

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Agregat Halus

Agregat halus seperti pasir dan bahan pengganti (substitusi) pasir sebelum digunakan dan dibuat menjadi benda uji, bahan – bahan tersebut harus dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai dan karakteristik material apakah sesuai dan memenuhi nilai Standar Nasional Indonesia (SNI) atau tidak. Pengujian yang dilakukan antara lain seperti Analisa gradasi butiran pada pasir, uji berat jenis, dan uji waktu ikat pada semen.

4.1.1 Uji Analisa Gradasi Butiran

Uji Analisa gradasi butiran biasanya dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat penggetar yang disebut *sieve shaker*. *Sieve shaker* terdiri dari beberapa saringan dengan diameter saringan yang berbeda – beda serta dilengkapi dengan wadah kosong sebagai tempat penampungan hasil akhir di bagian paling bawah. Pengujian dilakukan selama kurang lebih 10 – 15 menit.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Pasir dengan Sieve Shaker

Diameter Saringan	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Prosentasi Berat Tertahan	Prosentase Berat Tertahan Kumulatif	Prosentasi Berat Lolos Kumulatif
(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
9,500	25	25	2,5	2,5	97,5
4,750	60	60	6	8,5	91,5
2,360	113	113	11,3	19,8	80,2
1,180	177	177	17,7	37,5	61,5
0,600	175.7	175.7	17,57	55,07	42,63
0,300	110	110	11	66.07	31,63
0,150	160,3	160.3	16,03	83,1	15
0,075	100	100	10	90,1	8
PAN	75.3	75.3	7,53	97,63	0,17
Jumlah	996,3	996,3	99,63	371,87	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Fineness Modulus (FM) / Modulus Kehalusan :

$$FM = \frac{\Sigma \text{berat tertinggal kumulatif}}{100} \dots\dots\dots [11]$$

$$\begin{aligned} FM &= \frac{371,87}{100} \\ &= 3,718 \end{aligned}$$

Perhitungan berat yang hilang dapat dilihat pada persamaan [2].

$$\begin{aligned} \text{Berat hilang} &= \frac{3,7}{1000} \\ &= 0,37\% < 2\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan berikut, dapat diketahui bahwa nilai modulus kehalusan bahan mencapai 3,718. Hal tersebut menunjukkan bahwa modulus kehalusan bahan pada pasir yang digunakan memenuhi standar sesuai dengan SNI 03-1750-1990 dengan kisaran 1,5 – 3,8.

4.1.2 Uji Kadar Lumpur Kocokan

Kadar lumpur pada pasir perlu diketahui jumlahnya untuk mengetahui karakteristik pasir yang digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan mencampurkan pasir dengan air pada gelas ukur 250 ml.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kadar Lumpur Kocokan

Material	Awal	Akhir
Pasir	130 ml	130 ml
Lumpur	-	6 ml
Air	250 ml	238 ml

(Sumber : Hasil Penelitian)

Selanjutnya, untuk menghitung jumlah kadar lumpur dapat dilihat pada persamaan [1].

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = \frac{6}{130} \times 100$$

$$\text{Kadar lumpur (\%)} = 4,615\%$$

Keterangan :

A = Tinggi lumpur (ml)

B = Tinggi pasir awal

Dari hasil perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa kadar lumpur yang terkandung sebesar 4,615% yang membuktikan bahwa masih dalam batas normal dalam SNI S-04-1989-F dengan kandungan nilai kadar lumpur pada agregat halus maksimal 5%.

