

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang mencakup perhitungan persentase bahan campuran, tahapan pembuatan, serta pengujian terhadap benda uji. Selain itu, dibahas pula analisis terkait komposisi campuran yang paling optimal dari nilai kuat tekan, daya serap, pengujian suhu pada batu bata ringan dalam proses produksi dan pengolahan limbah.

4.2. Pengujian Material

Pengujian material harus dilakukan pada bahan-bahan tersebut untuk memastikan apakah bahan-bahan tersebut cocok digunakan dalam kombinasi untuk pembuatan bata ringan. Pengujian pasir meliputi penentuan berat jenisnya, kandungan air, dan gradasi agregat adalah tahap awal dalam menguji kualitas bahan-bahan tersebut. Selanjutnya, pengujian semen dilakukan dengan memeriksa kondisi bubuk semen dan kemasan semen, sedangkan pengujian air dilakukan melalui pengamatan visual.

4.2.1. Pengujian Pasir

Tujuan pengujian pasir ini adalah untuk menentukan jenis pasir yang akan digunakan dalam penelitian ini dalam pembuatan bata ringan. Pengujian karakteristik ini harus dilakukan karena pasir memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kualitas bata ringan. Gradasi pasir, kandungan air, dan berat jenis adalah beberapa pengujian yang perlu dilakukan.

Ukuran butiran pasir ditentukan dengan cara menganalisis gradasi pasir menggunakan saringan. Tujuan analisis ini adalah untuk menentukan persentase butiran pasir dari setiap ukuran. Menggunakan saringan dengan ukuran sebagai berikut: 4,76 mm, 2,38 mm, 1,19 mm, 0,595 mm, 0,297 mm, 0,149 mm, dan pan. Klasifikasi ini didasarkan pada tingkat butiran pasir, dengan memisahkan pasir yang disaring dari setiap saringan dan menghitung persentase yang diperlukan

untuk mencapai gradasi butiran yang memenuhi persyaratan mortar busa. Hasil kebutuhan agregat di setiap saringan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Kebutuhan Agregat Tertahan Tiap Saringan

No.	Ukuran Ayakan (ASTM)		% Berat Lolos Ayakan	% Kebutuhan Tertahan Ayakan
	Inci / No	mm		
1	No. 4	4,76	100	0
2	No. 8	2,38	80	20
3	No. 16	1,19	50	30
4	No. 30	0,595	25	25
5	No. 50	0,297	11	14
6	No. 100	0,149	4	7
7	No. 200	0,075	0	4

4.2.2. Pengujian Abu Tongkol Jagung

Tujuan pengujian abu tongkol jagung adalah untuk menentukan kualitas abu yang diperlukan dalam pembuatan bata ringan. Pengujian ini diperlukan karena abu tongkol jagung memiliki peran yang sangat penting dan berdampak besar terhadap kualitas bata ringan. Salah satu pengujian yang dilakukan adalah pengukuran berat jenis. Berat jenis abu tongkol jagung dapat dilihat pada tabe 4.2.

Tabel 4. 2 Berat Jenis Abu Tongkol Jagung

No.	Langkah Pengujian				Hasil Perhitungan
1.	No. Piknometer		Satuan	1	2
2.	Berat Piknometer Kosong	W1	gr	37	50
3.	Berat Piknometer + Aquades	W2	gr	138,4	149
4.	Suhu Piknometer + Aquades	t	°C	27	27
5.	Koreksi suhu Piknometer + Aquades	T1	°C	1,00349	1,00349
6.	Harga Air Piknometer	$WT=(W2-W1)*T1$	gr	101,75	99,35
7.	Berat Piknometer + ATK	W3	gr	52	62
8.	Berat Piknometer + ATK + Aquades	W4	gr	144,5	156,2

No.	Langkah Pengujian				Hasil Perhitungan
9.	Suhu Piknometer + Aquades + ATK	t	°C	28,7	28,8
10.	Koreksi Suhu Piknometer + Aquades + ATK	T2	°C	1,00392	1,00395
11.	Berat Jenis	$GS = \frac{W2 - W1}{W1 - (W4 - W3)T2} \times 100\%$		1,687	2,513
12.	Berat Jenis Rata-Rata			2,100	

Berdasarkan hasil uji didapatkan abu tempurung kelapa dengan hasil uji berat jenis 2,100 gr/cm³.

4.2.3. Pengujian Foam Agent

Pengujian *foam agent* dilakukan untuk mengetahui *foam agent* tersebut yang siap dicampur dengan mortar atau belum siap dicampur dengan mortar. *foam agent* yang baik adalah bahan yang tidak mengandung air atau udara yang berlebihan (Jimmy Restu Soeyandono, 2018). Nilai densitas foam sebesar 0,05 t/m³ – 0,085 t/m³ menjadi acuan penting dari Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa untuk Kontruksi Jalan yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR. Dalam penelitian ini diambil nilai berat jenis pada *foam agent* sebesar 0,07 t/m³.

4.2.4. Pengujian Semen

Tujuan dari uji semen ini adalah untuk menentukan berat jenis semen yang digunakan dalam pembuatan bata ringan. Uji karakteristik ini diperlukan karena semen merupakan bahan yang sangat penting dan memiliki dampak besar terhadap kualitas bata ringan. Berat jenis merupakan salah satu uji yang dilakukan. Pengujian berat jenis semen dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengujian Berat Jenis Semen

No	Langkah Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1.	Berat picnometer (A)	gr	37.3
2.	Berat picnometer + air 3/4 (B)	gr	116.65
3.	Berat picnometer + filler 1/2 (C)	gr	86.65
4.	Berat picnometer + air 3/4 + filler 1/2 (D)	gr	146.4

No	Langkah Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
5.	Berat Jenis = $\frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)}$	gr/cm ³	2.51

Dalam penelitian ini menggunakan semen dengan merek gresik. Semen diuji secara visual, khususnya dengan memeriksa kondisi kemasan semen. Saat menggunakan semen, kemasannya harus tertutup rapat, tidak boleh terbuka, dan sobek. Untuk menjaga kualitas pabrik, kemasan semen harus dalam keadaan kering. Untuk pengujian kedua, yaitu dengan memeriksa butiran semen, butiran semen harus kering, longgar, dan tidak padat.

