

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT TERHADAP PEMBUATAN BATA RINGAN CELULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE



DISUSUN OLEH:

**NAMA : AFDHAL KASWARA
NIM : 1922201001**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI
RIAU
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT TERHADAP PEMBUATAN BATA RINGAN
CELULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE**



DISUSUN OLEH:

NAMA : AFDHAL KASWARA
NIM : 1922201001

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana S1 Teknik Sipil*

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI
RIAU
2023**

LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Tugas Akhir Berjudul:

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERHADAP PEMBUATAN BATA RINGAN *CELULLAR LIGHTWEIGHT
CONCRETE***

Disusun Oleh:

**NAMA : AFDHAL KASWARA
NIM : 1922201001
Program Studi : S1 TEKNIK SIPIL**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji,
Pada Tanggal Sepuluh Bulan Juli Tahun Dua Ribu Dua Puluh Tiga
dan telah dinyatakan Lulus.**

Susunan Dewan Penguji:

Ketua Dewan Penguji,

Sekretaris Dewan Penguji,

**Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902**

**Deddy Gusman, S.Kom., M.T.I.
NIDN. 1005088602**

Dewan Penguji I,

Dewan Penguji II,

**Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T.
NIDN. 1015128902**

**Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E.
NIDN. 1001117701**

**Mengetahui:
Program Studi Teknik Sipil
Ketua,**

**Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Berjudul:

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERHADAP PEMBUATAN BATA RINGAN *CELLULAR LIGHTWEIGHT
CONCRETE***

Disusun Oleh:

**NAMA : AFDHAL KASWARA
NIM : 1922201001
Program Studi : S1 TEKNIK SIPIL**

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

**Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902**

**Deddy Gusman, S.Kom., M.T.I.
NIDN. 1005088602**

**Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai
Bangkinang, 10 Juli 2023
Ketua Program Studi Teknik Sipil**

**Beny Setiawan, M.T.
NIDN. 1005048902**

**Mengetahui:
Dekan Fakultas Teknik**

**Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E.
NIDN. 1001117701**

LEMBAR PERNYATAAN

Degan ini saya yang bertanda tangan di bawah menyatakan bahwa:

1. Penelitian Tugas Akhir yang saya susun ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik baik di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Penelitian Tugas Akhir ini murni gagasan, penilaian dan rumusan penulis sendiri, tanpa bantuan tidak sah dari pihak lain, kecuali arahan dari pembimbing.
3. Penelitian Tugas Akhir ini tidak memuat hasil karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali dikutip secara tertulis dengan jelas dan dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarangnya dan dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan sesuatu yang tidak sesuai dengan kebenaran dalam pernyataan ini, penulis bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar yang penulis peroleh karena Penelitian Tugas Akhir ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Bangkinang, 13 Juli 2023
Saya yang Menyatakan,

AFDHAL KASWARA
NIM. 1922201001

**CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF ENGINEERING
PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI UNIVERSITY**

**Final Project Research Result Seminar, 10 July 2023
AFDHAL KASWARA**

**THE EFFECT OF ADDITING EMPTY FRUIT BUNCH ASH ON THE
PRODUCTION OF CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE BRICKS**
xii + 63 Pages + 13 Tables + 28 Figures + 29 Appendices

ABSTRACT

The rapid development in construction science and the utilization of lightweight bricks have inspired research on Cellular Lightweight Concrete (CLC) bricks with the addition of Palm Kernel Shell Ash (PKSA) waste from Palm Oil Mills (POMs). This study focuses on CLC bricks with additions of PKSA at 1%, 1.5%, and 2%, compared to CLC bricks without PKSA. They were then tested for dry oven weight, water absorption, and compressive strength at sample ages of 7, 14, and 28 days using experimental methods. The results indicate that the addition of PKSA affects the dry oven weight of CLC bricks. CLC bricks with 1% PKSA addition have the lowest dry oven weight, complying with the SNI 8640-2018 standards for both structural and non-structural bricks. The addition of PKSA significantly reduces the dry oven weight, making CLC bricks with added PKSA lighter, with a weight difference of 5.22% compared to CLC bricks without PKSA addition. Furthermore, the analysis results show that the addition of PKSA also affects the compressive strength of CLC bricks. Samples with 2% PKSA addition achieved the highest compressive strength at 28 days. Overall, the addition of PKSA significantly increases the compressive strength of CLC bricks, reaching a 30.41% increase from CLC bricks without PKSA addition.

Keywords : EFB ash waste, CLC bricks, dry oven weight, water absorption, compressive strength.

Reading List : 19 (1990 – 2022)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PAHLAWAN TUANKU TAMBUSAI**

**Seminar Hasil Tugas Akhir, 10 Juli 2023
AFDHAL KASWARA**

**PENGARUH PENAMBAHAN ABU TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
TERHADAP PEMBUATAN BATA RINGAN *CELLULAR LIGHTWEIGHT
CONCRETE***

xii + 63 Halaman + 13 Tabel + 28 Gambar + 29 Lampiran

ABSTRAK

Perkembangan pesat dalam ilmu konstruksi dan pemanfaatan bata ringan telah mengilhami penelitian mengenai bata *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) dengan penambahan limbah Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS) dari Perusahaan Kelapa Sawit (PKS). Fokus penelitian ini adalah pada bata CLC dengan penambahan ATKKS sebesar 1%, 1,5%, dan 2%, dibandingkan dengan bata CLC tanpa ATKKS, yang kemudian diuji untuk bobot kering oven, penyerapan air, dan kuat tekan pada umur sampel uji 7, 14, dan 28 hari menggunakan metode eksperimental. Hasil menunjukkan bahwa penambahan ATKKS memengaruhi bobot isi kering oven bata CLC. Bata CLC dengan penambahan 1% ATKKS memiliki bobot isi kering oven terendah, sesuai dengan standar SNI 8640-2018 untuk bata struktural dan non-struktural. Penambahan ATKKS secara signifikan mengurangi bobot isi, membuat bata ringan CLC yang ditambah ATKKS menjadi lebih ringan, dengan perbedaan bobot sebesar 5,22% dari bata CLC tanpa penambahan ATKKS. Selanjutnya, hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan ATKKS juga berpengaruh pada kuat tekan bata ringan CLC. Sampel dengan penambahan 2% ATKKS mencapai kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari. Secara keseluruhan, penambahan ATKKS secara signifikan meningkatkan kuat tekan bata ringan CLC, mencapai kenaikan sebesar 30,41% dari bata CLC tanpa penambahan ATKKS.

Kata Kunci : Limbah ATKKS, bata ringan CLC, berat kering oven, penyerapan air, kuat tekan.

Daftar Bacaan : 19 (1990 – 2022)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Pengaruh Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Pembuatan Bata Ringan *Celullar Lightweight Concrete***.

Penelitian ini diajukan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Amir Luthfi, selaku Rektor Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai.
2. Bapak Emon Azriadi, S.T., M.Sc.E., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, sekaligus menjadi Narasumber II yang telah banyak memberikan saya saran dan ide dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Beny Setiawan, M.T., selaku Ketua Prodi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, sekaligus menjadi Pembimbing I yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dan telah banyak memberi saya arahan, waktu serta gagasan dan pikiran.
4. Bapak Deddy Gusman, S.Kom.,M.T.I., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan serta arahan petunjuk dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya.
5. Bapak Hanantatur Adeswastoto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai sekaligus sebagai Narasumber I yang telah banyak memberi saran dan arahan dalam kesempurnaan Tugas Akhir ini.

6. Bapak dan Ibu dosen Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah memberikan kesempatan dan kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua dan keluarga serta kerabat tercinta yang selalu mendoakan dan membantu keberhasilan Tugas Akhir ini.
8. Kepada Rezeki Mardona, Bisma Alfian Madani yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2019 Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai yang telah bermurah hati dalam membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Seluruh keluarga besar Mahasiswa Prodi S1 Teknik Sipil Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai angkatan tahun, 2019, 2020 dan 2021, 2022, yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh sahabat dan saudara yang memberikan dukungan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
12. Seluruh pihak yang terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi isi dan penulisan. Oleh karena itu, penulis senantiasa mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Bangkinang, 13 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. Latar Belakang Penelitian	1
1. 2. Rumusan Penelitian.....	3
1. 3. Batasan Penelitian	4
1. 4. Tujuan Penelitian.....	5
1. 5. Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	7
2. 1. Penelitian Relevan.....	7
2. 2. Kajian Teori.....	10
2. 2. 1. Pengertian dan Klasifikasi Bata Ringan	10
2. 2. 2. Bahan Penyusun Bata Ringan.....	13
2. 2. 3. Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS).....	16
2. 2. 4. Pemeriksaan Agregat Halus	17
2. 2. 5. Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>)	20
2. 2. 6. Perawatan Bata Ringan.....	22
2. 2. 7. Pengujian Kuat Tekan, Bobot Isi, dan Penyerapan Air	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3. 1. Jenis Penelitian.....	25

3. 2.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3. 2. 1.	Lokasi Penelitian.....	26
3. 2. 2.	Waktu Penelitian	26
3. 3.	Data dan Sumber Data	26
3. 4.	Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data	27
3. 4. 1.	Pengujian Kadar Lumpur	27
3. 4. 2.	Pengujian Kadar Organik.....	28
3. 4. 3.	Pengujian Analisa Saringan	29
3. 4. 4.	Pengujian Berat Jenis Agregat Halus.....	30
3. 4. 5.	Perencanaan, Pencampuran Bahan Campuran, dan Perawatan Sampel.....	32
3. 4. 6.	Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air	34
3. 4. 7.	Pengujian Kuat Tekan	36
3. 5.	Bagan Alir Penelitian	37
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4. 1.	Pemeriksaan Agregat Halus	39
4. 1. 1.	Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	39
4. 1. 2.	Pengujian Kadar Zat Organik Agregat Halus	40
4. 1. 3.	Analisa Saringan Agregat Halus	41
4. 1. 4.	Pengujian Berat Jenis Agregat halus.....	45
4. 2.	Perencanaan Campuran Bata CLC.....	46
4. 3.	Pencampuran Bahan dan Pemeliharaan Sampel	49
4. 4.	Pengaruh ATKKS Terhadap Bobot Isi dan Penyerapan Air Bata CLC.....	52
4. 5.	Pengaruh ATKKS Terhadap Kuat Tekan.....	58
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5. 1.	Kesimpulan	64
5. 2.	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Kategori Berat Bata Ringan	11
Tabel 2. 2. Syarat Fisis Bata Ringan.	13
Tabel 2. 3. Batas Gradasi Agregat Halus Berdasarkan Zona	18
Tabel 2. 4. Nomor Standar Warna Kadar Organik	20
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Kadar Lumpur	39
Tabel 4. 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus	42
Tabel 4. 3. Data Pengujian Berat Jenis.....	46
Tabel 4. 4. Perencanaan Campuran Sampel Bata CLC	49
Tabel 4. 5. Hasil Bobot Isi Rata-rata Bata CLC	55
Tabel 4. 6. Hasil Penyerapan Air Rata-rata Bata CLC	57
Tabel 4. 7. Hasil Kuat Tekan Maksimal Sampel Bata CLC	60
Tabel 4. 8. Kuat Tekan Rata-rata Bata CLC	61
Tabel 4. 9. Tabel Perbandingan Hasil Penelitian dengan SNI 8640-2018	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1.	Ilustrasi Bata Ringan	2
Gambar 3. 1.	Lokasi Penelitian	26
Gambar 3. 2.	Skema Pemotongan dan Pemanfaatan Sampel	35
Gambar 3. 3.	Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 3. 4.	Lanjutan Bagan Alir Penelitian	38
Gambar 4. 1.	Proses Pengumpulan Data Kadar Lumpur	40
Gambar 4. 2.	Hasil Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus	41
Gambar 4. 3.	Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 1	44
Gambar 4. 4.	Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 2	44
Gambar 4. 5.	Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 3	44
Gambar 4. 6.	Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 4	45
Gambar 4. 7.	Persiapan Bahan Campuran	49
Gambar 4. 8.	Proses Pencampuran Semen, Agregat, Air dan ATKKS	50
Gambar 4. 9.	Pembuatan FA Menggunakan <i>Foam Generator</i>	50
Gambar 4. 10.	Pengadukan Mortar dan FA	51
Gambar 4. 11.	Proses Pencetakan Sampel	51
Gambar 4. 12.	Proses Perawatan Sampel	52
Gambar 4. 13.	Pemotongan Sampel	52
Gambar 4. 14.	Penimbangan Sampel Kondisi Berat Awal	53
Gambar 4. 15.	Penimbangan Sampel Kondisi Kering Oven	53
Gambar 4. 16.	Penimbangan Sampel Kondisi Kering Permukaan	54
Gambar 4. 17.	Grafik Bobot Isi Kering Oven Rata-rata Hasil Pengujian	55
Gambar 4. 18.	Grafik Penyerapan Air Bata CLC	57
Gambar 4. 19.	Perendaman Sampel	58

Gambar 4. 20. Pengujian Kuat Tekan	59
Gambar 4. 21. Hasil Uji Tekan CLC+2%ATKKS Umur 7 Hari.....	59
Gambar 4. 22. Grafik Kuat Tekan Maksimal Bata CLC.....	60
Gambar 4. 23. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Bata CLC	62

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang Penelitian

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan serta kreativitas manusia pada bidang konstruksi ini sudah banyak ditemukan teknologi yang efisien waktu dan pelaksanaan yang dapat menekan anggaran biaya pekerjaan, di antara teknologi tersebut adalah ditemukan serta penggunaan bata ringan pada pekerjaan konstruksi. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan bata ringan antara lain:

1. Lebih mudah saat pengecoran karena tidak ada agregat kasar.
2. Bobot bata ringan lebih ringan dari pada batu bata merah, sehingga pembebanan pelat dan balok dapat dikurangi.
3. Tekstur halus dan ukuran lebih presisi, pemasangan bata terlihat rapi dan plasteran bisa lebih tipis.
4. Bata ringan memiliki bentuk yang akurat dan mudah dipasang sehingga mempercepat dan mempermudah proses konstruksi.
5. Bata ringan yang lebih ringan dari batu bata merah dapat mempercepat proses pekerjaan dan tidak mengeluarkan tenaga yang banyak dalam pengangkatannya.