4.1.3 Uji Berat Jenis

Uji berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer dan *metal sand cone* untuk mengetahui kering permukaan jenuh (SSD) pada pasir. Salah satu tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk menghitung kebutuhan *jobmix design* pada genteng beton.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Berat Jenis Pasir

No	Parameter	Hasil (gram)
1	Berat pasir kering permukaan jenuh (SSD)	500
2	Berat pasir kering (BK)	479.16
3	Berat piknometer diisi aquades (B)	669
4	Berat piknometer + pasir SSD + aquades (Bt)	959,2

1	Berat jenis (Bulk)	2,220
2	Berat jenis permukaan jenuh (SSD)	2,4
3	Berat jenis semu (Apparent)	2,458
4	Penyerapan (Absortion)	4,349%

(Sumber : Hasil Penelitian)

Perhitungan berat jenis permukaan jenuh (SSD) pasir dapat dilihat pada persamaan [4].

$$\text{SSD} = \frac{500}{(669+500-953,2)}$$
$$= 2,4 \text{ gr}$$

Proses pengujian dan perhitungan berat jenis kering permukaan jenuh sesuai dengan SNI 03-1970-1990 tentang Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air

Agregat Halus serta AASTHO T 19M tentang *Bulk Density* (“*Unit Weight*”) and *Voids in Aggregate*. Berat jenis jenuh yang diperoleh adalah sebesar 2,4 gr.

4.2 Hasil Uji Semen

Semen yang akan digunakan baiknya dilakukan pengecekan baik secara visual maupun secara pengujian. Semen yang baik adalah semen dengan butiran halus yang terpisah dan tidak menggumpal. Berikut adalah pengujian yang dilakukan pada semen.

4.2.1 Uji Konsistensi Normal Semen

Pengujian konsistensi normal semen menggunakan alat bantu yang disebut vicat. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-6826-2002. Hasil pengujian konsistensi normal pada semen dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Uji Konsistensi Normal Semen Portland Komposit

No	Berat Semen (gr)	Persentase Air (%)	Penurunan Jarum (mm)	Suhu (°C)
1	300	25%	7	30
2	300	26%	9	30
3	300	28%	10	30

(sumber : Hasil Penelitian)

Menurut SNI 03-6826-2002, batas penurunan jarum pada konsistensi normal semen adalah 10 ± 1 mm. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan penurunan sebesar 10 mm pada persentase air 28%.

4.2.2 Uji Waktu Ikut

Pengujian waktu ikat awal semen menggunakan alat bantu yang disebut vicat. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI-15-2049-2004. Hasil pengujian waktu ikat semen ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Pemeriksaan Waktu Ikut Semen

No	Waktu (Menit)	Penurunan (mm)	Suhu (°C)
1	15	42	27,4
2	30	42	27,4
3	45	42	27,4

4	60	42	27,4
5	75	42	27,8
6	90	40	28
7	105	38	28
8	120	25	28

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pemeriksaan tersebut, didapatkan penurunan jarum di 25 mm pada menit 105 ke 120 pada suhu 28°C. Hal tersebut sesuai dengan yang tercantum pada SNI 15-2049-2004, yang mengatakan juga batas maksimal waktu ikat akhir adalah 375 menit.

4.3 Hasil Uji Serat Batang Pisang

Uji yang dilakukan pada serat batang pisang hanya uji berat jenis. Uji ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dari serat batang pisang menggunakan bantuan alat piknometer.

4.3.1 Uji Berat Jenis

Pengujian berat jenis pada serat batang pisang dilakukan untuk membantu memudahkan menghitung kebutuhan komposisi campuran pada *jobmix design*. Pengujian berat jenis pada serat menggunakan alat piknometer berukuran 50 ml

Tabel 4. 6 Hasil Uji Berat Jenis Serat Batang Pisang

No	Parameter	Hasil (gram)
1	Berat Piknometer + serat batang pisang (C)	78,56
2	Berat piknometer (A)	48,87
3	Berat serat batang pisang (E)	30,04
4	Berat piknometer + serat batang pisang + air (D)	147,99
5	Berat piknometer + air (B)	146,52
6	Berat Jenis $\frac{E}{[(B-A)-(D-C)]}$	1,064

(sumber : Hasil Penelitian)

Hasil berat jenis pada serat batang pisang adalah sebesar 1,064 gram.

4.4 Hasil Uji Genteng Beton

Pengujian genteng beton sesuai SNI 0096:2007 terbagi menjadi pengujian sifat tampak, ukuran, kerataan, penyerapan air, rembesan air, dan uji kuat lentur. Berikut adalah hasil dari pengujiannya.