4.2.5. Pengujian SBR Latex

Pengujian berat jenis SBR latex dilakukan untuk mengetahui massa jenis material cair tersebut sebelum dicampurkan ke dalam adukan bata ringan atau beton. SBR Latex yang digunakan pada penelitian ini memiliki berat jenis 1.00 gr/cm³. Data berat jenis ini penting untuk perhitungan campuran (mix design) agar volume dan proporsi bahan tercapai sesuai kebutuhan.

4.3. Analisa Hasil Pengujian Benda Uji

Pengujian benda uji berpedoman pada SNI 8640 - 2018 yaitu Spesifikasi Bata Ringan pada pengujian sifat tampak dan ukuran, daya serap. Sedangkan pedoman untuk pengujian kuat tekan, densitas (kerapatan) yaitu Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa oleh Kementrian PUPR dan suhu pada batu bata ringan.

4.3.1. Sifat Tampak dan Ukuran

Menurut SNI 8460 – 2018 batu bata ringan yang baik adalah berbentuk berbentuk balok segi empat dengan setiap rusuknya berbentuk siku, memiliki permukaan datar dan tidak ada retakan. Ukuran bata ringan menurut SNI dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 4 Ukuran Bata Ringan SNI

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

Sumber : SNI 8640:2018

Seluruh variasi pada inovasi batu bata ringan yang menggunakan campuran abu tongkol jagung dan SBR Latex telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, tetapi permukaannya bertekstur dikarenakan proses pencetakan batu bata ringan dilakukan secara manual.

Batu bata ringan ini juga memiliki ukuran yang sama dari semua variasinya, karena memakai satu cetakan yang sama. Ukuran cetakan batu bata merah yang digunakan adalah 600 x 200 x 100 mm.

4.3.2. Pengujian Densitas Batu Bata Ringan

Dalam pengujian massa jenis, penelitian ini menggunakan dua sampel per variasi bata ringan dengan bahan substitusi abu tongkol jagung dengan jumlah campuran berbeda pada setiap variasi, dengan mengacu pada penelitian terdahulu. Masing-masing sampel harus dipastikan sudah bersih dan terbebas dari kotoran dan debu. Benda uji yang telah tercapai berat tetapnya kemudian diukur panjang, lebar, dan tebalnya untuk mengetahui jumlah volume benda uji. Pengujian densitas pada penelitian ini menggunakan acuan standar yang ada pada Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa oleh Kementerian PUPR.

Tabel 4. 5 Nilai Hasil Uji Densitas

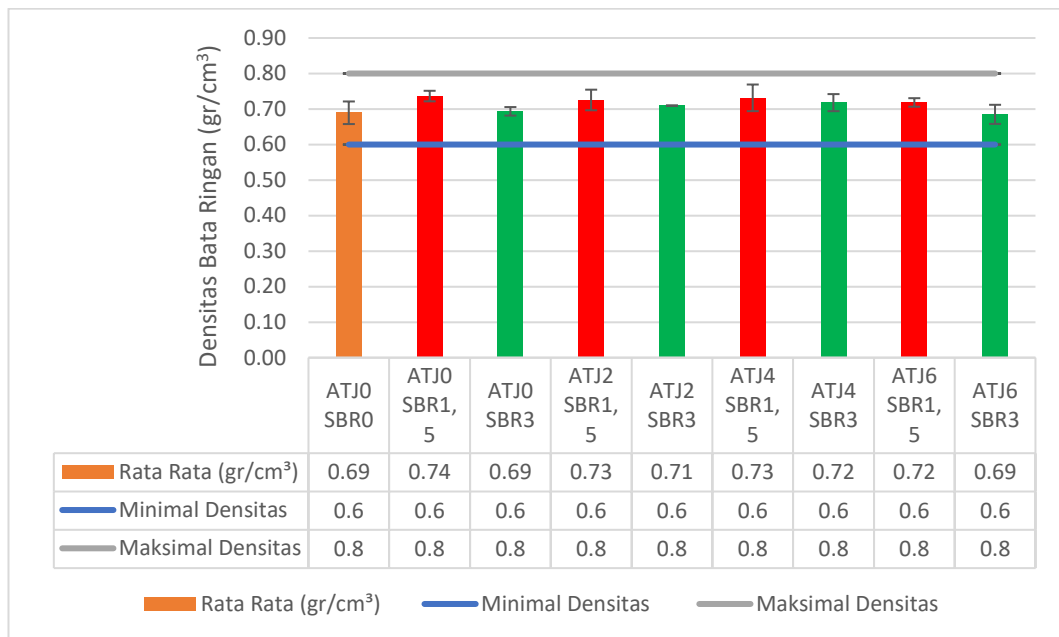
Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (g/cm ³)	Nilai Rata-Rata (g/cm ³)
ATJ 0	A	8550	0,12	0,712	0,68
SBR 0	B	8005	0,12	0,667	
ATJ 0	A	8965	0,12	0,747	0,73
SBR 1,5	B	8715	0,12	0,726	
ATJ 0	A	8425	0,12	0,702	0,69

Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (g/cm ³)	Nilai Rata- Rata (g/cm ³)
SBR 3	B	8230	0,12	0,685	
ATJ 2	A	8960	0,12	0,746	0,72
SBR 1,5	B	8465	0,12	0,705	
ATJ 2	A	8530	0,12	0,710	0,70
SBR 3	B	8515	0,12	0,709	
ATJ 4	A	9100	0,12	0,758	0,73
SBR 1,5	B	8470	0,12	0,705	
ATJ 4	A	8415	0,12	0,701	0,71
SBR 3	B	8825	0,12	0,735	
ATJ 6	A	8730	0,12	0,727	0,71
SBR 1,5	B	8520	0,12	0,710	
ATJ 6	A	7995	0,12	0,666	0,68
SBR 3	B	8450	0,12	0,704	

Tabel 4. 6 Nilai Rata-Rata Uji Densitas

Variasi	Nilai Rata-Rata Densitas (gr/cm ³)	Mortar Busa PUPR	Keterangan
SBR 0 SBR 0	0,68	0,600-0,800 0,600-0,800	Memenuhi
ATJ 0 SBR 1,5	0,73		Memenuhi
ATJ 0 SBR 3	0,69		Memenuhi
ATJ 2 SBR 1,5	0,72		Memenuhi
ATJ 2 SBR 3	0,70		Memenuhi
ATJ 4 SBR 1,5	0,73		Memenuhi
ATJ 4 SBR 3	0,71		Memenuhi
ATJ 6 SBR 1,5	0,71		Memenuhi

Variasi	Nilai Rata-Rata Densitas (gr/cm ³)	Mortar Busa PUPR	Keterangan
ATJ 6 SBR 3	0,68		Memenuhi



Grafik 4. 1 Grafik Nilai Hasil Uji Densitas

Hasil pengujian densitas (berat jenis) ditunjukkan pada grafik 4.1. Diketahui bahwa hasil pengujian menyatakan semua variasi memenuhi sesuai standar Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa oleh Kementrian PUPR. Masing – masing variasi menunjukkan bahwa adanya kenaikan dan penurunan hasil densitas. Terjadi peningkatan pada variasi bata ringan dengan penggunaan SBR Latex 1,5% pada nilai densitas sedangkan, penggunaan SBR Latex 3% terjadi penurunan pada nilai densitasnya tetapi masih memenuhi dalam nilai minimal densitas. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Sun et al., 2019) adalah penambahan SBR latex pada pasta semen terbukti memengaruhi sifat karakteristik deformasi dan struktur porinya secara signifikan. SBR Latex meningkatkan fluiditas campuran dengan menurunkan viskositas dan *yield stress*, sehingga adukan menjadi lebih encer dan mudah mengalir. Namun, peningkatan *workability* ini diikuti oleh peningkatan jumlah udara yang terjebak selama proses

pencampuran. Udara yang terperangkap tersebut membentuk pori-pori berukuran mikro hingga makro.

Variasi bata ringan dengan substitusi abu tongkol jagung 2-4% nilai densitas relatif stabil, namun terjadi penurunan pada substitusi abu tongkol jagung 6%. Menurut penelitian (Ahmad et al., 2023) Adalah penggunaan substitusi abu tongkol jagung pada substitusi $\geq 5\%$ dapat menurunkan densitas pada bata ringan dibandingkan tanpa substitusi abu tongkol jagung. Abu tongkol jagung memiliki berat jenis yang lebih rendah dari semen, maka berat total campuran menjadi turun, abu tongkol jagung mengandung silika yang bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) pada saat hidrasi semen menghasilkan C-S-H gel yang mengakibatkan reaksi hidrasi menjadi tidak sepadat semen murni, sehingga terbentuk lebih banyak rongga yang mengakibatkan densitas menjadi menurun (Luo et al., 2022).

Densitas paling tinggi ditunjukkan pada substitusi abu tongkol jagung 0% dan SBR Latex 1,5% yaitu sebesar $0,736 \text{ kg/cm}^3$. Kemudian penurunan nilai densitas bata paling rendah terjadi pada variasi abu tongkol jagung 6% dan SBR Latex 3% yaitu sebesar $0,685 \text{ kg/cm}^3$. Hasil pengujian berat jenis bata ringan dapat diklasifikasikan bahwa bata ringan dengan substitusi abu tongkol jagung termasuk dalam kategori berat $0,6-0,8 \text{ kg/cm}^3$ atau bata ringan dengan kepadatan rendah.

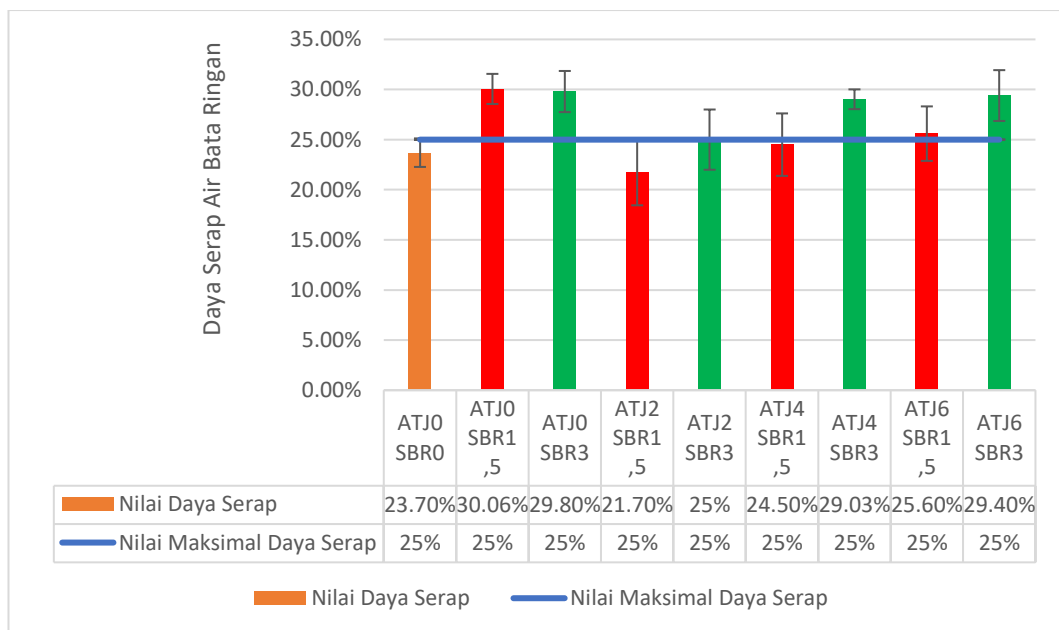
4.3.3. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap merupakan pengujian yang dilakukan untuk pembandingan berat dengan volume dari suatu benda uji. Pengujian ini dilakukan terhadap seluruh variasi dengan jumlah tiga benda uji setiap variasi. Volume benda uji pada pengujian daya serap yaitu $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$. Uji daya serap air dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan SNI 8640 – 2018.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Daya Serap Air