Bata ringan yang umum digunakan dalam pekerjaan konstruksi bangunan ada 2 (dua) jenis yaitu, *Autoclaved Aerated Concrete (ACC)*

dan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)*. Bata CLC adalah jenis bata ringan yang dibuat dengan memasukkan *foam* (busa) ke dalam campuran mortar bata. Menurut Dika (2019) dalam Suryanita (2020) bata ringan CLC memiliki densitas antara 400 sampai 1.800 kg/m³. Sedangkan Bata ringan AAC adalah beton selular yang gelembung udaranya dihasilkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang seperti pada proses pembuatan roti saat penambahan ragi untuk mengembangkan adonan.



Gambar 1. 1. Ilustrasi Bata Ringan
Sumber: Syahril (2022)

Dewasa ini penelitian di bidang rekayasa material dan bahan sudah melahirkan berbagai macam bahan tambahan yang bermanfaat untuk meningkatkan kualitas dari bata ringan, baik itu penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengisi aspal, abu cangkang kelapa sawit sebagai tambahan untuk beton normal dan lain sebagainya. Sejalan dengan itu, penelitian ini memanfaatkan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS).

Pemanfaatan ATKKS sebagai penambahan pada bata ringan dimaksudkan sebagai inovasi pemanfaatan ATKKS yang selama ini

hanya dijadikan sebagai pupuk. ATKKS sebagai bahan tambahan pada pembuatan bata ringan, ini dikarenakan kelapa sawit menjadi salah satu komoditi terbesar di Kabupaten Kampar. Kabupaten Kampar memiliki area perkebunan kelapa sawit seluas ± 226.169 hektar pada tahun 2021, dengan area seluas itu dapat memproduksi $\pm 2.868.627$ ton kelapa sawit (Kanadia dan Nugraha, 2022). Falah dan Nelza (2019) mengutip Syukri (2019) yang menjelaskan bahwa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) memiliki bobot 23% dari tandan buah segar. Kandungan dari TKKS menurut Novitri dan Nova (2010) dalam Falah dan Nelza (2019) adalah 36,81% selulosa, 27,01% hemiselulosa dan 15,07% lignin.

Berdasarkan uraian sebelumnya, fokus penelitian ini terletak pada varietas bata CLC karena kemudahan produksinya dengan menggunakan peralatan yang sudah ada dan tanpa memerlukan peralatan khusus, berbeda dengan bata ringan AAC yang membutuhkan bahan dan peralatan khusus yang besar. Diharapkan dengan penambahan ATKKS sebagai bahan tambahan, akan memberikan keuntungan bagi karakteristik bata ringan CLC yang akan dihasilkan.

1. 2. Rumusan Penelitian

Rumusan penelitian merupakan pedoman pada sebuah penelitian, dan menegaskan hal-hal utama yang akan diteliti dari suatu masalah. Rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan ATKKS sebagai bahan tambahan terhadap bobot isi kering oven bata ringan CLC?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ATKKS sebagai bahan tambahan terhadap kuat tekan bata ringan CLC?

1.3. Batasan Penelitian

Penulis membatasi penelitian ini agar penelitian tidak terlalu luas cakupannya dan tetap pada maksud atau tujuan yang ditetapkan, adapun batasan masalah yang dimaksud adalah:

1. Penelitian ini menggunakan standar pengujian SNI 8640-2018 dalam skala laboratorium. Namun, susut pengeringan tidak diuji karena alat ukur *Demountable Mechanical (DEMEC)* tidak tersedia.
2. Bata ringan CLC dibuat dengan menggunakan *Foaming Agent (FA)* dengan rasio pencampuran 1 liter FA per 50 liter air (1:50) sesuai rekomendasi produsen.
3. ATKKS yang digunakan merupakan hasil dari insinerator dari PT. Fortius Agro Asia (FAA). Penambahan ATKKS untuk penelitian ini 1%, 1,5% dan 2% dari bobot semen rencana, dan sebagai pembanding disiapkan bata ringan CLC tanpa penambahan ATKKS.
4. *Foam generator* yang digunakan merupakan hasil Tugas Akhir dari Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pahlawan.

5. Pengujian karakteristik bata ringan CLC dilakukan pada umur 7, 14, dan 28 hari, dengan total 36 sampel.
6. Distribusi kebutuhan sampel penelitian dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 1. 1. Jumlah Sampel Penelitian

No.	Kode Sampel	Jumlah Sampel per Hari Pengujian		
		7	14	28
1	CLC	3	3	3
2	CLC+1%ATKKS	3	3	3
3	CLC+1,5%ATKKS	3	3	3
4	CLC+2%ATKKS	3	3	3
TOTAL		12	12	12

7. Ukuran sampel penelitian mengacu pada SNI 8640-2018 yaitu 15 x 20 x 60 cm.
8. Pengadukan campuran mortar bata ringan menggunakan mesin molen, sedangkan pengadukan campuran mortar dengan busa dilakukan dengan cara manual.

1. 4. Tujuan Penelitian

Fungsi tujuan penelitian adalah mengungkapkan keinginan penulis untuk mendapatkan jawaban yang didasari oleh rumusan masalah penelitian yang diajukan, berikut adalah tujuan penelitian ini dilakukan:

1. Mengkaji pengaruh penambahan ATKKS sebagai bahan tambahan terhadap bobot isi kering oven bata ringan CLC.
2. Mengkaji pengaruh penambahan ATKKS sebagai bahan tambahan terhadap kuat tekan bata ringan CLC.

1. 5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang penulis harapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), terhadap pemanfaatan ATKKS di bidang konstruksi.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam peningkatan reputasi universitas. Hasil penelitian dapat menjadi bukti kontribusi Universitas dalam menciptakan solusi berkelanjutan dalam industri konstruksi.
3. Hasil penelitian ini diharapkan adalah sebagai referensi masyarakat atau produsen bata ringan untuk mendapatkan komposisi optimal dan hasil kuat tekan bata ringan dengan penambahan ATKKS.
4. Memanfaatkan limbah ATKKS pada dunia konstruksi untuk memberikan inovasi penggunaan ATKKS pada pembuatan bata ringan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2. 1. Penelitian Relevan

Penelitian ini tidak terlepas dari penelitian yang telah ada sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan, berikut penelitian relevan yang penulis jadikan acuan:

1. Penelitian Syapawi et al. (2022) menggunakan metode pembuatan bata ringan CLC dengan mengganti atau substitusi bata kapur sebesar 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat semen. Hasil penelitian menunjukan nilai kuat tekan bata ringan CLC selama 7 hari adalah sebesar 2,0 MPa dengan substitusi batu kapur sebanyak 5%, 10%, dan 15% berturut-turut adalah sebesar 2,2 MPa, 2,3 MPa, serta 4,3 MPa. Kuat tekan bata ringan CLC normal pada umur 14 hari adalah sebesar 2,6 MPa, dengan substitusi batu kapur sebanyak 5%, 10%, dan 15% berturut-turut adalah sebesar 3,2 MPa, 3,1 MPa, serta 4,6 MPa. Sedangkan kuat tekan bata ringan berumur 28 hari adalah sebesar 3,3 MPa, dengan substitusi batu kapur sebesar 5%, 10%, dan 15 % berturut-turut adalah sebesar 3,3 MPa , 3,6 MPa, serta 5,7 MPa. Lebih lanjut, pada pengujian berat isi bata ringan berusia 28 hari dengan substitusi batu kapur berturut-turut sebesar 5%, 19% dan 15% di dapat hasil sebesar 867,6 kg/m³, 1.201,6 kg/m³, 1.110,1

kg/m³, dan 1.426,1 kg/m³. berdasarkan hasil maka disimpulkan bahwa bata ringan yang kami teliti dapat direkomendasikan dan dapat digunakan dalam pembuatan bata ringan pada penggunaan komersial.

2. Penelitian Noprian et al. (2021) yang bertujuan untuk mengetahui besarnya pengaruh substitusi abu sekam padi dengan variasi 0%, 12%, 15%, 17%, 20%, dan 40% *Foam Agent* pada kuat tekan, berat jenis dan penyerapan bata ringan. Hasil uji berat jenis variasi abu sekam padi 0%, 12%, 15%, 17%, 20%, berturut-turut 1.451,67 kg/m³, 1.358,25 kg/m³, 1.300,76 kg/m³, 1.281,59 kg/m³, dan 1.207,33 kg/m³, dan hasil uji kuat tekan pada 28 hari sebesar 1,91 Mpa, 1,55 MPa, 1,25 MPa, 12,52 MPa, dan 0,79 MPa, serta hasil uji penyerapan air sebesar 18,87%, 29,60%, 25,89%, 30,01%, 31,92%. Pengaruh abu sekam padi sebagai substitusi semen dapat menaikkan penyerapan air dan menurunkan kuat tekan serta berat jenis pada bata ringan.
3. Penelitian Tondok dan Mastor (2019) abu batu gamping dengan variasi 0 %, 10 %, 15 % dan 20 % pada bata ringan, FA yang digunakan 40% terhadap bobot bata ringan. Benda uji berukuran 20 x 10 x 5 cm sebanyak 36 benda uji . Hasil uji nilai berat jenis variasi abu batu gamping 0% , 10%, 15%, 20% berturut-turut 1.103,33 kg/m³, 1.160 kg/m³, 1.200 kg/m³, 1.226,67 kg/m³ termasuk beton ringan kelas V berdasarkan ASTM C-495, dan

hasil uji kuat tekan pada 28 hari berturut-turut 0,58 MPa, 0,67 MPa, 0,92 MPa, dan 1 MPa, maka kadar optimum adalah 20% yakni sebesar 1 MPa, serta penyerapan air berturut-turut sebesar 17,23%, 16,10%, 15,84%, 15,78% memenuhi syarat penyerapan maksimum 25%.

4. Penelitian Widyastutik (2018) menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan membuat benda-benda uji yang berupa bata ringan CLC dengan campuran 1 bagian berat bahan pengikat (semen portland) dan 2,75 bagian berat agregat (pasir) beserta *Foam* dan tambahan *superplasticizer* 0%, 0,3%, 0,6%, 0,96%, dan 1,44%, diperoleh hasil kuat tekan optimum untuk pelat bisa menggunakan 1,44 % *superplasticizer* dan 75% *foam* yang hasil tes kuat tekan sampai 7 MPa, dengan masa jenis 59,92 kg/m³.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas terdapat kesamaan dengan penelitian yang penulis lakukan, yakni sampel merupakan bata ringan CLC dengan menggunakan FA. Sebuah penelitian tentu tidak diperbolehkan menduplikasi yang telah ada secara keseluruhan, untuk meningkatkan keaslian penelitian ini maka pembeda yang penulis tetapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan ATKKS sebagai bahan tambahan dengan persentase 1%, 1,5% dan 2% dari berat semen.

2. Pengujian dan ukuran sampel mengacu pada SNI 8640-2018 yaitu 15 x 20 x 60 cm.
3. Pengujian karakteristik agregat halus mengacu kepada SNI terbaru seperti, pengujian berat jenis dan penyerapan air menggunakan SNI 1970-2016, dan pengujian kadar organik menggunakan SNI 2816-2014.

2. 2. Kajian Teori

2. 2. 1. Pengertian dan Klasifikasi Bata Ringan

Bata ringan adalah bata yang memiliki berat jenis lebih ringan dari bata pada umumnya dan memiliki kuat tekan 1 MPa – 15 MPa. Material Penyusun Bata Ringan adalah semen portland, agregat halus, dan air digunakan untuk memicu proses kimiawi semen serta untuk membasahi agregat dan akan memberikan kemudahan pada adukan bata (Norian et al, 2021). Hamidi (2019) mengutip pernyataan Arita (2018) yang menyebutkan bata ringan merupakan batu bata yang memiliki berat jenis lebih ringan dari batu bata umumnya, terutama bata yang terbuat dari tanah lempung yakni berkisar $600 - 1.800 \text{ kg/m}^3$. SNI 8640-2018 membedakan atas kategori berat seperti tabel berikut ini:

Tabel 2. 1. Kategori Berat Bata Ringan

Kategori Berat Ditinjau dari Berat Kering Oven (kg/m ³)	Bata Struktural		Bata Non-struktural	
	Terekspos Lingkungan (<i>Outdoor</i>)	Tidak Terekspos Lingkungan (<i>Indoor</i>)	Terekspos Lingkungan (<i>Outdoor</i>)	Tidak Terekspos Lingkungan (<i>Indoor</i>)
	IA	IB	IIA	IIB
500	-	-	400 - 600	
700	-	600 - 800	600 - 800	
900	800 - 1.000		800 - 1.000	
1.100	1.000 - 1.200		1.000 - 1.200	
1.300	1.200 - 1.400		1.200 - 1.400	

Sumber: SNI 8640-2018 (Badan Standardisasi Nasional, 2018)

Bata ringan tentunya memiliki keunggulan dan kelemahan sebagai bahan konstruksi, Kania (2018) menjabarkan keunggulan bata ringan adalah sebagai berikut:

1. Bata ringan memiliki ukuran yang dimensi yang seragam, sehingga dapat menghasilkan dinding yang rapi.
2. Biaya pembuatan bata ringan terbilang murah karena menggunakan bahan dasar yang mudah diperoleh.
3. Bata ringan dapat dibuat dan dicetak dalam bentuk maupun ukuran yang sesuai dengan keinginan tanpa mempengaruhi kualitasnya.
4. Bata ringan memiliki dimensi yang lebih presisi, serta tingkat kerataan yang lebih baik apabila di dibandingkan dengan bata merah.
5. Bata ringan berfungsi sebagai isolator panas dengan menggunakan pori-pori pada permukaannya untuk menyerap dan meminimalkan hantaran panas dari luar.

Selain dari keunggulan, ada beberapa kelemahan yang dimiliki oleh bata ringan sebagai bahan konstruksi, berikut kelemahan bata ringan menurut Arafuru (2022):

1. Penggunaan bata ringan dapat membuang sisa yang banyak untuk permukaan tanggung, sehingga menimbulkan pemborosan.
2. Pada proses pengeringannya yang lama jika terkena air saat proses pemasangannya.
3. Tekstur permukaannya yang halus kadang-kadang menyebabkan kesulitan dalam merekatkannya.
4. Relatif sulit mendapatkannya karena hanya toko bangunan berskala besar yang menjual bata ringan.

SNI 8640-2018 (Badan Standardisasi Nasional, 2018) mengklasifikasikan bata ringan menjadi 2 (dua) jenis yaitu bata AAC dan CLC. Bata AAC merupakan bata ringan yang diproduksi melalui penambahan bahan kimia penghasil busa udara dalam campuran bata ringan segar, proses *curing* bata ringan ini dilakukan dengan menggunakan bejana tekanan yang mempertahankan suhu dan tekanan tinggi. Bata CLC adalah bata yang diproduksi dengan mencampurkan busa udara yang telah berbentuk sebelumnya dengan menggunakan mesin pembuat busa ke dalam campuran mortar yang telah diaduk sebelumnya. Berdasarkan fungsi dan kondisi bata ringan maka bata ringan harus memenuhi syarat-syarat berikut:

Tabel 2. 2. Syarat Fisis Bata Ringan.