4.4.1 Hasil Uji Ukuran

Menghitung ukuran pada genteng beton bagian tebal, kaitan, dan juga penampang dengan bantuan alat pengukur seperti jangka sorong dan meteran. Berikut adalah hasil pengukuran pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Genteng Beton

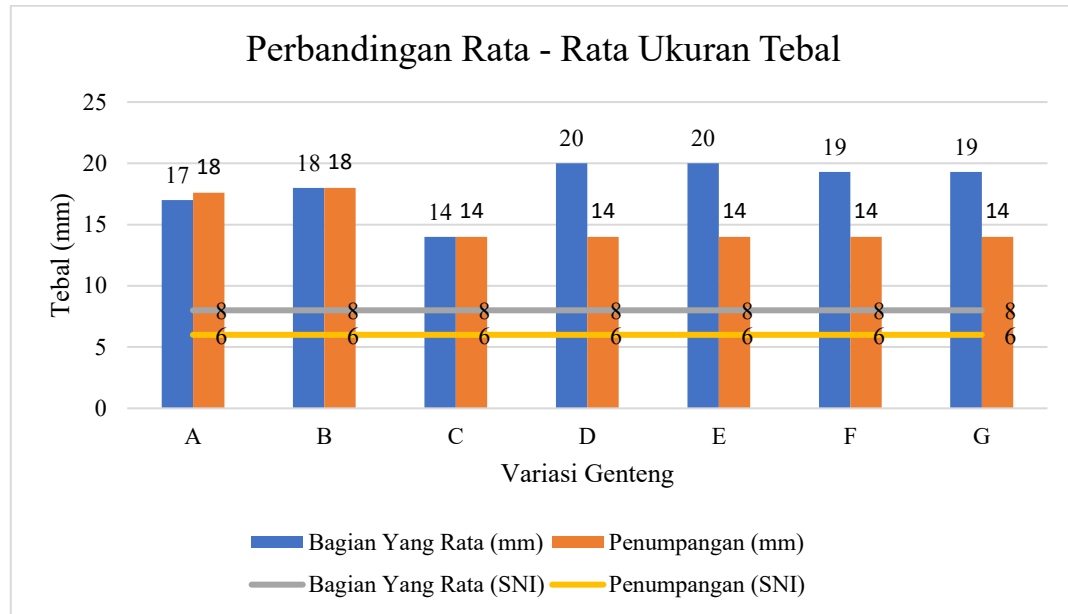
Bagian Yang Diuji	A1	A2	A3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	17 mm	16 mm	18 mm	17 mm
Penumpangan	17 mm	18 mm	18 mm	17,6 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	320 mm	320 mm	313,3 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.2 mm	40.2 mm	40.2 mm	40.2 mm
Kedalaman Alur	29.8 mm	29.9 mm	29.8 mm	27,6 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	B1	B2	B3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Penumpangan	18 mm	18 mm	18 mm	18 mm
Kaitan				
Panjang	310 mm	320 mm	320 mm	316,6 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				

Bagian Yang Diuji	B1	B2	B3	Rata - Rata
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	C1	C2	C3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	D1	D2	D3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	310 mm	310 mm	300 mm	306,6 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	E1	E2	E3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	20 mm	20 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm

Bagian Yang Diuji	E1	E2	E3	Rata - Rata
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.3 mm	40.2 mm	40 mm	40.16 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	F1	F2	F3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	18 mm	19,3 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40.3 mm	40.3 mm	40.3 mm	40.3 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm
Jumlah Alur	2	2	2	2
Bagian Yang Diuji	G1	G2	G3	Rata - Rata
Tebal				
Bagian Yang Rata	20 mm	20 mm	18 mm	19,3 mm
Penumpangan	14 mm	14 mm	14 mm	14 mm
Kaitan				
Panjang	300 mm	300 mm	300 mm	300 mm
Lebar	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Tinggi	10 mm	10 mm	10 mm	10 mm
Penampangan				
Lebar	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm
Kedalaman Alur	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm

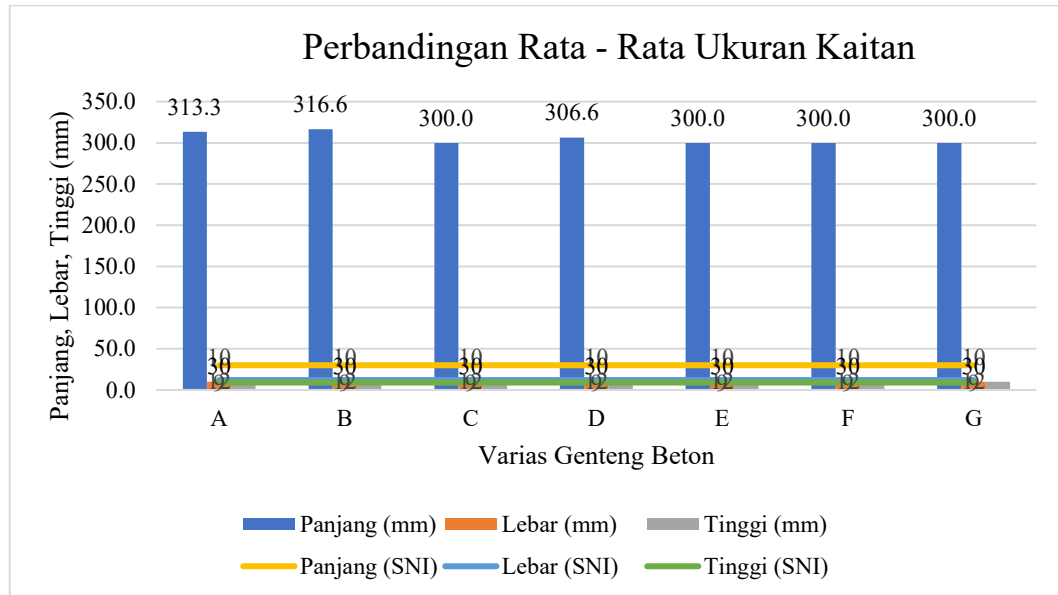
Bagian Yang Diuji	G1	G2	G3	Rata - Rata
Jumlah Alur	2	2	2	2

(sumber : Hasil Penelitian)



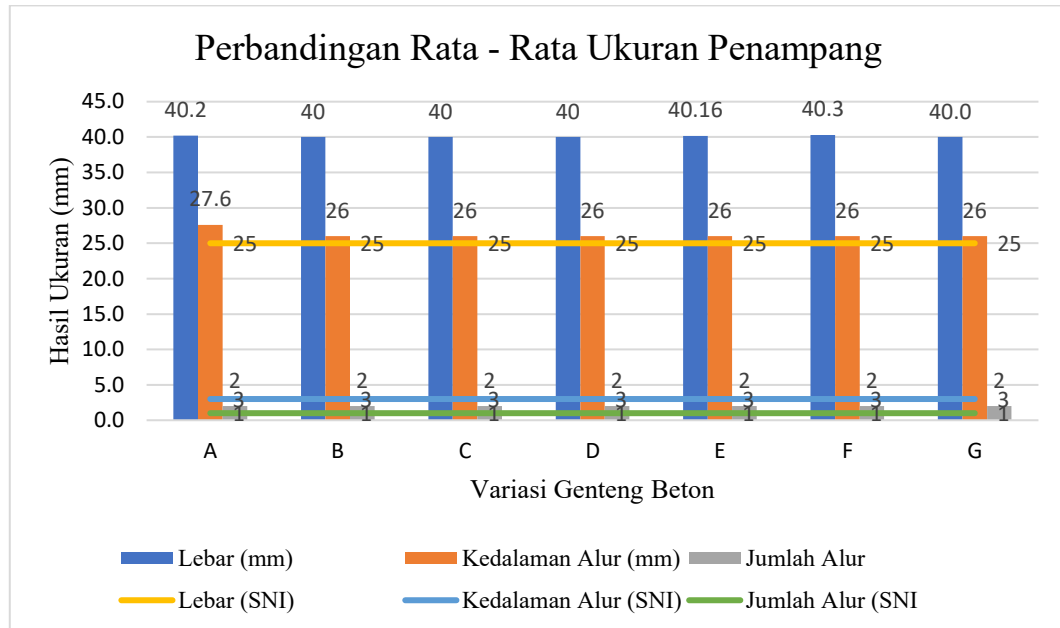
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Tebal Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