Variasi	Kode Variasi	Daya Serap Air	Daya Serap Air Rata-Rata	SNI 8640 - 2018	Keterang
ATJ 0 SBR 0	A	24,4%	23,7%	$\leq 25\%$	Memenuhi
	B	22,1%			
	C	24,7%			
ATJ 0	A	30%	30,06%		

Variasi	Kode Variasi	Daya Serap Air	Daya Serap Air Rata-Rata	SNI 8640 - 2018	Keterang
SBR 1,5	B	28,6%		≤ 25%	Tidak Memenuhi
	C	31,6%			
ATJ 0 SBR 3	A	31,9%	29,8%		Tidak Memenuhi
	B	29,7%			
	C	27,8%			
ATJ 2 SBR 1,5	A	25,4%	21,7%		Memenuhi
	B	20,6%			
	C	19,2%			
ATJ 2 SBR 3	A	24,8%	25%		Memenuhi
	B	22,1%			
	C	28,1%			
ATJ 4 SBR 1,5	A	20,9%	24,5%		Memenuhi
	B	26,3%			
	C	26,3%			
ATJ 4 SBR 3	A	29,5%	29,03%		Tidak Memenuhi
	B	27,9%			
	C	29,7%			
ATJ 6 SBR 1,5	A	27,9%	25,6%	Tidak Memenuhi	
	B	26,3%			
	C	22,6%			
ATJ 6 SBR 3	A	28,3%	29,4%	Tidak Memenuhi	
	B	27,6%			
	C	32,3%			



Grafik 4. 2 Grafik Nilai Hasil Pengujian Daya Serap

Berdasarkan Grafik 4.2, dapat disimpulkan bahwa pengujian daya serap air telah dilakukan terhadap seluruh variasi dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm, variasi yang memenuhi standar SNI dengan daya serap $\leq 25\%$ yaitu ATJ0SBR0, ATJ2SBR1,5, ATJ2SBR3, dan ATJ4SBR1,5. Variasi dengan campuran 0% abu tongkol jagung dan 0% SBR Latex menghasilkan nilai daya serap 23,7%. Variasi dengan campuran 2% abu tongkol jagung dan 1,5% SBR Latex menghasilkan nilai daya serap 21,7%. Variasi 2% abu tongkol jagung dan 3% SBR Latex menghasilkan nilai daya serap 25%. Variasi 4% abu tongkol jagung dan 1,5% SBR Latex menghasilkan nilai daya serap 24,5%. Dari hasil diatas terdapat variasi terbaik yaitu variasi 2% abu tongkol jagung dan 1,5% SBR Latex. Pengujian daya serap air ini mengacu pada SNI 8640:2018.

Variasi bata ringan dengan penambahan SBR Latex tanpa abu tongkol jagung meningkatkan daya serap sedangkan, jika ditambahkan abu tongkol jagung sebesar 2% terjadi penurunan daya serap. Namun penggunaan abu tongkol jagung diatas 2% kembali meningkatkan daya serap air. Peningkatan daya serap pada bata ringan mungkin disebabkan oleh adanya rongga atau pori-pori di dalam material. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, penggunaan SBR latex dan abu bonggol jagung dalam komposisi berlebihan dapat menghasilkan pori-pori dengan ukuran mikro dan makro yang saling terhubung. Pori-pori ini berfungsi sebagai jalur kapiler yang memungkinkan air masuk dan mengisi ruang kosong tersebut. Kondisi ini secara langsung meningkatkan volume air yang dapat diserap, sehingga daya serap bata ringan menjadi semakin tinggi.

Dari hasil pengujian daya serap diatas, menunjukkan bahwa substitusi abu tongkol jagung berpengaruh pada daya serap air. Hal ini berarti dengan ditingkatkannya jumlah penambahan abu tongkol jagung pada bata ringan, maka daya serap air pada pembuatan bata ringan akan semakin meningkat. Hal tersebut terjadi mungkin dikarenakan tongkol jagung memiliki porositas yang lebih tinggi, sehingga daya serap air akan meningkat.

4.3.4. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan setelah benda uji berumur 14 hari. Pada pengujian kuat tekan benda uji dipotong dengan ukuran 10x10x10 cm, menggunakan 3 buah sampel pada masing-masing variasi abu tongkol jagung dan SBR Latex. Berdasarkan persentase yang telah ditentukan sebagai substitusi dalam pembuatan bata ringan. Berikut adalah data yang didapatkan saat pengujian kuat tekan pada benda uji bata ringan.