Syarat Fisis	Satuan	Bata Struktural		Bata Non-struktural	
		<i>Outdoor</i>	<i>Indoor</i>	<i>Outdoor</i>	<i>Indoor</i>
Kelas	-	IA	IB	IIA	IIIB
Kuat Tekan Rata-rata Min.	MPa	6	4	2	
Kuat Tekan Individu Min.	MPa	5,4	3,6	1,8	
Penyerapan Air Maks.	%	25	-	25	-
Tebal Min.	mm	98		98	73
Susut Pengeringan Maks.	%	0,2			

Sumber: SNI 8640-2018 (Badan Standardisasi Nasional, 2018)

2. 2. 2. Bahan Penyusun Bata Ringan

Bahan dasar pembentuk/penyusun bata ringan pada penelitian ini terdiri dari semen, pasir, ATKKS dan FA. Umumnya, bata tersusun atas dua komponen yaitu bahan *binder* (bahan pengikat) dan bahan *filler* (bahan pengisi). Semen dan air berperan sebagai *binder* dimana semen yang terhidrasi oleh air akan mengikat agregat halus sedangkan agregat yang terdiri atas pasir, agregat lainnya merupakan bahan pengisi (*filler*) dari bata. FA merupakan komponen tambahan yang digunakan untuk memperbesar volume bata dan memperkecil massa bata sehingga disebut bata ringan. ATKKS dijadikan variabel tambahan di fungsikan sebagai bahan pengisi penambahan bata ringan dan difungsikan untuk memperkuat struktur bata ringan, adapun penyusun bata ringan yaitu:

1. Semen Portland

Semen *Portland* merupakan semen yang memiliki sifat mengikat yang mana semen ini berasal dari akhir dari penggilingan terak semen terutama kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih

bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain SNI 2049-2004 (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

2. Agregat Halus

Agregat halus, yang sering disebut pasir alam, adalah partikel-partikel kecil dengan ukuran maksimum 5,0 mm. Dalam pembuatan bata ringan, agregat halus yang digunakan adalah pasir alam yang memenuhi persyaratan spesifikasi, dengan ukuran antara 0,063 mm hingga 4,76 mm (Syapawi, 2022). Menurut SNI 03-6861.1-2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002) pasir yang dapat digunakan untuk campuran adalah sebagai berikut:

- a. Kadar lumpur pada permukaan pasir tidak boleh melebihi 5%. Jika melebihi, harus dilakukan pencucian sebelum digunakan.
- b. Angka kehalusan (*fineness Modulus*) antara 1,5 - 3,8.
- c. Masuk salah satu zona gradasi menurut zona 1, 2, 3, dan 4.
- d. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik (zat hidup) terlalu banyak dan harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan larutan *NaOH* 3%, dengan standar tidak boleh lebih dari nomor 3 (tiga).

3. Air

Air di SNI 03-6861.1-2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002) merupakan bahan yang digunakan untuk pembuatan dan

perawatan beton, pemadatan kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Syarat air sebagai bahan bangunan:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gr/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton lebih dari 15 gr/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1.000 p.p.m sebagai SO_3 .

4. *Foam Agent* (FA)

FA adalah suatu larutan perekat yang berasal dari suatu bahan surfaktan yang apabila akan di gunakan harus terlebih dahulu dilarutkan ke dalam air yang merupakan larutan koloid (Syapawi, 2022). Surfaktan sintetis yang digunakan dalam *Foam Agent* (FA) dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat hidroliknya berdasarkan bagian-bagian molekul yang larut dalam air sebagai berikut:

- a. Anionik, sekitar 70% surfaktan akan menghasilkan busa.
- b. Kationik, akan menghasilkan busa dengan persentase kurang dari 5% dengan hidrofilik positif.

- c. Non-Ionik (Polar) menghasilkan 25% busa netral, diketahui pula bahwa berkurangnya muatan listrik akan memberikan adaptabilitas yang lebih tinggi pada campuran beton ringan.

5. Bahan Tambahan

SNI 7656-2012 menjelaskan bahan tambahan (*admixture*) adalah bahan berupa bubuk atau cairan, yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya (Badan Standardisasi Nasional, 2012). Fungsi bahan-bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifatnya agar cocok untuk pekerjaan tertentu, ekonomis atau untuk tujuan lain seperti menghemat biaya (Suryanita, 2020).

2. 2. 3. Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS)

ATKKS merupakan salah satu limbah padat Perusahaan Kelapa Sawit (PKS) yang terbentuk dari pembakaran Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang berlangsung pada tungku (*incenerator*) bakar. TKKS dikeringkan terlebih dahulu dan kemudian dibakar hingga mencapai suhu tinggi untuk mengubahnya menjadi abu. Muhti (2018) dalam Susilo (2021) menyatakan kandungan ATKKS 35-40% kalium oksida (K_2O), 7% pentaoksida difosforus (P_2O_5), 9% kalsium (Ca) dan 3% magnesium oksida (MgO) dengan pH 9,9.

Kandungan-kandungan ATKKS tersebut mengindikasikan abu tersebut dapat digunakan sebagai bahan tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas bata ringan. Hal ini dikarenakan ATKKS

mengandung senyawa silika dan kalsium oksida yang berperan dalam pembentukan struktur bata ringan.

2. 2. 4. Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat halus bertujuan untuk memastikan kualitasnya. Pemeriksaan untuk agregat halus ini meliputi:

1. Pengujian Berat Jenis

SNI 1970-2016 (Badan Standardisasi Nasional, 2016) menjabarkan berat jenis adalah nilai perbandingan berat butiran agregat halus kering udara dengan berat air yang beratnya sama dengan volume sampel pada suhu atau temperatur yang sama, pengujian ini akan diolah menggunakan persamaan berikut:

$$S_d = A / (B + S - C) \dots\dots\dots (1)$$

$$S_s = S / (B + S - C) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

S_d = Berat jenis curah.

S_s = Berat jenis jenuh kering permukaan.

S = Berat sampel kondisi jenuh kering permukaan (gram).

A = Berat sampel kering oven (gram).

B = Berat piknometer yang berisi air (gram).

C = Berat piknometer dengan sampel dan air sampai batas pembacaan (gram).

2. Pemeriksaan Gradasi Butir dengan Analisa Saringan

Prosedur yang digunakan untuk pengujian ini mengacu pada SNI ASTM C136-2012 yang mencakup metode penentuan pembagian ukuran agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan teknik penyaringan (Badan Standardisasi Nasional, 2012). Pemeriksaan ini akan menentukan jenis pasir berdasarkan daerah gradasinya yang merujuk pada tabel berikut:

Tabel 2. 3. Batas Gradasi Agregat Halus Berdasarkan Zona

No.	Ukuran Lubang Saringan (mm)	Butiran Agregat yang Lewat Saringan (%)			
		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
1	9,5	100	100	100	100
2	4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
3	2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
4	1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
5	0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
6	0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
7	0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SNI 03-2834-2002 (Badan Standardisasi Nasional, 2002)

Distribusi butiran dari hasil penyaringan, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\%T = (E/W) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$\%Tk = \%T \text{ sebelumnya} + \%T \dots\dots\dots (4)$$

$$\%Lk = 100 - \%T \dots\dots\dots (5)$$

$$FM = \%Tk \text{ total} / 100 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

$\%T$ = Persentase tertahan (%).

E = Berat total sampel (gram).

W = Berat sampel tertahan per saringan (gram).

$\%Tk$ = Persentase tertahan kumulatif (%).

$\%Lk$ = Persentase lolos kumulatif (%).

FM = Modulus kehalusan (*fine modulus*).

3. Pengujian Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur bertujuan untuk menentukan persentase kandungan lumpur pada agregat halus. Pengujian ini mengacu pada SNI 03-4428-1997 (Badan Standardisasi Nasional, 1997). Kadar lumpur yang tinggi dapat menyebabkan retak dan susut yang disebabkan sifat kembang susut dari lumpur. Kadar lumpur agregat halus dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini:

$$SP = \left(\frac{B}{A} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

SP = Kadar lumpur.

B = Skala pembacaan permukaan lumpur.

A = Skala pembacaan pasir.

4. Kadar Organik

Pemeriksaan kadar organik bertujuan untuk menentukan kandungan zat organik pada agregat halus. Berdasarkan SNI 2816-2014 (Badan Standardisasi Nasional, 2014), standar kandungan zat organik pada agregat halus adalah No. 3 pada *organic plate*. Kandungan zat organik yang tinggi dapat menghambat proses hidrasi beton. Uji adanya zat organik dalam

agregat halus dapat dilakukan dengan larutan natrium hidroksida (NaOH) 3%. Pada metode ini, zat organik didiamkan dalam larutan NaOH selama ± 24 jam. Pasal 9.1 pada SNI 2816-2014 menjelaskan kegunaan proses standar warna kaca agar dapat memilih warna yang lebih akurat dari cairan *supernatant* sampel uji (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Lakukan penggunaan lima standar warna pada kaca berikut untuk tujuan tersebut:

Tabel 2. 4. Nomor Standar Warna Kadar Organik

Nomor Standar Warna Gardener	Nomor Pelat Organik
5	1
8	2
11	3 (standard)
14	4
16	6

Sumber: SNI 2816-2014 (Badan Standardisasi Nasional, 2014)

2. 2. 5. Perencanaan Campuran (*Mix Design*)

Perencanaan komposisi campuran bata ringan merujuk Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2014 yang diaplikasikan oleh Suryanita (2020), perhitungan perencanaan campuran bata ringan sebagai berikut:

1. Menetapkan densitas rencana serta jumlah semen rencana, kemudian tentukan kebutuhan semen rencana (a) dan faktor air semen rencana (F_{as}), setelah itu hitung volume kebutuhan semen (V_{sr}) dan kebutuhan air (V_{ar}) untuk 1 m^3 campuran menggunakan persamaan berikut:

$$V_{sr} = a / B_{j_{semen}} \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{ar} = (a \times F_{as}) / B_{j_{air}} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

$B_{j_{semen}}$ = Berat jenis semen (3.150 kg/m³).

$B_{j_{air}}$ = Berat jenis air (1.000 kg/m³).

2. Hitung volume campuran pasir dan busa (V_{pf}) dalam 1 m³ campuran dengan persamaan berikut:

$$V_{pf} = 1 - V_{sr} - V_{ar} \dots\dots\dots(10)$$

3. Tentukan persentase kebutuhan pasir rencana ($\%K_{pr}$) dalam 1 m³ campuran pada bata ringan, dan hitung kebutuhan pasir rencana (K_{pr}) dengan persamaan berikut:

$$K_{pr} = \%K_{pr} \times S_s \times V_{pf} \times 1.000 \dots\dots\dots(11)$$

Keterangan:

S_s = Berat jenis jenuh kering permukaan pasir sesuai dengan hasil pemeriksaan.

4. Hitung kebutuhan busa rencana (K_{fr}) dengan rumus berikut:

$$K_{fr} = (100 - \%K_{pr}) \times B_{j_{foam}} \times V_{pf} \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan:

$B_{j_{foam}}$ = Berat jenis busa (75 kg/m³).

5. Menentukan volume sampel pengujian (V) untuk jumlah sampel (n) yang diperlukan, dengan persamaan berikut:

$$V = n \times p \times l \times t \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan:

n = Jumlah sampel yang direncanakan.

p = Panjang sampel (m).

l = Lebar sampel (m).

t = Tebal sampel (m).

6. Hitung kebutuhan material untuk n sampel dengan persamaan berikut:

$$\text{Kebutuhan Semen} = V \times a \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{Kebutuhan Air} = V \times (a \times F_{as}) \dots\dots\dots(15)$$

$$\text{Kebutuhan Pasir} = V \times K_{pr} \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{Kebutuhan Foam} = V \times K_{fr} \dots\dots\dots(17)$$

2. 2. 6. Perawatan Bata Ringan

Tujuan dilakukan perawatan pada bata ringan adalah untuk menjaga kelembapan yang optimal selama periode awalnya adalah suatu langkah penting untuk mencapai kekuatan yang bertahap namun efektif. Proses perawatan (*curing*) memungkinkan beton mencapai kekuatan 4.000 psi pada usia 28 hari, sedangkan beton yang tidak mengalami *curing* hanya mencapai kekuatan kurang dari 2.000 psi (Bahar dkk., 2005).

SNI 2493-2011 menjelaskan proses *curing* bertujuan untuk mencegah air menguap dari beton yang belum mengeras. Setelah pekerjaan selesai, sebaiknya menutup sampel menggunakan pelat yang tidak menyerap dan tidak bereaksi, atau menggunakan lembaran plastik yang kuat, tahan lama, dan tahan air. Goni basah juga dapat digunakan

untuk menutup sampel, namun harus memastikan agar goni tetap basah hingga sampel dikeluarkan dari cetakan. Perawatan sampel dapat dilakukan dengan merendamnya dalam air atau menyimpannya dalam ruangan kelembapannya tinggi sesuai dengan pedoman AASTHO M 201 (Badan Standardisasi Nasional, 2011).

Perawatan bata ringan dapat mengadopsi salah satu metode yang ada, salah satunya *air curing* yang menyimpan sampel bata ringan dalam suhu ruangan. Sampel disiram menggunakan air selama 3 hari berturut-turut (Suryanita, 2020).