Dari grafik 4.1 di atas, dapat disimpulkan bahwa variasi D sampai dengan variasi G memiliki ukuran tebal yang relatif mirip. Dengan ukuran tebal bagian rata 20 mm dan penumpangan 14 mm. pada variasi C terlihat penurunan atau perbedaan ukuran yang cukup signifikan daripada variasi yang lain. Hal ini disebabkan karena genteng beton dicetak secara manual dengan cetakan yang terbuat dari besi. Perbedaan ukuran bisa saja terjadi akibat peletakkan cetakan di atas genteng beton tidak selalu mirip dan sama.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Kaitan Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

Pada grafik 4.2 hasil perbandingan rata – rata ukuran pada kaitan genteng beton menghasilkan ukuran yang relatif sama. didapatkan ukuran kaitan yang paling Panjang pada variasi B dengan Panjang 316,6 mm atau 31,6 cm. pada variasi C sampai variasi G menghasilkan hasil ukuran Panjang yang lebih stabil dengan lebar dan tinggi yang sama pada semua variasi. Dikarenakan ketidaksamaan ukuran yang lumayan signifikan juga terdapat pada variasi C, maka ketidaktepatan pemasangan cetakan menjadi alasan mengapa variasi B dan C memiliki ukuran yang paling berbeda. Pada saat setelah dicetak dan cetaknya diangkat, adonan genteng beton yang berada di pinggir akan turun dan menyebabkan perbedaan ukuran pada setiap genteng beton yang dicetak.



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Rata - Rata Ukuran Penampang Genteng
(Sumber : Hasil Penelitian)

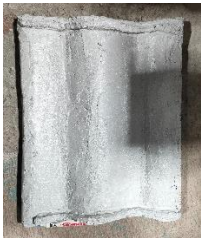
Berbeda dengan yang terjadi pada grafik 4.3, grafik di atas adalah grafik perbandingan rata – rata ukuran penampang pada genteng beton. Terlihat bahwa sleuruh varasi memiliki ukuran yang sama yaitu lebar penampang 40 mm dengan kedalaman alur sebesar 25 mm.

Dari ketiga diagram di atas, dapat dilihat bahwa seluruh bagian pada genteng beton memenuhi ukuran sesuai dengan SNI 0096:2007. Terdapat beberapa perbedaan ukuran yang bisa disebabkan oleh faktor pada proses pembuatan genteng yang dicetak secara manual dengan tatakan genteng beton yang berbeda. Akan tetapi, perbedaan yang dihasilkan tidak begitu signifikan, hanya berbeda 1-2 mm.

4.4.2 Hasil Uji Sifat Tampak

Uji tampak pada genteng beton bertujuan untuk melihat hasil visual pada genteng beton. Sesuai dengan SNI 0096:2007, genteng beton tidak boleh ada keretakan dan permukaannya harus halus. Hasil tampak pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4. 8 Hasil Uji Sifat Tampak Pada Benda Uji

Variasi	Benda Uji	Hasil Sifat Tampak	Dokumentasi	Keterangan
A	A1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		Memenuhi
	A2	Permukaan sedikit bergeronjal, tidak terdapat retak		Belum memenuhi
	A3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
B	B1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	B2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	B3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
C	C1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	C2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	C3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
D	D1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	D2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	D3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
E	E1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	E2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	E3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
F	F1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi

Variasi	Benda Uji	Hasil Sifat Tampak	Dokumentasi	Keterangan
	F2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	F3	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
G	G1	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	G2	Permukaan halus, tidak terdapat retak		memenuhi
	G3	Permukaan halus, terdapat retak		Belum memenuhi