Tabel 4. 8 Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Kode Variasi	Dimensi			Luas Bidang Tekan (A)	Hasil Kuat Tekan Alat	Konversi	Rata-Rata (Mpa)
		p (cm)	l (cm)	t (cm)	cm ²	KN	MPa	
ATJ 0 SBR 0	A	10	10	10	100	8	0,8	0,86
	B	10	10	10	100	8	0,8	
	C	10	10	10	100	9	0,9	
ATJ 0 SBR 1,5	A	10	10	10	100	7	0,7	0,76
	B	10	10	10	100	8	0,8	
	C	10	10	10	100	8	0,8	
ATJ 0 SBR 3	A	10	10	10	100	7	0,7	0,70
	B	10	10	10	100	6	0,6	
	C	10	10	10	100	8	0,8	
ATJ 2 SBR 1,5	A	10	10	10	100	12	1,2	1,10
	B	10	10	10	100	11	1,1	
	C	10	10	10	100	10	1,0	
ATJ 2 SBR 3	A	10	10	10	100	7	0,7	0,70
	B	10	10	10	100	7	0,7	
	C	10	10	10	100	7	0,7	
ATJ 4 SBR 1,5	A	10	10	10	100	11	1,1	0,96
	B	10	10	10	100	9	0,9	
	C	10	10	10	100	9	0,9	
ATJ 4 SBR 3	A	10	10	10	100	7	0,7	0,66
	B	10	10	10	100	6	0,6	

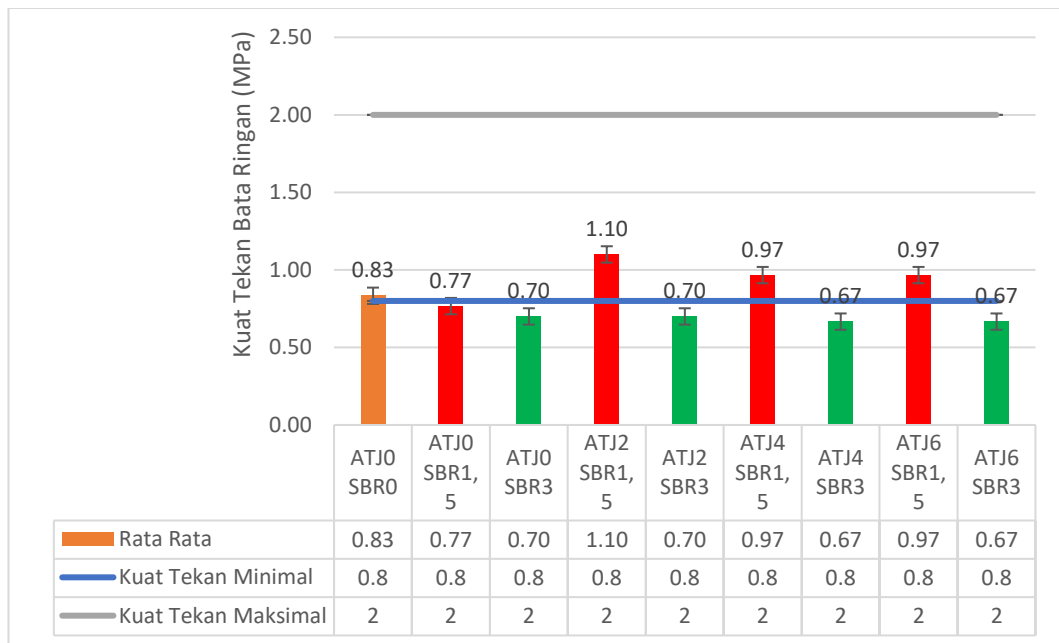
Variasi	Kode Variasi	Dimensi			Luas Bidang Tekan (A)	Hasil Kuat Tekan Alat	Konversi	Rata-Rata (Mpa)
		p (cm)	l (cm)	t (cm)	cm ²	KN	MPa	
	C	10	10	10	100	7	0,7	
ATJ 6 SBR 1,5	A	10	10	10	100	9	0,9	0,96
	B	10	10	10	100	9	0,9	
	C	10	10	10	100	11	1,1	
ATJ 6 SBR 3	A	10	10	10	100	6	0,6	0,66
	B	10	10	10	100	7	0,7	
	C	10	10	10	100	7	0,7	

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini berpedoman pada Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa oleh Kementrian PUPR dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 9 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan

Variasi	Nilai Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)	Mortar Busa PUPR	Keterangan
ATJ 0 SBR 0	0,86	≥ 0,8 MPa	Memenuhi
ATJ 0 SBR 1,5	0,76		Tidak Memenuhi
ATJ 0 SBR 3	0,70		Tidak Memenuhi
ATJ 2 SBR 1,5	1,10		Memenuhi
ATJ 2 SBR 3	0,70		Tidak Memenuhi
ATJ 4 SBR 1,5	0,96		Memenuhi
ATJ 4 SBR 3	0,66		Tidak Memenuhi

Variasi	Nilai Rata-Rata Kuat Tekan (MPa)	Mortar Busa PUPR	Keterangan
ATJ 6 SBR 1,5	0,96		Memenuhi
ATJ 6 SBR 3	0,64		Tidak Memenuhi



Grafik 4. 3 Grafik Nilai Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan Grafik 4.3, hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji dengan ukuran 10 x 10 x 10 cm menunjukkan bahwa seluruh variasi telah diuji berdasarkan hasil pengujian kuat tekan paling tinggi terdapat pada variasi substitusi semen 2% abu tongkol jagung dan penambahan SBR Latex 1,5% dengan kuat tekan rata-rata sebesar 1,1 MPa, sedangkan variasi dengan nilai kuat tekan terendah yaitu variasi substitusi semen 6% abu tongkol jagung dan penambahan SBR Latex 3% yaitu, sebesar 0,64 MPa. Diketahui semua variasi bata ringan memiliki nilai kuat tekan rata-rata pada hari 14 yang masih dalam standar bata ringan struktural kelas IIA pada Pedoman Spesifikasi Material Ringan Mortar Busa yaitu dengan nilai kuat tekan rata rata sebesar 0,8 - 2 MPa.