2. 2. 7. Pengujian Kuat Tekan, Bobot Isi, dan Penyerapan Air

SNI 8640-2018 jadi acuan pengujian ini, yang mana mengatur persyaratan dan metode uji bata ringan yang terbuat dari beton dengan rentang bobot isi lebih kecil dari beton normal yang digunakan untuk pasangan dinding bangunan (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Pengujian kuat tekan dilakukan dengan membuat contoh uji menjadi bentuk kubus. Ukuran sampel sesuai dengan tebal rencana, bersihkan sampel hasil pemotongan dari debu dengan semprotan udara kemudian direndam dalam air selama 24 jam \pm 30 menit. Setelah perendaman angkat sampel dan keringkan permukaan dengan kain, kemudian tekan dengan mesin uji. Hasil dari pengujian diolah menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kuat tekan} = P/A \dots\dots\dots (18)$$

Keterangan:

P = Hasil bacaan pengujian (kN)

A = Luas bidang tekan sampel (cm²)

Pengujian berat isi dan penyerapan membutuhkan minimal tiga buah sampel yang berukuran 200 mm x 200 mm x tebal rencana sampel. Hasil pengujian ini diolah menggunakan persamaan berikut:

$$Bl = \left(\frac{B_A}{V} \right) \times 10^6 \dots\dots\dots (19)$$

$$Bl_o = \left(\frac{B_{KO}}{V} \right) \times 10^6 \dots\dots\dots (20)$$

$$Bl_A = \left(\frac{B_{SSD}}{V} \right) \times 10^6 \dots\dots\dots (21)$$

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{(Bl_A - Bl_o)}{Bl_o} \right] \times 100 \dots\dots\dots (22)$$

Keterangan:

B_A = Berat awal sampel (gram)

B_{KO} = Berat kering oven (gram)

B_{SSD} = Berat jenuh kering permukaan (gram)

V = Volume sampel (mm³)

Bl = Bobot isi nominal (kg/m³)

Bl_o = Bobot isi kering oven (kg/m³)

Bl_A = Bobot isi jenuh air (kg/m³)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3. 1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilaksanakan adalah penelitian eksperimen, yang bertujuan untuk mengkaji pengaruh penambahan ATKKS terhadap dua parameter kualitas pada bata CLC, yaitu penyerapan air dan kuat tekan. Penelitian eksperimen merupakan pendekatan yang tepat untuk mengidentifikasi dan menguji hubungan sebab-akibat antara variabel yang diteliti.

Metode penelitian ini melibatkan pembuatan benda bata CLC dengan penambahan ATKKS dalam persentase yang berbeda yaitu 1%, 1,5%, dan 2%, serta sampel tanpa penambahan ATKKS sebagai kontrol. Setiap sampel kemudian akan diuji untuk menilai tingkat penyerapan air dan kuat tekan dengan menggunakan metode standar yang sesuai.

Data yang diperoleh dari penelitian eksperimen ini akan dianalisis secara statistik untuk mengetahui penambahan ATKKS memiliki pengaruh signifikan terhadap penyerapan air dan kuat tekan bata CLC. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman lebih mendalam tentang potensi pemanfaatan ATKKS sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bata CLC serta kontribusinya terhadap kualitas bata ringan yang dihasilkan.

3. 2. Lokasi dan Waktu Penelitian

3. 2. 1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Pahlawan. Laboratorium ini dipilih karena sudah dilengkapi dengan fasilitas yang memadai untuk mengadakan penelitian eksperimen dalam bidang teknik sipil dan konstruksi.



Gambar 3. 1. Lokasi Penelitian

3. 2. 2. Waktu Penelitian

Setelah melakukan seminar proposal pada tanggal 24 Mei 2023, kegiatan penelitian dilakukan selama 39 hari yang dimulai dari tanggal 27 Mei 2023 hingga tanggal 05 Juli 2023. Selama periode tersebut, penulis melakukan inspeksi pada agregat halus dan kasar, menyusun rencana campuran, mencetak sampel, serta menguji karakteristik bata CLC pada usia 7, 14, dan 28 hari.

3. 3. Data dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui

pengujian langsung pada sampel agregat halus yang merupakan agregat halus yang berasal dari salah satu pertambangan di Desa Pulau Terap, Kecamatan Kuok dan sampel bata CLC yang mengandung penambahan ATKKS. Pengujian pada sampel agregat halus dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik yang akan digunakan dalam produksi bata CLC. Sementara itu, pengujian pada sampel bata CLC bertujuan untuk menganalisis dua parameter utama, yaitu penyerapan air dan kuat tekan bata CLC.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari sumber literatur, jurnal ilmiah, dan publikasi terkait yang berkaitan dengan penggunaan ATKKS dalam pembuatan bata CLC. Data sekunder ini digunakan untuk mendukung analisis, perbandingan, dan interpretasi hasil penelitian serta untuk menguatkan temuan yang diperoleh dari data primer.

3. 4. **Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data**

3. 4. 1. **Pengujian Kadar Lumpur**

Tahap analisis kandungan lumpur dilakukan melalui metode pengendapan yang dilakukan sebanyak tiga kali dalam rangka memastikan hasil yang konsisten. Tahapan pengujian meliputi:

1. Persiapkan perangkat pengujian yang berupa gelas ukur berkapasitas 1.000 ml, corong, kain lap, plastik dan karet.
2. Persiapkan sampel dan masukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 1/3 volume gelas ukur.

3. Tambahkan air pada gelas ukur hingga $\frac{3}{4}$ volume gelas ukur.
4. Tutup gelas ukur dengan plastik dan ikat dengan karet yang sudah disiapkan.
5. Kocok sampel uji selama ± 30 menit yang bertujuan untuk memisahkan bagian butir pasir dan lumpur.
6. Simpan dan biarkan sampel selama ± 24 jam agar membentuk 3 (tiga) lapisan yaitu air, lumpur dan butiran pasir.
7. Lakukan pengukuran ketinggian lapisan pasir guna memperoleh data skala bacaan (*A*).
8. Selanjutnya lakukan pada lapisan lumpur untuk mendapatkan skala bacaan (*B*).
9. Olah data bacaan tersebut menggunakan persamaan (7) guna memperoleh persentase kadar lumpur dalam sampel.
10. Langkah ke-2 hingga 9 akan diulang untuk setiap sampel uji, lalu nilai rata-rata dari kandungan lumpur akan diambil sebagai hasil akhir.

3. 4. 2. Pengujian Kadar Organik

Proses analisis kandungan organik dilakukan tiga kali untuk memastikan hasil yang stabil. Rangkaian tahap pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan perangkat yang diperlukan, seperti botol kaca berkapasitas sekitar 240 ml hingga 470 ml.
2. Menyiapkan larutan pereaksi berupa NaOH 3%.

3. Mengisi botol kaca dengan sampel agregat halus yang akan diuji, dengan volume sekitar 130 ml.
4. Menambahkan larutan pereaksi dalam jumlah sekitar 200 ml ke dalam botol.
5. Menutup botol dengan erat, kocok kuat-kuat, dan kemudian diamkan selama ± 24 jam.
6. Setelah ± 24 jam, amati perubahan warna sampel uji dengan menggunakan pelat organik sebagai kontrol, dan selanjutnya menyesuaikannya dengan data yang tercantum dalam tabel 2. 4.

3. 4. 3. Pengujian Analisa Saringan

Pada tahap ini juga dilaksanakan dua kali pengujian, maksud dan tujuannya untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan karakteristik butiran pasir yang digunakan untuk pembentukan bata CLC. Berikut tahap pemeriksaan yang dilakukan:

1. Siapkan alat yang dibutuhkan yaitu, timbangan, saringan, pengguncang saringan mekanis, oven.
2. Siapkan sampel yang merupakan agregat halus, keringkan hingga beratnya tidak berubah lagi menggunakan oven dengan suhu 110 ± 5 °C.
3. Timbang sampel dalam kondisi kering oven sebanyak 500 gram (*E*).
4. Susun saringan berdasarkan tabel 2. 3, kemudian lakukan penyaringan menggunakan alat pengguncang selama ± 15 menit.

5. Timbang berat sampel tertahan per saringan (W_1, W_2, \dots, W_n) dan hitung persentase tertahan ($\%T$) menggunakan persamaan (3).
6. Hitung persentase tertahan kumulatif ($\%Tk$) menggunakan persamaan (4), persentase lolos kumulatif ($\%Lk$) menggunakan persamaan (5) dan modulus kehalusan (FM) menggunakan persamaan (6).
7. Lakukan langkah 3 sampai dengan langkah 6 untuk sampel berikutnya.

3. 4. 4. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pada tahap ini, penulis menggunakan dua sampel pengujian untuk mengumpulkan dan menganalisis data. Berikut adalah langkah-langkah yang penulis jalankan:

1. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan adalah langkah awal dalam proses pengujian agregat halus. Peralatan yang diperlukan termasuk timbangan, piknometer, oven, alat pengukur suhu, ayakan dengan ukuran 4,75 mm, talam, dan bejana tempat air.
2. Persiapkan agregat halus sebanyak sekitar 1 kg untuk diuji. Keringkan agregat halus dalam wadah menggunakan oven pada suhu 110 ± 5 °C hingga beratnya tidak berubah lagi. Setelah itu, biarkan agregat dingin hingga mencapai suhu yang dapat disentuh dengan tangan kosong. Setelah mencapai suhu tersebut, basahi agregat dengan air dan rendam selama 15-19 jam.

3. Uji kondisi kering jenuh permukaan dengan melakukan pengujian cetakan kerucut. Timbang agregat dalam kondisi kering jenuh permukaan (S) sebanyak 500 ± 10 gram dan catat pada tabel pengujian.
4. Isi piknometer dengan air sebanyak 50% kapasitas piknometer, kemudian masukkan agregat yang telah ditimbang sebelumnya.
5. Tambahkan air hingga 90% kapasitas piknometer, lalu guncang atau putar piknometer selama ± 20 menit untuk mengurangi adanya gelembung udara yang tertangkap pada agregat. Pastikan agar suhu piknometer, air, dan agregat sesuai dengan suhu ruangan.
6. Setelah itu penuhkan piknometer sampai batas bacaan pengukuran. Timbang berat total piknometer, air, dan agregat (C) dan catat pada tabel pengujian.
7. Keluarkan agregat dari piknometer, keringkan dalam oven pada suhu 110 ± 5 °C selama ± 24 jam. Setelah itu, dinginkan agregat pada suhu ruangan selama $1 \pm 0,5$ jam, kemudian timbang berat agregat kering oven (A) dan catat pada tabel pengujian.
8. Timbang piknometer pada saat terisi air saja (B) sampai atas bacaan, dengan suhu sesuai dengan suhu ruangan saat menimbang berat A dan catat pada tabel pengujian.
9. Hitung berat jenis curah (S_d) dan berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) menggunakan persamaan (1) dan (2).

10. Lakukan langkah 3 sampai dengan langkah 9 untuk sampel berikutnya.

3. 4. 5. Perencanaan, Pencampuran Bahan Campuran, dan Perawatan Sampel

Perencanaan campuran mengacu pada pedoman Kementerian Umum tahun 2014 dan mengikuti prosedur perencanaan sebagaimana yang dijelaskan pada poin 2. 2. 5. Setelah memperoleh semua komposisi bahan yang diperlukan, langkah pencampuran dilakukan sebagai berikut:

1. Persiapkan peralatan yang dibutuhkan, seperti alat pengaduk (molen), sekop, timbangan, wadah penampung dan cetakan yang sesuai dengan ukuran yang ditentukan.
2. Pastikan semua bahan dalam keadaan bersih dan bebas dari kontaminasi bahan lain.
3. Campurkan semen dan pasir dalam molen dengan perbandingan yang telah ditentukan sesuai desain campuran.
4. Campurkan bahan-bahan tersebut secara merata hingga terbentuk campuran homogen.
5. Perlahan-lahan tambahkan air ke dalam campuran semen dan pasir sambil terus diaduk, pastikan bahwa jumlah air yang ditambahkan sesuai dengan desain campuran untuk mencapai konsistensi yang diinginkan.

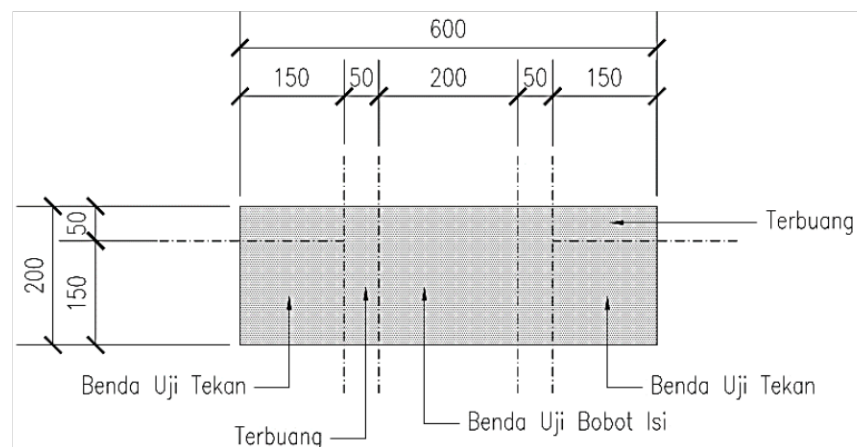
6. Sampel dengan variasi ATKKS, dicampurkan setelah air, semen dan pasir tercampur dengan baik. Masukkan bahan tambahan ATKKS sesuai dengan variasi yang ditentukan, dan lanjutkan pengadukan hingga homogen.
7. Persiapkan FA sesuai dengan pedoman penggunaan yang direkomendasikan oleh produsen FA, dan gunakan *foam generator* untuk menghasilkan busa yang stabil.
8. Campurkan busa yang dihasilkan *foam generator* ke dalam molen yang berisikan campuran mortar secara perlahan, pastikan busa terdistribusi secara merata dalam campuran.
9. Lanjutkan pengadukan campuran secara merata hingga campuran mencapai konsistensi yang diinginkan dan semua bahan tercampur sempurna.
10. Tuangkan campuran bata ringan CLC ke dalam cetakan bata yang telah disiapkan hingga penuh dan ratakan permukaannya.
11. Jika perlu, padatkan campuran menggunakan alat pemadat atau getaran untuk menghilangkan rongga udara yang berlebihan.
12. Biarkan campuran selama ± 24 jam agar mengeras dan mengering sehingga dapat dilepaskan dari cetakan dan disimpan pada suhu ruangan $25-27^{\circ}\text{C}$.
13. Lakukan perawatan sesuai dengan poin 2. 2. 6, yang dilakukan selama 3 hari setelah sampel dilepaskan dari cetakan.

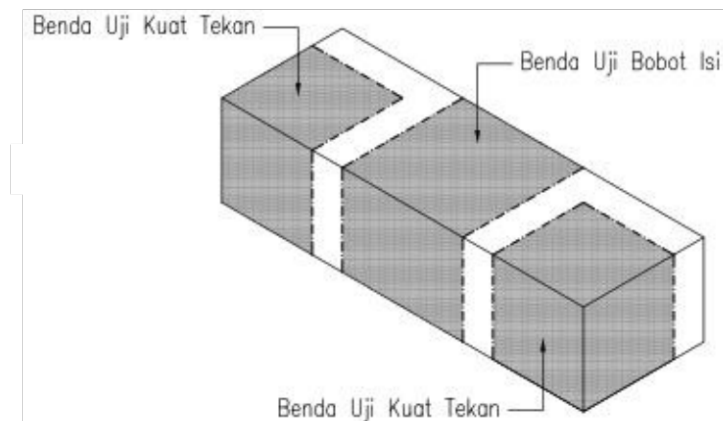
- Perawatan tersebut merupakan penyiraman yang dilakukan selama 3 kali sehari dengan membasahi seluruh permukaan bagian bata ringan.