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa rata – rata keseluruhan variasi yang dibuat memenuhi SNI 0096:2007. Pada variasi A (0%, +0%) atau genteng beton konvensional dan variasi G (4%, +30%) terdapat salah satu benda uji yang tidak memenuhi dikarenakan adanya retakan pada permukaan genteng. Namun, secara keseluruhan genteng beton atau benda uji yang dihasilkan memenuhi SNI 0096:2007 dari segi tampak atau visual. Hal ini dibuktikan pada penelitian sebelumnya dengan persentase penambahan serat batang pisang 5% menghasilkan keretakan paling minimum pada beton (Hani & Rini, 2018). Hal tersebut dikarenakan serat batang pisang memiliki struktur mikroskopis yang memberikan kestabilan tambahan pada campuran beton dan mengurangi risiko pengembangan retakan (Tajalla et al., 2024).

4.4.3 Hasil Uji Kerataan

Uji kerataan pada genteng beton dilakukan dengan menggunakan batang baja berdiameter 3 mm. berikut adalah hasil pengujian kerataan pada genteng beton pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Uji Kerataan Genteng Beton

Variasi	Benda Uji	Kerataan	Dokumentasi
A	A1	Kurang dari 3 mm	
	A2	Kurang dari 3 mm	
	A3	Kurang dari 3 mm	
B	B1	Kurang dari 3 mm	
	B2	Kurang dari 3 mm	
	B3	Kurang dari 3 mm	
C	C1	Kurang dari 3 mm	
	C2	Kurang dari 3 mm	
	C3	Kurang dari 3 mm	
D	D1	Kurang dari 3 mm	
	D2	Kurang dari 3 mm	
	D3	Kurang dari 3 mm	
E	E1	Kurang dari 3 mm	
	E2	Kurang dari 3 mm	
	E3	Kurang dari 3 mm	
F	F1	Kurang dari 3 mm	
	F2	Kurang dari 3 mm	
	F3	Kurang dari 3 mm	
G	G1	Kurang dari 3 mm	
	G2	Kurang dari 3 mm	
	G3	Kurang dari 3 mm	

(sumber : Hasil Penelitian)

Dari hasil pengujian, dapat dilihat bahwa seluruh variasi pada genteng beton mulai dari variasi A (0%, +0%), B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%,

+4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%) memenuhi SNI 0096:2007 dengan kerataan maksimal 3 mm.

4.4.4 Hasil Uji Berat

Perbandingan berat pada genteng beton perlu diketahui sebagai salah satu output pada penelitian. Pada SNI 0096:2007, tidak tercantum batas minimal atau maksimal berat pada genteng beton. Tabel 4.10 berikut menunjukkan hasil berat masing – masing genteng beton.