Variasi bata ringan dengan penambahan SBR Latex tanpa substitusi abu tongkol jagung terjadi penurunan nilai kuat tekan. Jika penambahan SBR Latex 1,5% dan substitusi abu tongkol jagung 2% menghasilkan nilai kuat tekan yang optimum, namun abu tongkol jagung diatas 2% nilai kuat tekan fluktuatif stabil. Penggunaan SBR Latex 3% terjadi penurunan nilai kuat tekan fluktuatif stabil. SBR Latex membentuk film polimer di sekitar agregat dan di dalam pori, sehingga ITZ menjadi lebih rapat dan fleksibel. ITZ (*Interfacial Transition Zone*) pada bata ringan adalah zona berupa lapisan tipis yang terbentuk antara semen dan agregat yang memengaruhi kekuatan, durabilitas, dan ikatan antar material dalam struktur beton atau mortar. Pada kadar optimal, ini meningkatkan ikatan mikro dan mengurangi retakan mikro. Jika terlalu banyak, film polimer bisa mengganggu hidrasi semen dan ITZ malah menjadi penurunan. Penambahan SBR Latex di kisaran rendah bisa memperbaiki interaksi mikro (ITZ) dan meningkatkan kekuatan tekan. Namun, penggunaan SBR yang tinggi cenderung menurunkan kuat tekan secara signifikan akibat struktur polimer yang dominan, porositas bertambah, dan hidrasi semen terganggu (Harish G R et al., 2016).

Pada kadar rendah 2%, partikel abu yang sangat halus dapat mengisi rongga kapiler dan ruang antar partikel semen/agregat, menurunkan jumlah pori-pori/rongga udara sehingga meningkatkan kepadatan pada bata ringan. Hal ini menyebabkan kenaikan pada nilai kuat tekan. Di atas titik optimum (>2%), kadar tinggi abu tongkol jagung dapat meningkatkan porositas dan mengganggu ikatan di zona transisi antar muka (*interfacial transition zone*/ITZ), sehingga kekuatan menurun. (Olafusi & Adeyemi Olutoge, 2012).

Setelah melakukan pengujian kuat tekan ini dapat disimpulkan bahwa terjadinya kenaikan dan penurunan nilai kuat tekan dari bata ringan konvensional dengan bata ringan inovasi. Nilai kuat tekan pada variasi 1 (konvensional) sebesar 0,86 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi ATJ2SBR1,5 dengan nilai kenaikan sebesar 0,27 MPa, sedangkan nilai kuat tekan terendah terjadi pada variasi ATJ6SBR3 dengan nilai penurunan sebesar 0,19 MPa .

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tiara Monica, menyatakan bahwa variasi penggunaan SBR Latex 2% dan 2,5% terjadi penurunan nilai kuat tekan

dengan nilai 1,04 MPa dan 0,97 MPa, sedangkan variasi penggunaan SBR Latex 1,5% menunjukkan kenaikan nilai kuat tekan yang optimal dengan nilai 1,31 MPa (Monica Tiara et al., 2021). Hal ini menandakan bahwa penggunaan SBR Latex yang berlebih akan terjadi penurunan kuat tekan pada bata ringan.

4.3.5. Pengujian Suhu

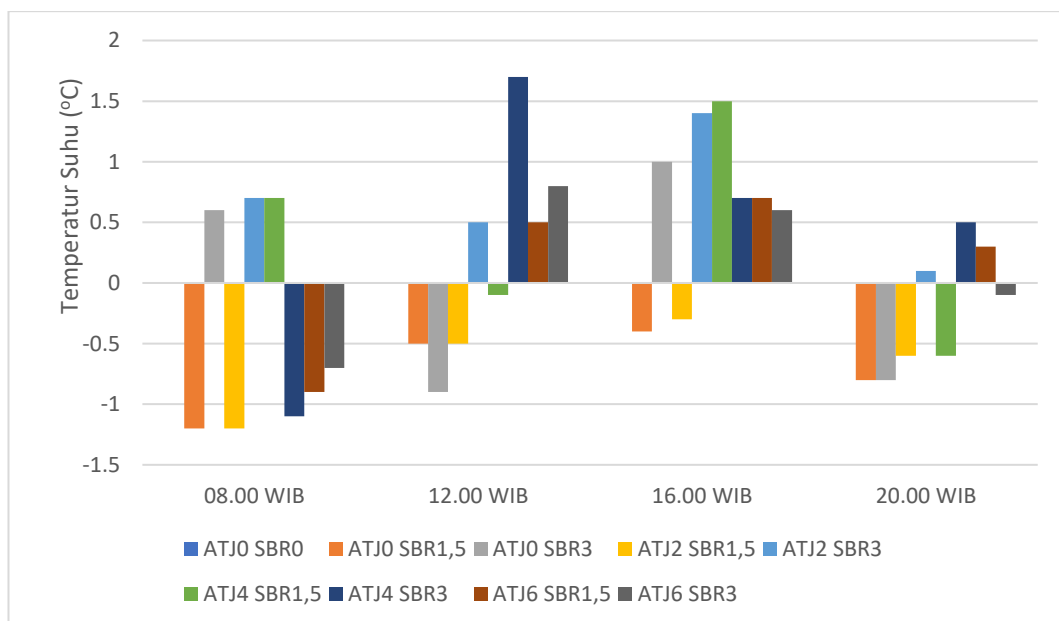
Pada pengujian temperatur suhu dilakukan pada pukul 08.00 WIB, 12.00 WIB, 16.00 WIB, dan 20.00 WIB. Hasil dari pengujian temperatur disajikan pada tabel 4.7 dan tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 10 Nilai Hasil Pengujian Suhu