3. 4. 6. Pengujian Bobot Isi dan Penyerapan Air

Pengujian ini mengikuti standar SNI 8640-2018, menggunakan sampel berukuran 200 mm x 200 mm x tebal. Pengujian dilakukan pada sampel yang telah berumur 7, 14, dan 28 hari dengan langkah-langkah berikut:

- Siapkan peralatan yang diperlukan seperti, mistar, timbangan, pemotong, dan oven.
- Potong sampel yang ukuran semula 150 x 200 x 600 mm dengan skema berikut:





Gambar 3. 2. Skema Pemotongan dan Pemanfaatan Sampel

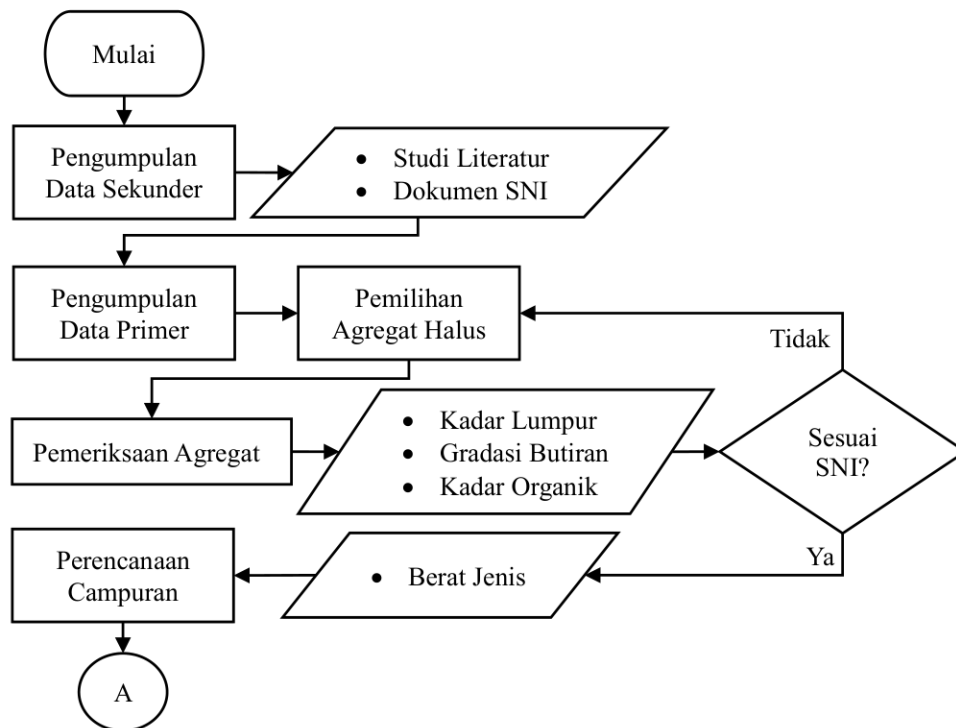
3. Setelah pemotongan, bersihkan sampel dari debu bekas pemotongan dan ditimbang berat awalnya (B_A).
4. Selanjutnya, sampel harus dikeringkan dalam oven pada suhu 110 ± 5 °C selama periode 24 jam hingga mencapai berat tetap. Setelah itu timbang berat sampel dalam kondisi kering oven (B_{KO}).
5. Lakukan pengukuran panjang, lebar, dan ketebalan sampel untuk perhitungan volume (V).
6. Sampel kemudian direndam dalam air selama 24 jam \pm 30 menit.
7. Setelah proses perendaman selesai, angkat sampel, lap dengan kain, dan timbang dalam keadaan permukaan kering (B_{SSD}).
8. Olah data yang diperoleh menggunakan persamaan (19) hingga persamaan (22) untuk mendapatkan bobot isi nominal, bobot isi kering oven, bobot isi jenuh air dan penyerapan air.

3. 4. 7. Pengujian Kuat Tekan

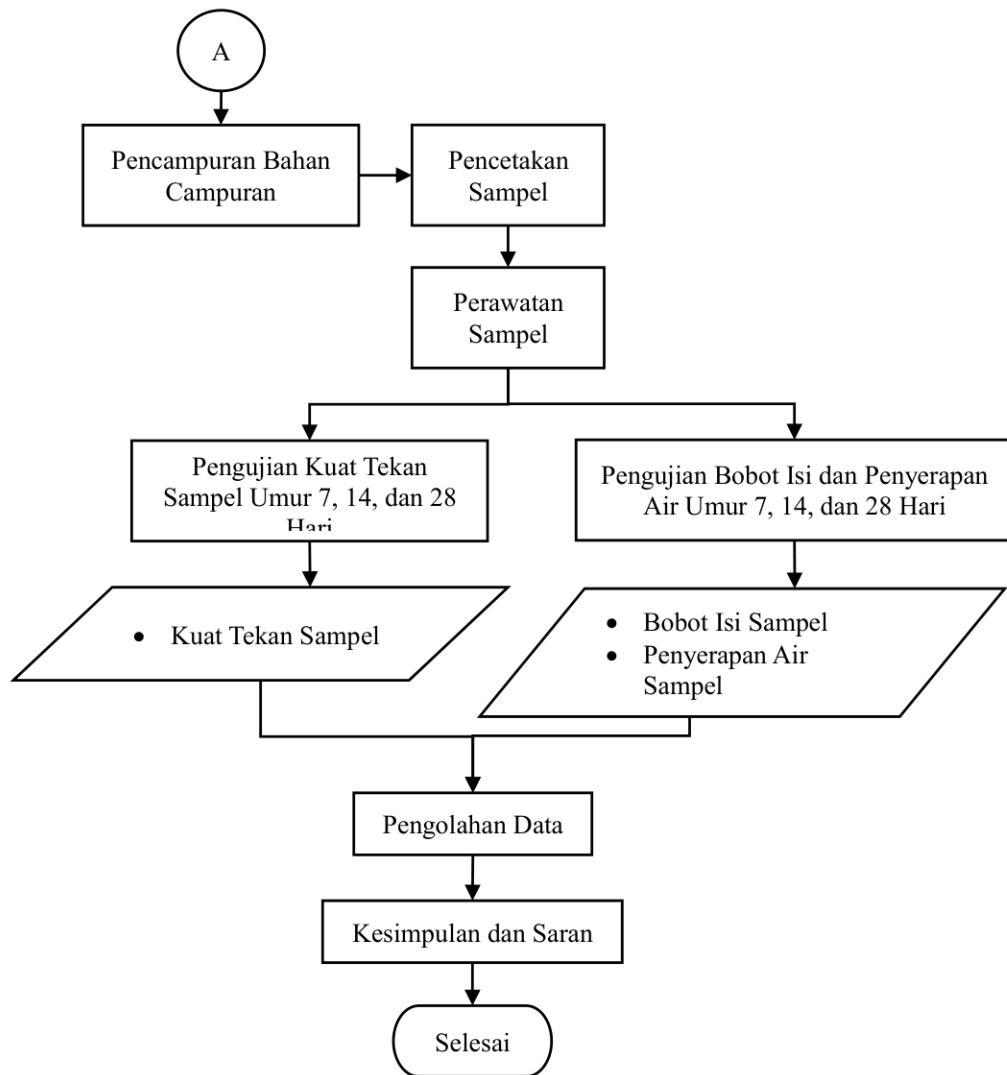
Pengujian kuat tekan ini merupakan lanjutan dari pengujian sebelumnya, hasil pemotongan sesuai dengan gambar 3. 2. akan melalui proses sebagai berikut:

1. Mempersiapkan mesin uji kuat tekan.
2. Sampel yang telah sesuai dengan standar ukuran 150 x 150 x 150 mm direndam selama 24 jam \pm 30 menit.
3. Keluarkan sampel dari perendaman dan hilangkan kelebihan air dengan menggunakan kain lap.
4. Selanjutnya, lakukan pengukuran panjang dan lebar permukaan datar yang akan menjadi bidang tekan (A).
5. Pengujian tekan dilakukan dengan mesin penekan hidrolis, dengan pembebanan perlahan sekitar 0,1 MPa per detik hingga mencapai titik hancur, dan catat data beban maksimum (P).
6. Olah data-data yang diperoleh menggunakan persamaan (18) untuk mendapatkan kuat tekan sampel.
7. Nilai rata-rata kuat tekan diperoleh dengan cara menjumlahkan semua nilai yang ada, kemudian hasilnya dibagi dengan jumlah total sampel. Selanjutnya, laporan juga mencakup nilai terbesar dan terkecil secara individual.

3. 5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. 4. Lanjutan Bagan Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Pemeriksaan Agregat Halus

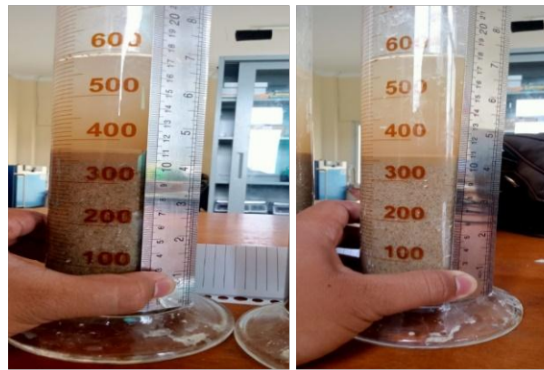
Proses pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi ukuran butiran (gradasi), kandungan organik, dan kadar lumpur pada agregat halus. Tiap pengujian tersebut sudah berpedoman pada aturan yang berlaku dan ditetapkan sesuai dengan standarnya.

4. 1. 1. Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus

Kadar lumpur yang tinggi dapat menyebabkan retak dan susut yang disebabkan sifat kembang susut dari lumpur, maka dari itu pengujian ini sangat diharuskan untuk dilakukan untuk menentukan agregat halus dapat digunakan atau tidak. Setelah pengujian dilakukan, hasil yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Kadar Lumpur

No.	Uraian	Sat	Sampel			Rata-rata
			1	2	3	
1	Tinggi Pasir (A)	cm	10,20	10,40	10,30	10,30
2	Tinggi Lumpur (B)	cm	0,20	0,30	0,30	0,27
3	Kadar Lumpur (Pers. 7)	%	1,96	2,88	2,91	2,58



Gambar 4. 1. Proses Pengumpulan Data Kadar Lumpur
Berdasarkan tabel 4.1, agregat yang dijadikan bahan penelitian

memiliki kadar lumpur rata-rata 2,58 % dan ini masih di bawah standar yang ditetapkan SNI 03-4428-1997 (Badan Standardisasi Nasional, 1997) yaitu 5%. Kadar lumpur agregat halus yang bersumber dari salah satu tambang di Desa Pulau Terap ini relatif rendah yang menandakan agregat tersebut memenuhi persyaratan kualitas untuk digunakan dalam pembuatan bata ringan CLC.

4. 1. 2. Pengujian Kadar Zat Organik Agregat Halus

Kandungan zat organik yang tinggi dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi dalam pencampuran yang mengakibatkan akan menurunkan kekuatan, ketahanan terhadap kuat tekan, dan ketahanan terhadap faktor-faktor lingkungan. Maka sebelum agregat halus digunakan untuk dijadikan sebagai bahan campuran, pengujian ini harus dilakukan.



Gambar 4. 2. Hasil Pemeriksaan Zat Organik Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian, kadar zat organik agregat sesuai dengan warna Nomor 2 telah memenuhi standar, jika kadar zat organik dalam agregat halus rendah atau sesuai dengan batas yang ditetapkan, ini menunjukkan bahwa agregat halus tersebut memenuhi persyaratan kualitas yang dibutuhkan untuk pembuatan bata ringan CLC.

4. 1. 3. Analisa Saringan Agregat Halus

Tujuan pengujian adalah memperoleh distribusi ukuran atau persentase butiran agregat halus, yang nantinya akan disesuaikan dengan zona gradasi yang diatur dalam SNI 03-2834-2002. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada sampel agregat yang berasal dari tambang di Desa Pulau Terap, dengan berat sampel 500 gram:

1. Berat tertahan pada saringan No. 4: 23,56 gram
 - a. Hitung persentase agregat tertahan ($\%T_4$) saringan No. 4 menggunakan persamaan (3):

$$\left(\frac{23,56}{500} \right) \times 100\% = 4,71\%$$

- b. Hitung persentase akumulasi yang lolos ($\%Lk$) saringan No. 4 menggunakan persamaan (5):

$$100\% - 4,71\% = 95,29\%$$

2. Berat tertahan pada saringan No. 8: 56,75 gram

- a. Hitung persentase agregat tertahan ($\%T_8$) saringan No. 8 menggunakan persamaan (3):

$$\left(\frac{56,75}{500} \right) \times 100\% = 11,35\%$$

- b. Hitung persentase akumulasi tertahan ($\%T_k$) pada saringan No. 8 menggunakan persamaan (4):

$$\%T_4 + \%T_8 = 4,71\% + 11,35\% = 16,06\%$$

- c. Hitung persentase akumulasi lolos ($\%Lk$) saringan No. 8 menggunakan persamaan (5):

$$95,29\% - \%T_8 = 95,29\% - 11,35\% = 83,94\%$$

Perhitungan di atas digunakan pada tiap saringan dan akumulasikan agregat pada tiap-tiap saringan. Setelah diperoleh persentase tertahan pada tiap saringan, hitung modulus kehalusan butir menggunakan persamaan (6). Detail hasil pengolahan data analisa saringan ini dapat dilihat pada tabel berikut:

