Persentase Efektif Penggunaan Katalis Pada Bata Ringan ULC Dan Pengaruh Terhadap Kuat Tekan*. Siklus: Jurnal Teknik Sipil, Vol.5, No. 2 (Oktober), 106-113.
- Hamidi, A. & Sari, N. P, 2 2019, *Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Katalis Terhadap Kenaikan Permukaan Pada Bata Ringan ULC*. Siklus: Jurnal Teknik Sipil.
- Husin, A. A. & Agustiningtyas, R. S, 2008, *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*, Jurnal Permukiman, 3(3), 196-207.
- Modestus, M., Sutandar, E., & Samsurizal, E, 2017, *Uji Individu Bata Ringan dengan Foam Agent Berdasarkan Variasi Ukuran Pasir*, Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang Vol. 4, No.4:1-6.
- Mulyono, Tri, 2005, *Teknologi Beton – Ed, II*, Yogyakarta : Andi.
- Nugraha, Paul, 2007, *Teknologi Beton, dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi*, Yogyakarta : Andi.
- Setyowati, M, 2019, *Analisis Penambahan Foam Agent Pada Bata Ringan Pegunungan Kendeng Kabupaten Rembang*, Universitas Negeri Semarang.
- Simbolon. E. F., 2014, *Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*, Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Suryanita. R., 2020, *Perilaku Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Penambahan Silica Fume*, Riau : UR Press.

- SK SNI T-15-1990-03, 1990, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum RI
- SNI-03-2847-2002, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 15-7064-2004, 2004, *Semen Portland Komposit*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6821-2002, 2022, *Spesifikasi Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton Pasangan Dinding*, Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 8640:2018, 2018, *Spesifikasi Bata Ringan Untuk Pasangan Dinding*, Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodimuljo K., 2007, *Teknologi Beton Edisi 1 Jilid 3*, Yogyakarta : KMTS FT UGM
- Utomo, G. S., 2016, *Studi Penggunaan Catalyst, Monomer, dan Fly Ash Sebagai Material Penyusun Beton Ringan Selular*, *Rekayasa Teknik Sipil*, 3(3/REKAT/16).
- Purnami, dkk, 2015, *Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen*, *Jurnal Rekayasa* Vol.6, No.1 Tahun 2015: 51-59