Variasi	Temperatur Suhu			
	08.00 WIB	12.00 WIB	16.00 WIB	20.00 WIB
ATJ 0 SBR 0	29,8 °C	31,6 °C	30,5 °C	29,5 °C
ATJ 0 SBR 1,5	28,6°C	31,1°C	30,1°C	28,7°C
ATJ 0 SBR 3	30,4 °C	30,7 °C	31,5 °C	28,7 °C
ATJ 2 SBR 1,5	28,6°C	31,1°C	30,2 °C	28,9 °C
ATJ 2 SBR 3	30,5 °C	32,1 °C	31,9 °C	29,6 °C
ATJ 4 SBR 1,5	30,5 °C	31,5 °C	32 °C	28,9 °C
ATJ 4 SBR 3	28,1 °C	33,3 °C	31,2 °C	30 °C
ATJ 6 SBR 1,5	28,3 °C	32,1 °C	31,7 °C	29,8 °C
ATJ 6 SBR 3	28,5 °C	32,4 °C	31,1 °C	29,4 °C

Tabel 4. 11 Nilai Hasil Perbandingan Suhu dari Variasi 1

Variasi	Hasil $\Delta T = T_n - T_0$			
	08.00 WIB	12.00 WIB	16.00 WIB	20.00 WIB
ATJ 0 SBR 0	0 °C	0 °C	0 °C	0 °C
ATJ 0 SBR 1,5	-1,2 °C	-0,5°C	-0,4°C	-0,8°C
ATJ 0 SBR 3	0,6 °C	-0,9 °C	1,0 °C	-0,8 °C
ATJ 2 SBR 1,5	-1,2 °C	-0,5°C	-0,3 °C	-0,6 °C
ATJ 2 SBR 3	0,7 °C	0,5 °C	1,4 °C	0,1 °C
ATJ 4 SBR 1,5	0,7 °C	-0,1 °C	1,5 °C	-0,6 °C
ATJ 4 SBR 3	-1,1 °C	1,7 °C	0,7 °C	0,5 °C
ATJ 6 SBR 1,5	-0,9 °C	0,5 °C	0,7 °C	0,3 °C
ATJ 6 SBR 3	-0,7 °C	0,8 °C	0,6 °C	-0,1 °C



Grafik 4. 4 Grafik Hasil Perbandingan Suhu dari Variasi 0

Hasil pengujian suhu menunjukkan bahwa tidak ada trend atau kecenderungan yang terlihat dari penambahan abu tongkol jagung dan SBR pada temperatur benda uji, diperlihatkan dengan fluktuatifnya nilai temperatur pada Grafik 4.4. Hasil pengujian suhu diatas menyatakan bahwa terdapat variasi terbaik yaitu variasi abu tongkol jagung 0% dan SBR Latex 1,5% yang menghasilkan nilai temperatur suhu pada jam 08.00 WIB, 12.00 WIB, 16.00 WIB, 20.00 WIB adalah -1,2°, -0,5°, -0,4°, -0,8° dan variasi abu tongkol jagung 2% dan SBR Latex 1,5% yang menghasilkan nilai temperatur suhu pada jam 08.00 WIB, 12.00 WIB, 16.00 WIB, 20.00 WIB adalah -1,2°, -0,5°, -0,3°, -0,6°.

Penggunaan substitusi abu tongkol jagung pada semen dan SBR Latex sebagai tambahan menunjukkan bahwa pengaruhnya terhadap penurunan suhu bersifat relatif kecil. Abu tongkol jagung tidak efektif untuk menurunkan suhu dikarenakan, kandungan karbonnya kecil (Olulope & Popoola, 2017). Karbon berfungsi untuk menyerap panas dan isolasi suhu rendah. Abu tongkol jagung dan SBR Latex dapat meningkatkan porositas dan menyebabkan sedikit perubahan pada konduktivitas termal, nilai konduktivitasnya umumnya tidak jauh berbeda dari semen sehingga efek terhadap kemampuan bata ringan menurunkan suhu ruang tidak signifikan.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa abu tongkol jagung dan SBR Latex tidak efektif untuk penurunan suhu. Hal tersebut diperkirakan karena tongkol jagung mempunyai struktur yang berongga besar dibandingkan dengan tanah lempung, berat jenis yang lebih ringan dibandingkan dengan tanah lempung, sehingga tongkol jagung bukanlah sebagai konduktor yang baik, melainkan sebagai isolator yang baik.

4.4. Analisis Biaya

Pada penelitian ini diperlukan adanya analisa biaya pembuatan bata ringan konvensional dengan bata ringan inovasi sebagai perbandingan. Perhitungan volume bahan yang digunakan menggunakan ukuran bata ringan 60 x 20 x 10 cm. Data harga yang tertera didapat dari AHSP (Analisa Harga Satuan Pekerjaan) Kota Semarang tahun 2025. Berikut rincian perhitungan biaya produksi bata ringan yang

dibuat dengan substitusi abu tongkol jagung pada semen dan bahan tambah SBR Latex. Analisis biaya dilakukan sebagai perbandingan antara bata ringan konvensional terhadap bata ringan inovasi yang memenuhi syarat pengujian densitas, daya serap, kuat tekan dan pengujian temperatur suhu. Berikut merupakan rincian harga bahan penyusun harga bata ringan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

a. Bata Ringan ATJ0 SBR0 atau Konvensional

Bata ringan variasi 1 adalah bata ringan konvensional yang mana komposisinya tidak ada bahan tambahan apapun. Berikut merupakan tabel rincian biaya yang dikeluarkan untuk membuat bata ringan ATJ0 SBR0 atau konvensional.