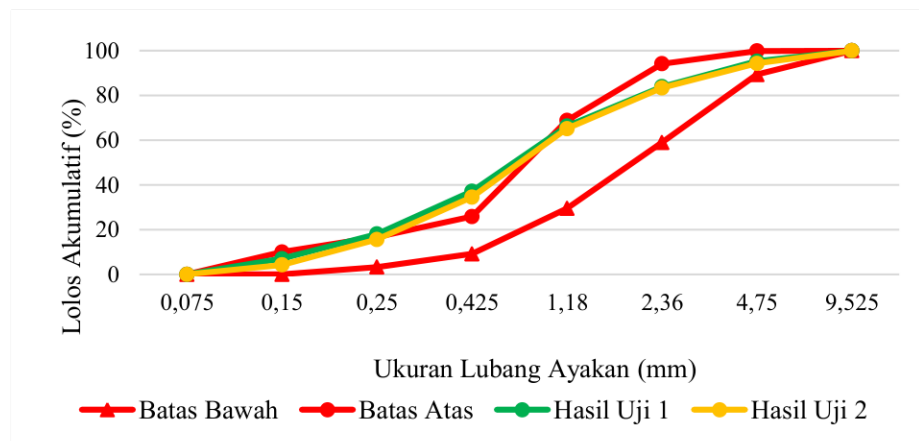
Tabel 4. 2. Hasil Analisa Saringan Agregat Halus

Kode Sampel	Ukuran Lubang Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Persentase Tertahan (%)	Persentase Tertahan Akumulatif (%)	Persentase Lolos Akumulatif (%)
-------------	-----------------------------	---------------------	-------------------------	------------------------------------	---------------------------------

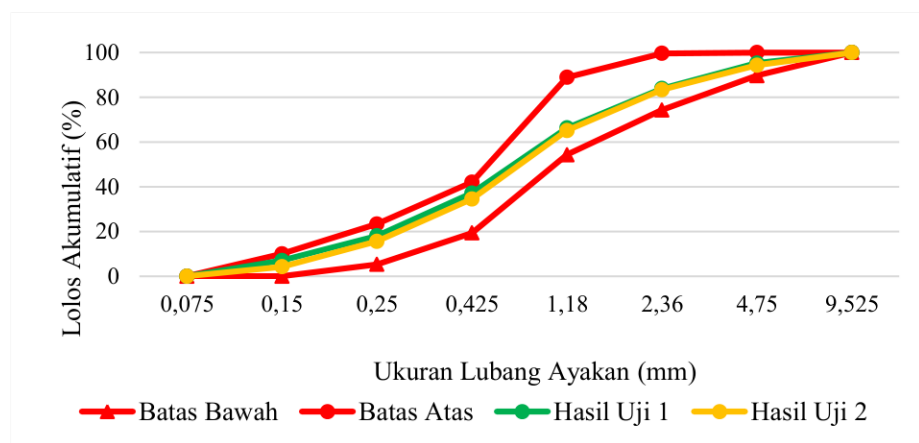
Sampel 1	9,53	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,75	23,56	4,71	4,71	95,29
	2,36	56,75	11,35	16,06	83,94
	1,18	88,15	17,36	33,89	66,31
	0,43	145,56	29,11	62,80	37,20
	0,25	95,63	19,13	81,93	18,07
	0,15	55,24	11,05	92,98	7,02
	0,075	35,11	7,02	100	0,00
<i>Fine Modulus</i>			2,92		
Sampel 2	9,53	0,00	0,00	0,00	100,00
	4,75	28,15	5,63	5,63	94,37
	2,36	54,90	10,98	16,61	83,39
	1,18	90,98	18,20	34,81	65,19
	0,43	153,15	30,63	65,44	34,56
	0,25	94,80	18,96	84,40	15,60
	0,15	57,02	11,40	95,80	4,20
	0,075	21,00	4,20	100,00	0,00
<i>Fine Modulus</i>			3,03		

Tabel di atas menunjukkan distribusi ukuran butiran agregat dari tambang di Desa Pulau Terap. Modulus kehalusan dari sampel 1 adalah 2,92 dan sampel 2 adalah 3,03, dengan rata-rata modulus kehalusan kedua sampel adalah 2,98. Nilai-nilai modulus kehalusan ini menunjukkan bahwa agregat halus dari tambang di Desa Pulau Terap memenuhi persyaratan SNI 03-6861.1-2002, yang membatasi rentangnya antara 1,5 hingga 3,8.

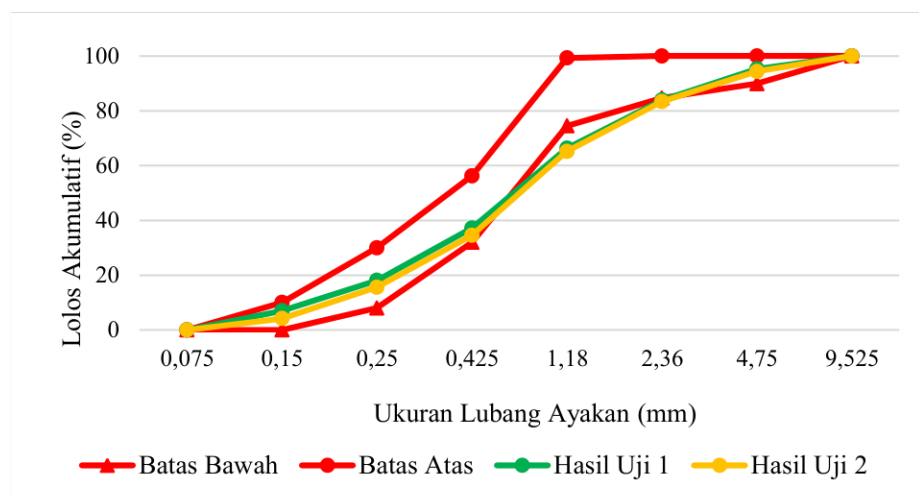
Tabel 4.2 juga menampilkan distribusi persentase lolos akumulatif dari sampel 1 dan sampel 2, yang dibandingkan dengan grafik distribusi butiran pada tabel 2.3 untuk menentukan apakah agregat dari tambang di Desa Pulau Terap sesuai dengan zona yang ditetapkan oleh SNI 03-2834-2002. Berikut hasil perbandingan distribusi butiran dari kedua sampel dengan tabel 2.3:



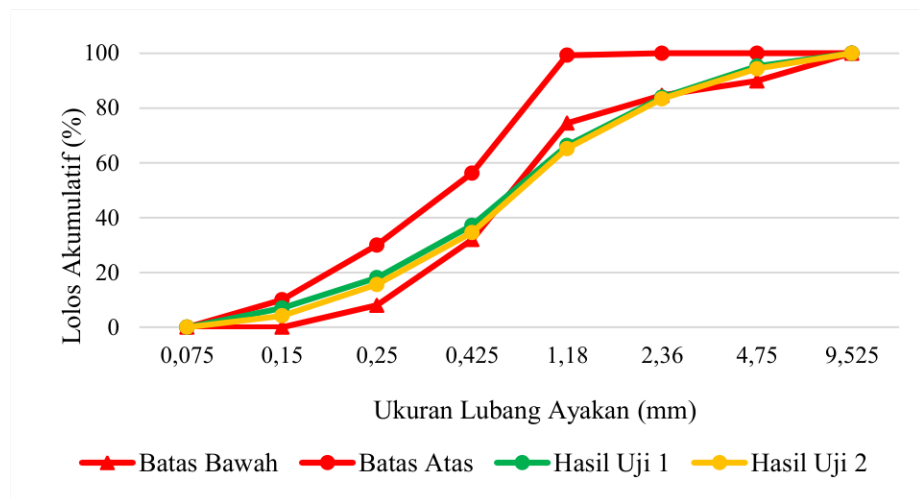
Gambar 4. 3. Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 1



Gambar 4. 4. Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 2



Gambar 4. 5. Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 3



Gambar 4. 6. Perbandingan Persentase Lolos Saringan Sampel 1 & 2 dengan Grafik Distribusi Butiran Zona 4

Gambar di atas menunjukkan distribusi butiran agregat halus dari tambang di Desa Pulau Terap. Hasil analisis menunjukkan bahwa sampel 1 dan 2 tidak memenuhi kriteria zona 1 (gambar 4.3), 3 (gambar 4.5), dan 4 (gambar 4.6), tetapi termasuk dalam zona 2 karena sesuai dengan gambar 4.4. Hal ini mengindikasikan bahwa butiran agregat halus dari tambang di Desa Pulau Terap cenderung agak kasar. Oleh karena itu, untuk penggunaan dalam campuran bata CLC, agregat perlu disaring terlebih dahulu.

4. 1. 4. Pengujian Berat Jenis Agregat halus

Tujuan pengujian ini guna untuk mendapatkan penilaian terhadap kualitas, karakterisasi, dan kontrol mutu dari agregat yang akan diaplikasikan pada campuran bata CLC. Berikut hasil yang didapat dari pengujian ini:

1. Data yang diperoleh dari agregat halus (sampel 1):
 - a. Berat sampel kondisi kering oven (A) = 493,5 gram

- b. Berat piknometer berisi air (B) = 669,0 gram
- c. Berat piknometer dan agregat halus (C) = 978,0 gram
- d. Berat agregat kering jenuh permukaan (S) = 500,0 gram
2. Perhitungan berat jenis curah (S_d) menggunakan Pers. 2:

$$493,5 / (669 + 500 - 978) = 2,58$$

3. Perhitungan berat jenis jenuh kering permukaan (S_s) menggunakan Pers. 3:

$$500 / (669 + 500 - 978) = 2,62$$

Perhitungan di atas digunakan pada sampel ke-2 untuk mendapatkan nilai S_d dan S_s rata-rata. Detail hasil pengolahan data pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 3. Data Pengujian Berat Jenis

Data	Notasi	Satuan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat jenuh kering permukaan	S	gram	500,00	500,00	500,00
Berat kering oven	A	gram	493,50	495,00	494,25
Berat piknometer berisi air	B	gram	669,00	665,00	667,00
Berat piknometer dan agregat	C	gram	978,00	975,50	976,75
Berat jenis curah	S_d		2,58	2,61	2,60
Berat jenis kering permukaan	S_a		2,62	2,64	2,63

Tabel di atas memberikan hasil pengujian yang akan digunakan dalam perencanaan campuran, yang mana berat jenis curah (S_d) rata-rata sebesar 2,6 dan berat jenis kering permukaan (S_s) rata-rata 2,63.

4. 2. Perencanaan Campuran Bata CLC

Data-data yang diperlukan sudah terkumpul sesuai dengan kebutuhan campuran bata ringan CLC, tahap berikutnya adalah

perhitungan komposisi campuran yang dibutuhkan. Berikut adalah perhitungan komposisi kebutuhan campuran bata ringan CLC:

1. Data perencanaan:

- a. Berat jenis semen ($B_{j_{semen}}$) = $3.150,00 \text{ kg/m}^3$
- b. Berat jenis air ($B_{j_{air}}$) = $1.000,00 \text{ kg/m}^3$
- c. Berat jenis *foam* ($B_{j_{foam}}$) = $75,00 \text{ kg/m}^3$
- d. Nilai S_s = $2,63$
- e. Faktor air semen (F_{as}) = $50,00 \%$
- f. Berat semen rencana (a) = $300,00 \text{ kg}$

2. Kebutuhan semen dan air dalam 1 m^3 campuran:

- a. Kebutuhan volume semen (V_{sr}), menggunakan persamaan (8):

$$300/3150 = 0,095 \text{ m}^3$$

- b. Kebutuhan volume air (V_{ar}), menggunakan persamaan (9):

$$(300 \times 50\%)/1000 = 0,15 \text{ m}^3$$

3. Volume campuran pasir dan busa (V_{pf}) 1 m^3 campuran, menggunakan persamaan (10):

$$1 - 0,095 - 0,15 = 0,755 \text{ m}^3$$

4. Kebutuhan pasir rencana (K_{pr}), dengan asumsi 30,85% dari $0,755 \text{ m}^3$ menggunakan persamaan (11):

$$30,85\% \times 2,63 \times 0,755 \times 1000 = 610,94 \text{ kg}$$

5. Kebutuhan *foam* rencana (K_{fr}), menggunakan persamaan (12):

$$(100\% - 30,85\%) \times 75 \times 0,755 = 39,16 \text{ kg}$$

6. Kebutuhan material untuk sampel penelitian:
- a. Volume (V) untuk 10 sampel penelitian, menggunakan persamaan (13):

$$10 \times 0,15 \times 0,2 \times 0,6 = 0,18 \text{ m}^3$$

Tambahkan faktor keamanan sebanyak 20% dari volume di atas untuk mengatasi susut atau kehilangan material, sehingga didapat volume akhir adalah $0,216 \text{ m}^3$.
 - b. Kebutuhan semen, menggunakan persamaan (14):

$$0,216 \times 300 = 64,80 \text{ kg}$$
 - c. Kebutuhan air, menggunakan persamaan (15):

$$0,216 \times (300 \times 50\%) = 32,40 \text{ kg}$$
 - d. Kebutuhan pasir, menggunakan persamaan (16):

$$0,216 \times 610,94 = 131,96 \text{ kg}$$
 - e. Kebutuhan *foam*, menggunakan persamaan (17):

$$0,216 \times 39,16 = 8,46 \text{ kg}$$
 - f. Kebutuhan ATKKS sesuai dengan variasi:
 - Tambahan ATKKS 1% dari berat semen:

$$64,8 \times 1\% = 0,65 \text{ kg}$$
 - Tambahan ATKKS 1,5% dari berat semen:

$$64,8 \times 1,5\% = 0,97 \text{ kg}$$
 - Tambahan ATKKS 2% dari berat semen:

$$64,8 \times 2\% = 1,3 \text{ kg}$$

Perhitungan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk tabel di bawah ini, agar dapat dilihat komposisi campuran yang akan digunakan untuk penelitian:

Tabel 4. 4. Perencanaan Campuran Sampel Bata CLC

Kode Sampel	Komposisi (kg)				
	Semen	Air	Pasir	FA	ATKKS
CLC+0%ATKKS	64,80	32,40	131,96	8,46	0,00
CLC+1%ATKKS	64,80	32,40	131,96	8,46	0,65
CLC+1,5%ATKKS	64,80	32,40	131,96	8,46	0,97
CLC+2%ATKKS	64,80	32,40	131,96	8,46	1,30

4. 3. Pencampuran Bahan dan Pemeliharaan Sampel

Pencampuran bahan dan pemeliharaan sampel adalah tahapan penting dalam pembuatan bata ringan CLC yang mempengaruhi kualitas produk dan hasil pengujian. Berikut adalah tahapan yang dilaksanakan:

1. Siapkan semua bahan yang diperlukan, semen, pasir, air, *foam agent*, ATKKS.



Gambar 4. 7. Persiapan Bahan Campuran

2. Tuangkan seluruh bahan (air, semen, pasir, FA dan ATKKS) sebanyak persentase yang telah ditentukan.



Gambar 4. 8. Proses Pencampuran Semen, Agregat, Air dan ATKKS

3. Siapkan *foam agent*, dari mesin *foam generator*.



Gambar 4. 9. Pembuatan FA Menggunakan *Foam Generator*

4. Masukkan *foam agent* sesuai variasi persentase ke dalam bak, kemudian aduk keseluruhan bahan material bata ringan tersebut sampai keadaan merata menggunakan pengaduk.



Gambar 4. 10. Pengadukan Mortar dan FA

5. Siapkan cetakan kubus sesuai ukuran yang di tentukan, siapkan alas untuk cetakan dan oleskan oli di seluruh bagian cetakan.
6. Masukkan adukan tersebut ke dalam media cetak kubus yang telah tersedia.



Gambar 4. 11. Proses Pencetakan Sampel

7. Letakkan cetakan mortar pada tempat yang telah ditentukan, hindari dari tempat yang mengganggu proses pengeringan dan bebas dari getaran.
8. Perawatan bata ringan di lakukan selama 3 hari berturut-turut, penyiraman dilakukan 3 kali per hari. Penyiraman dilakukan di

seluruh bagian dari bata ringan. Perawatan bata ringan di lakukan dengan metode *air cured*.



Gambar 4. 12. Proses Perawatan Sampel

4. 4. Pengaruh ATKKS Terhadap Bobot Isi dan Penyerapan Air Bata CLC

Pengujian bobot isi mengacu pada SNI 8640-2018 yang dilakukan pada sampel yang telah masuk dalam usia pengujian yakni 7, 14 dan 28 hari. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian bobot isi dan penyerapan air sebagai berikut:

1. Ukur sampel dan potong menjadi ukuran pengujian (gambar 3.2) menggunakan mesin gerinda.



Gambar 4. 13. Pemotongan Sampel

2. Setelah potongan sampel siap, bersihkan dari debu yang menempel dan timbang berat awal (B_A), dan hitung volumenya (V).



Gambar 4. 14. Penimbangan Sampel Kondisi Berat Awal

3. Keringkan sampel dalam oven pada temperatur $110 \pm 5^\circ\text{C}$ selama ± 24 jam, dan timbang berat sampel dalam situasi kering oven (B_{KO}).



Gambar 4. 15. Penimbangan Sampel Kondisi Kering Oven

4. Rendam sampe dalam bak perendaman selama ± 24 jam, apabila terapung perlu diberikan beban agar seluruh permukaan sampel terendam air.

5. Keluarkan sampel dari perendaman dan bersihkan air yang berlebih menggunakan kain agar kering permukaan. Timbang sampel dalam kondisi kering permukaan (B_{SSD}).



Gambar 4. 16. Penimbangan Sampel Kondisi Kering Permukaan

6. Setelah data BA , B_{KO} , dan B_{SSD} tahap berikutnya menghitung bobot isi nominal (B_I), bobot isi kering oven (B_{IO}), bobot isi jenuh air (B_{IA}), dan penyerapan air sampel:

- a. Menghitung bobot isi nominal, menggunakan persamaan

(19):

$$\left(8113,50 / (200 \times 200 \times 150) \right) \times 10^6 = 1352,25 \text{ kg/m}^3$$

- b. Menghitung bobot isi kering oven, menggunakan persamaan

(20):

$$\left(7710,50 / (200 \times 200 \times 150) \right) \times 10^6 = 1285,08 \text{ kg/m}^3$$

- c. Menghitung bobot isi jenuh air, menggunakan persamaan

(21):

$$\left(\frac{8287,30}{(200 \times 200 \times 150)} \right) \times 10^6 = 1381,22 \text{ kg/m}^3$$

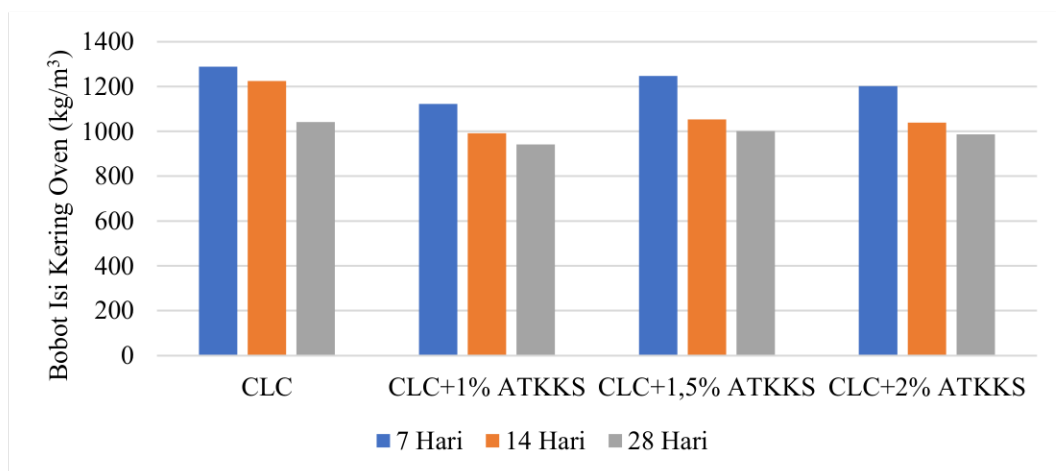
d. Menghitung penyerapan air, menggunakan persamaan (22):

$$\left(\frac{(8287,30 - 7710,50)}{7710,50} \right) \times 100 = 7,48\%$$

Tahapan di atas dilakukan kepada semua sampel masing-masing variasi dan sesuai dengan umur uji 7, 14 dan 28 hari. Hasil olah data rata-rata bobot isi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 5. Hasil Bobot Isi Rata-rata Bata CLC

Kode Sampel	Umur Pengujian (Hari)	B_I (kg/m ³)	B_{IA} (kg/m ³)	B_{IO} (kg/m ³)	B_{IO} SNI 8640-2018 (kg/m ³)	Ket
CLC	7	1.348,50	1.362,98	1.288,70	800-1.400	Oke
	14	1.281,08	1.335,71	1.224,26	800-1.400	Oke
	28	1.088,91	1.139,53	1.040,62	800-1.400	Oke
CLC+1% ATKKS	7	1.204,31	1.334,14	1.122,17	800-1.400	Oke
	14	1.160,24	1.209,54	991,38	800-1.400	Oke
	28	1.102,23	1.173,07	941,81	800-1.400	Oke
CLC+1,5% ATKKS	7	1.368,70	1.445,19	1.247,02	800-1.400	Oke
	14	1.313,41	1.271,26	1.052,91	800-1.400	Oke
	28	1.247,74	1.250,55	1.000,27	800-1.400	Oke
CLC+2% ATKKS	7	1.411,40	1.426,46	1.201,39	800-1.400	Oke
	14	1.277,35	1.238,22	1.038,18	800-1.400	Oke
	28	1.213,48	1.200,70	986,27	800-1.400	Oke



Gambar 4. 17. Grafik Bobot Isi Kering Oven Rata-rata Hasil Pengujian.

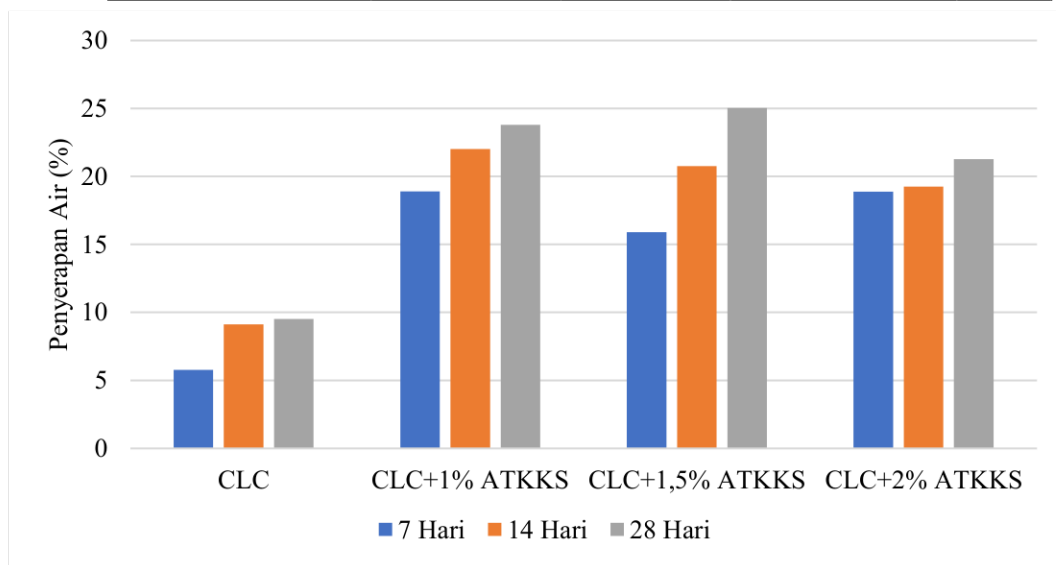
Tabel dan grafik yang dihasilkan dari pengolahan data menunjukkan bahwa semua sampel bata CLC yang diuji memenuhi kriteria bobot isi kering oven sesuai dengan standar SNI 8640-2018. Analisis lebih lanjut difokuskan pada sampel yang telah mencapai umur 28 hari. Hasil tersebut, terlihat bahwa bata ringan CLC yang ditambahkan 1% ATKKS memiliki bobot isi kering oven yang paling rendah dibandingkan dengan sampel lainnya. Bobot isi kering oven sebesar 941,81 kg/m³ menunjukkan bahwa bata ringan CLC yang ditambahkan 1% ATKKS sesuai dengan klasifikasi sebagai bata struktural dan non-struktural sesuai dengan standar SNI 8640-2018. Bata dengan bobot ini dapat digunakan baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan.

Selain bata ringan CLC dengan penambahan 1% ATKKS, bata ringan CLC dengan tambahan 2% ATKKS menempati posisi kedua dengan bobot isi kering oven sebesar 986,27 kg/m³. Selanjutnya, diikuti oleh bata ringan CLC dengan penambahan 1,5% ATKKS yang memiliki bobot isi kering oven sebesar 1.000,27 kg/m³, dan bata ringan CLC tanpa penambahan ATKKS yang memiliki bobot isi kering oven sebesar 1.040,62 kg/m³. Dari hasil pengumpulan data ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan ATKKS memiliki dampak signifikan terhadap bobot isi, dengan bata ringan CLC yang ditambah ATKKS menjadi lebih ringan, dengan perbedaan bobot sebesar 5,22%

dari bata ringan CLC tanpa penambahan ATKKS. Hasil olah data rata-rata penyerapan air dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 6. Hasil Penyerapan Air Rata-rata Bata CLC

Kode Sampel	Umur Pengujian (Hari)	Penyerapan Air (%)	Penyerapan Air Maks. SNI 8640-2018 (%)	Ket
CLC	7	5,77	25,00	Oke
	14	9,11	25,00	Oke
	28	9,51	25,00	Oke
CLC+1% ATKKS	7	18,90	25,00	Oke
	14	22,00	25,00	Oke
	28	23,79	25,00	Oke
CLC+ 1,5% ATKKS	7	15,89	25,00	Oke
	14	20,75	25,00	Oke
	28	25,03	25,00	Tidak
CLC+2% ATKKS	7	18,87	25,00	Oke
	14	19,25	25,00	Oke
	28	21,26	25,00	Oke



Gambar 4. 18. Grafik Penyerapan Air Bata CLC

Tabel dan grafik yang dihasilkan dari pengolahan data menunjukkan bahwa semua sampel bata CLC yang diuji memenuhi kriteria penyerapan air sesuai dengan standar SNI 8640-2018 terkecuali bata CLC dengan penambahan 1,5% ATKKS pada umur 28 hari. Penyerapan air paling sedikit adalah bata CLC tanpa penambahan ATKKS yang pada umur 28 hari sebesar 9,51%.

Kesimpulan dari hasil pengolahan data penyerapan air ini, ATKKS memberikan pengaruh penyerapan air yang tinggi. Secara berurutan dari penyerapan air tertinggi adalah 25,03% pada sampel bata CLC dengan penambahan 1,5% ATKKS, 23,79% pada sampel bata CLC dengan penambahan 1% ATKKS, dan 21,26% % pada sampel bata CLC dengan penambahan 2% ATKKS. Bata CLC dengan penambahan 2% ATKKS memiliki bobot isi kering oven paling ringan dengan penyerapan air yang kurang dari 25%, berarti sampel ini masuk dalam kategori bata struktural dan non-struktural yang dapat digunakan pada luar ruangan (*outdoor*).

4. 5. Pengaruh ATKKS Terhadap Kuat Tekan

Analisis ini penting untuk memahami bagaimana ATKKS memengaruhi kualitas fisik dan mekanik bata ringan CLC serta potensi aplikasinya dalam berbagai konstruksi, berikut tahapan yang dilakukan:

1. Setelah dilakukan pemotongan, bersihkan sampel dan rendam selama ± 24 jam.



Gambar 4. 19. Perendaman Sampel

2. Keluarkan sampel dari perendaman dan keringkan permukaan dengan kain, dan lakukan pengukuran untuk mendapatkan luas penampang (A).
3. Bersihkan dudukan mesin tekan, letakkan sampel pada permukaan yang rata.



Gambar 4. 20. Pengujian Kuat Tekan

4. Tekan sampel hingga hancur secara bertahap dengan kecepatan pembebanan sekitar 0,1 MPa/detik, dan baca hasil pengujian tekan (P).



Gambar 4. 21. Hasil Uji Tekan CLC+2%ATKKS Umur 7 Hari

Gambar di atas menunjukkan hasil tekanan sampel CLC+2% ATKKS adalah 20 kN.