Tabel 4. 12 Analisis Biaya ATJ0 SBR0

Harga Kebutuhan Bahan Variasi 1				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
Semen	3	Kg	Rp. 1410,-	Rp. 4230,-
Pasir	5,2	Kg	Rp. 246,-	Rp. 1279.20,-
Air	2	lt	-	-
Foaming agent	0,02	Lt	Rp. 35.000,-	Rp. 700,-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 6209.20,-

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa biaya yang akan dikeluarkan untuk satu bata ringan ATJ0 SBR0 dengan ukuran 60 x 20 x 10 cm yaitu Rp 6209,20.

b. Bata Ringan ATJ2 SBR1,5

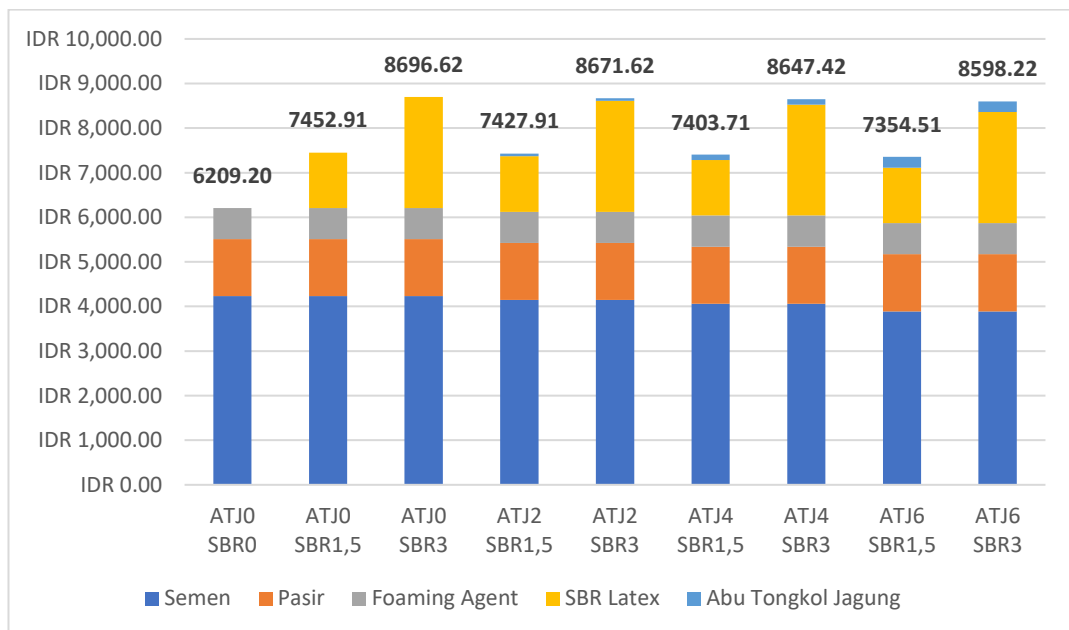
Bata ringan ATJ2 SBR1,5 merupakan variasi bata ringan dengan komposisi abu tongkol jagung sebesar 2% sebagai substitusi semen dan penambahan SBR Latex sebesar 1,5%. Berikut merupakan tabel rincian biaya yang dikeluarkan dalam produksi bata ringan ATJ2 SBR1,5.

Tabel 4. 13 Analisis Biaya ATJ2 SBR1,5

Harga Kebutuhan Bahan Variasi 4				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga (Rp)	Total Harga (Rp)
Semen	2,94	Kg	Rp. 1410,-	Rp. 4145.40,-
Pasir	5,2	Kg	Rp. 246,-	Rp. 1279.20,-
Air	2	lt	-	-
Foaming agent	0,02	Lt	Rp. 35.000,-	Rp. 700,-

SBR Latex	0,045	Lt	Rp. 27.638,-	Rp. 1243.71,-
Abu Tongkol Jagung	0,06	Kg	Rp. 1.000	Rp. 60, -
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 7428.31,-

Dari tabel di atas, dapat disimpulkan bahwa biaya yang akan dikeluarkan untuk satu bata ringan ATJ2 SBR1,5 dengan ukuran 60 x 20 x 10 cm yaitu Rp 7428,31.



Grafik 4. 5 Grafik Analisa Biaya

Dengan perbandingan biaya pada grafik 4.5 di atas, dapat disimpulkan bahwa bata ringan inovasi membutuhkan biaya lebih tinggi dibandingkan dengan bata ringan konvensional. Didapatkan harga tertinggi pada ATJ0 SBR3 dengan bahan substitusi abu tongkol jagung 2% pada semen dan bahan tambah SBR Latex 3% sebesar Rp 8696,62 dan nilai terendah sebesar Rp 7354,51 pada ATJ6 SBR1,5 dengan bahan substitusi abu tongkol jagung 6% pada semen dan bahan tambah SBR Latex 1,5%.

Dari perbandingan biaya diatas terdapat variasi pembuatan bata ringan yang optimal dengan variasi substitusi abu tongkol jagung terhadap semen 2% dan penambahan SBR Latex 1,5%, didapat harga sebesar Rp 7427,91.

4.5. Persentase Optimum

Persentase optimum yang dihasilkan dari pengujian densitas, daya serap air, kuat tekan, dan pengujian suhu pada inovasi bata ringan didapatkan pada variasi empat, dengan bahan substitusi abu tongkol jagung 2% dan bahan tambah SBR Latex 1,5%. Hasil pengujian densitas didapatkan hasil 0,725 gr/cm³, daya serap air 21,7%, kuat tekan sebesar 1,1 MPa, dan temperatur suhu terjadi penurunan di jam 08.00 WIB, 12.00 WB, 16.00 WIB, 20.00 WIB dengan nilai -1,2°, -0,5°, -0,3°, -0,6° dengan perbandingan pada bata ringan konvensional.