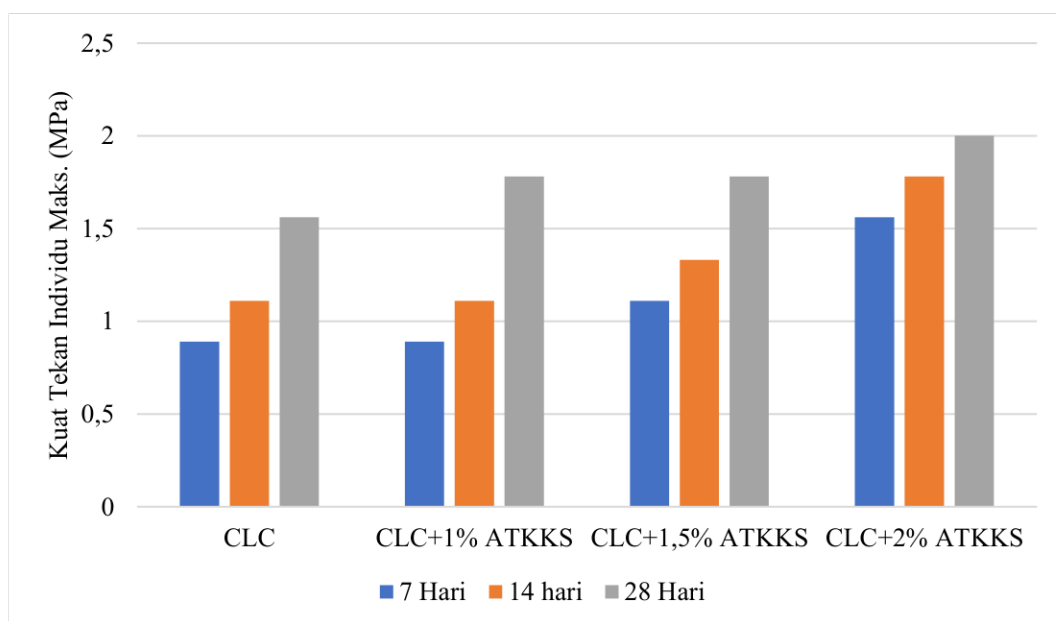
5. Olah data menggunakan persamaan (18):

$$20 / (15 \times 15) = 0,089 \text{ kN/cm}^2 = 0,89 \text{ MPa}$$

Tahapan di atas dilakukan kepada semua sampel uji masing-masing variasi dan sesuai dengan umur uji 7, 14 dan 28 hari. Hasil olah data kuat tekan maksimal individu masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 7. Hasil Kuat Tekan Maksimal Sampel Bata CLC

Kode Sampel	Umur Pengujian (Hari)	A (cm ²)	P (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Min. Individu SNI 8640-2018 (MPa)	Ket
CLC	7	225,00	20,00	0,89	1,80	Tidak
	14	225,00	25,00	1,11	1,80	Tidak
	28	225,00	35,00	1,56	1,80	Tidak
CLC+1% ATKKS	7	225,00	20,00	0,89	1,80	Tidak
	14	225,00	25,00	1,11	1,80	Tidak
	28	225,00	40,00	1,78	1,80	Tidak
CLC+1,5% ATKKS	7	225,00	25,00	1,11	1,80	Tidak
	14	225,00	30,00	1,33	1,80	Tidak
	28	225,00	40,00	1,78	1,80	Tidak
CLC+2% ATKKS	7	225,00	35,00	1,56	1,80	Tidak
	14	225,00	40,00	1,78	1,80	Tidak
	28	225,00	45,00	2,00	1,80	Oke

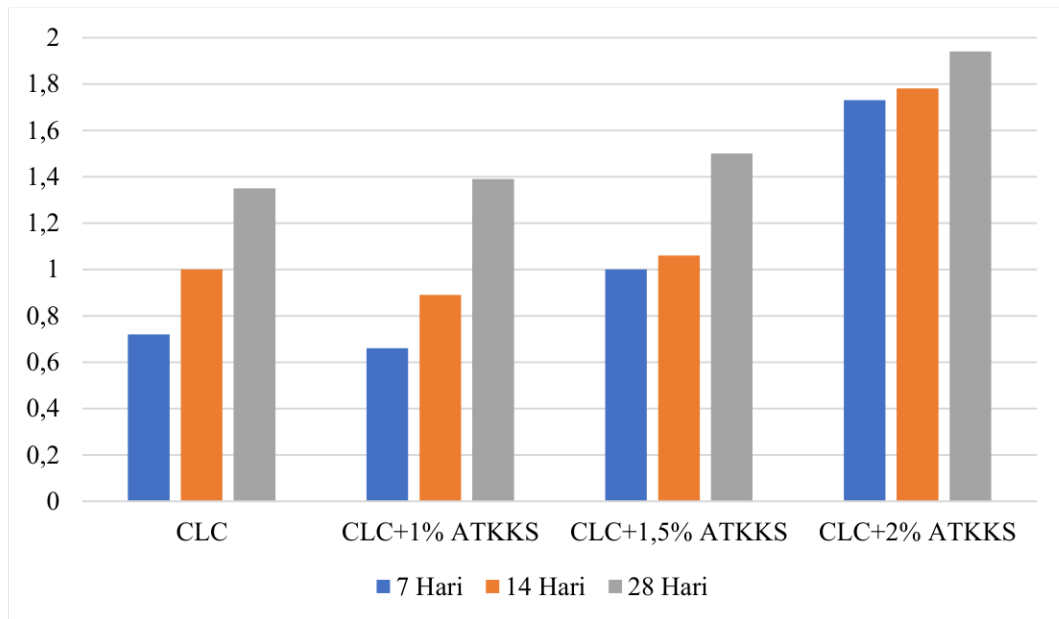


Gambar 4. 22. Grafik Kuat Tekan Maksimal Bata CLC

Berdasarkan data yang terdokumentasi dalam tabel dan grafik yang disajikan, ditemukan bahwa sampel bata CLC dengan penambahan 2% ATKKS pada umur 28 hari menunjukkan kuat tekan maksimal sebesar 2,00 MPa, sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 8640-2018. Sementara itu, sampel bata CLC dengan penambahan 1% dan 1,5% ATKKS menghasilkan kuat tekan maksimal masing-masing sebesar 1,78 MPa. Selanjutnya, sampel bata CLC tanpa penambahan ATKKS menunjukkan kuat tekan sebesar 1,56 MPa.. Hasil olah data kuat tekan rata-rata tiap sampel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8. Kuat Tekan Rata-rata Bata CLC

Kode Sampel	Umur Pengujian (Hari)	Kuat Tekan Maks. (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata SNI 8640-2018 (MPa)	Ket
CLC	7	0,89	0,72	2,00	Tidak
	14	1,11	1,00	2,00	Tidak
	28	1,56	1,35	2,00	Tidak
CLC+1% ATKKS	7	0,89	0,66	2,00	Tidak
	14	1,11	0,89	2,00	Tidak
	28	1,78	1,39	2,00	Tidak
CLC+1,5% ATKKS	7	1,11	1,00	2,00	Tidak
	14	1,33	1,06	2,00	Tidak
	28	1,78	1,50	2,00	Tidak
CLC+2% ATKKS	7	1,56	1,73	2,00	Tidak
	14	1,78	1,78	2,00	Tidak
	28	2,00	1,94	2,00	Tidak



Gambar 4. 23. Grafik Kuat Tekan Rata-rata Bata CLC

Data yang terdokumentasi dalam tabel dan grafik yang telah diolah dapat memvisualisasikan dampak dari penambahan ATKKS terhadap campuran bata CLC. Hasil analisis pada sampel dengan umur 28 hari, diketahui bahwa kuat tekan rata-rata tertinggi terdapat pada sampel bata CLC yang menggunakan 2% ATKKS, yang mencapai 1,94 MPa. Sampel bata CLC dengan penambahan 1,5% ATKKS menunjukkan kuat tekan rata-rata sebesar 1,50 MPa, sementara sampel yang menggunakan 1% ATKKS memiliki kuat tekan rata-rata sebesar 1,39 MPa. Di sisi lain, bata CLC tanpa penambahan ATKKS menunjukkan kuat tekan sebesar 1,35 MPa. Analisis data menunjukkan bahwa penambahan ATKKS memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tekan bata CLC, yang mana peningkatan kuat tekan yang terjadi sebesar 30,41% dari kuat tekan bata CLC tanpa ATKKS.

Tabel tersebut juga mencerminkan bahwa nilai rata-rata kuat tekan dari semua sampel tidak memenuhi standar rata-rata kuat tekan yang telah ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 8640-2018, yaitu 2,00 MPa (dinyatakan dalam tabel 2.2). Analisis hasil pengolahan data sampel pada umur 28 hari dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 9. Tabel Perbandingan Hasil Penelitian dengan SNI 8640-2018

Kriteria	Sat	SNI 8640-2018	CLC	CLC+1% ATKKS	CLC+1,5% ATKKS	CLC+2% ATKKS	Ket
B ₁₀	kg/m ³	800-1400	1.040,62	941,81	1.000,27	986,27	Oke
Kuat Tekan Rata-rata Min.	MPa	2,00	1,35	1,39	1,50	1,94	Tidak
Kuat Tekan Individual Min.	MPa	1,80	1,56	1,78	1,78	2,00	Oke
Penyerapan Air	%	25,00	9,51	23,79	25,03	21,26	Oke

Tabel yang disajikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa meskipun sampel bata CLC dengan penambahan 2% ATKKS tidak memenuhi standar yang ditetapkan oleh SNI 8640-2018, namun penambahan ATKKS secara signifikan memengaruhi bobot isi kering oven, penyerapan air, dan kuat tekan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5. 1. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian untuk menjawab rumusan penelitian yang disusun, maka kesimpulannya adalah:

1. Penambahan ATKKS pada bata CLC berpengaruh pada bobot isi kering oven. Bata CLC dengan penambahan 1% ATKKS memiliki bobot isi kering oven terendah, yaitu $941,81 \text{ kg/m}^3$, sesuai dengan standar SNI 8640-2018 untuk bata struktural dan non-struktural. Bobot isi kering oven bata ringan CLC dengan penambahan 2% ATKKS adalah $986,27 \text{ kg/m}^3$, diikuti oleh bata ringan CLC dengan penambahan 1,5% ATKKS ($1.000,27 \text{ kg/m}^3$), dan tanpa penambahan ATKKS ($1.040,62 \text{ kg/m}^3$). Penambahan ATKKS secara signifikan mengurangi bobot isi, membuat bata ringan CLC yang ditambah ATKKS menjadi lebih ringan, dengan perbedaan bobot sebesar 5,22% dari bata ringan CLC tanpa penambahan ATKKS.
2. Hasil analisis data pada sampel bata ringan CLC menunjukkan bahwa penambahan ATKKS berpengaruh pada kuat tekan. Sampel dengan penambahan 2% ATKKS mencapai kuat tekan tertinggi, yakni 1,94 MPa pada umur 28 hari. Sementara itu, sampel dengan penambahan 1,5% ATKKS mencapai kuat tekan

1,50 MPa, sedangkan sampel dengan penambahan 1% ATKKS mencapai kuat tekan 1,39 MPa. Bata ringan CLC tanpa penambahan ATKKS memiliki kuat tekan 1,35 MPa. Dengan demikian, penambahan ATKKS signifikan meningkatkan kuat tekan bata ringan CLC, mencapai kenaikan sebesar 30,41% dari bata CLC tanpa penambahan ATKKS.

5. 2. Saran

Berdasarkan pengalaman dari penelitian sebelumnya, berikut adalah rekomendasi untuk penelitian lanjutan:

1. Proses pencampuran bahan (semen, air, ATKKS, dan pasir) untuk bata ringan harus dilakukan dengan merata menggunakan mesin molen, dan pencampuran mortar serta busa foam harus dilakukan secara manual agar mendapatkan hasil sesuai dengan yang direncanakan.
2. Gunakan mesin *foam generator* untuk menghasilkan busa foam yang berkualitas, sesuai dengan persyaratan untuk pembuatan bata ringan.
3. Perawatan benda uji harus dilakukan dengan metode air cured, dengan menjaga suhu ruangan antara 20° hingga 25° saat menyiram benda uji hingga dilakukan pengujian bobot isi, penyerapan air, dan kuat tekan. Pastikan benda uji tidak rusak sebelum pengujian dilakukan.

4. Pemotongan benda uji harus dilakukan menggunakan mesin gerinda, dengan memperhatikan ukuran yang sesuai untuk pengujian bobot isi, penyerapan air, dan kuat tekan, agar hasil pengujian sesuai dengan standar SNI 8640-2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Arafuru. (2022). Kelebihan dan kekurangan bata ringan. Retrieved from <https://arafuru.com/> website: <https://arafuru.com/material/19-kelebihan-dan-kekurangan-dari-bata-ringan-hebel.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI:1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus.
- Badan Standardisasi Nasional. (1997). SNI 4428-1997 Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002a). *SNI-03-2834 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002b). *SNI 03-6861 Spesifikasi bahan bangunan bagian A (bahan bangunan bukan logam)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004 Semen Portland. doi: 10.1891/jnum.10.1.5.52550
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). *SNI 8319-2016 Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton*. Jakarta. Retrieved from <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/5759>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1970-2016 Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta. Retrieved from <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/6644>
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8640-2018 Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding*. Jakarta. Retrieved from <https://akses-sni.bsn.go.id/viewsni/baca/8677>
- Falah, M., & Nelza, N. (2019). Pembuatan Biopellet Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Bakar Terbarukan. *Ready Star*, 2(1), 90–95.
- Hamidi, A., & Sari, N. P. (2019). Analisis Persentase Efektif Penggunaan Katalis Pada Bata Ringan Ulc Dan Pengaruh Terhadap Kuat Tekan. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 106–113. doi: 10.31849/siklus.v5i2.3209

- Kania. (2018). Keuntungan membangun rumah dengan bata ringan. Retrieved from [www.dekoruma.com website:https://www.dekoruma.com/artikel/76834/kelebihan-bata-ringan](https://www.dekoruma.com/website/https://www.dekoruma.com/artikel/76834/kelebihan-bata-ringan)
- Noprian, P. (2021). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Semen Pada Bata Ringan. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 614–621.
- Suryanita, R. (2020). *Perilaku Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Penambahan Silica Fume*. UR Press, Jl Patimura No. 9 Gobah Pekanbaru 28132 Riau Indonesia.
- Syahrial, M. (2022). *Kelebihan dan Kekurangan Bata Ringan atau Hebel* (M. Syahrial, Ed.). Kompas.com. Retrieved from <https://www.kompas.com/wiken/read/2022/03/19/183000281/kelebihan-dan-kekurangan-bata-ringan-atau-hebel>.
- Syapawi, A. (2022). Pengaruh Penambahan Bahan Foam Agent Dengan Variasi Komposisi Batu Kapur Terhadap Kuat Teka Bata Ringan. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(02), 36–41.
- Tondok, S. (2019). Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete 1. American Association of State Highway and Transportation Officials Standard. *Penggunaan Abu Batu Gamping Sebagai Bahan Pembuatan Bata Ringan*, 35–41.
- Widyastutik, A. R. (2018). *Pengaruh Persentase Foam Terhadap Kuat Tekan Dan Berat Volume Beton Ringan sellular (CLC) Dengan Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer*.