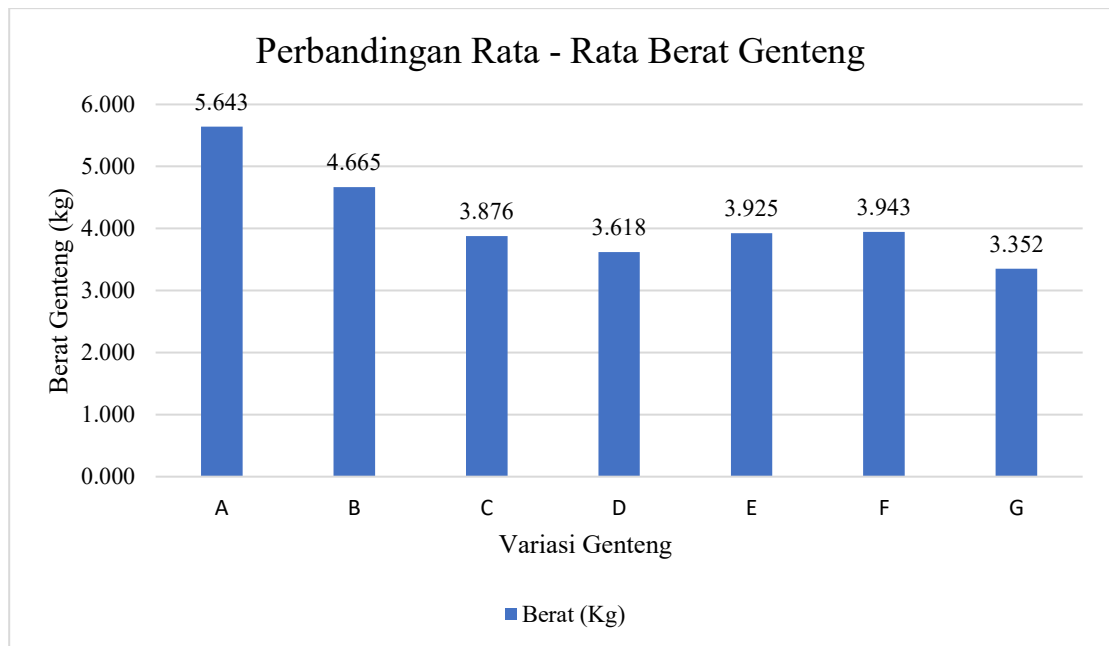
Tabel 4. 10 Hasil Perbandingan Berat

Variasi	Benda Uji	Berat (kg)	Berat rata – rata (Kg)	Dokumentasi
A	A1	5,735 kg	5,643	
	A2	5,545 kg		
	A3	5,650 kg		
B	B1	5,080 kg	4,665	
	B2	4,680 kg		
	B3	4,235 kg		
C	C1	3,690 kg	3,876	
	C2	3,860 kg		
	C3	4,080 kg		
D	D1	3,290 kg	3,618	
	D2	4,135 kg		
	D3	3,430 kg		
E	E1	3,985 kg	3,925	
	E2	3,910 kg		
	E3	3,880 kg		

Variasi	Benda Uji	Berat (kg)	Berat rata – rata (Kg)	Dokumentasi
F	F1	3,865 kg	3,943	
	F2	4,085 kg		
	F3	3,880 kg		
G	G1	3,115 kg	3,352	
	G2	3,510 kg		
	G3	3,430 kg		

(Sumber : Hasil penelitian)

Dari hasil penelitian menunjukkan pada setiap variasi dengan kenaikan persentase substitusi limbah *styrofoam*, menghasilkan genteng beton dengan berat yang lebih ringan. Grafik atau diagram perbandingan rata – rata berat genteng dapat dilihat pada gambar 4. 4 di bawah.



Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Rata - Rata Berat Genteng
(Sumber: Hasil Penelitian)

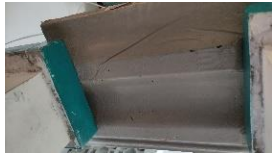
Genteng beton dengan berat palig besar diperoleh oleh variasi A atau genteng beton non campuran dengan berat rata – rata 5,643 kg. dilanjut pada variasi B dengan berat genteng beton sebesar 4,665 kg. Penurunan berat genteng per-variasi berhenti pada variasi E dengan kenaikan sebesar 3,07% dan terdapat penurunan kembali pada variasi G. Dari hasil perbandingan berat di atas, didapatkan hasil berat genteng paling ringan pada variasi G dengan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* sebesar 4% dan 30%. Hal ini menunjukkan, bahwa genteng beton dengan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam* lebih ringan dibandingkan genteng beton konvensional tanpa campuran. Pada penelitian terdahulu, *styrofoam* mampu menekan berat genteng beton sampai mencapai rata – rata 3,06% (Halim, 2020). Hal ini juga disebutkan dalam penelitian lain yang membahas tentang beton dengan *styrofoam*, menunjukkan bahwa beton dengan campuran *styrofoam* memiliki berat jenis lebih rendah berkisar antara 5% - 35% dibandingkan dengan beton tradisional (Wulandari et al., 2018).

4.4.5 Hasil Uji Rembesan Air (Impermeabilitas)

Rembesan air pada genteng beton dilakukan dengan menggenangkan air di atas permukaan genteng beton dengan bantuan seng selama 20 jam 5 menit. Berikut adalah hasil uji rembesan air pada genteng beton. Hasil pengujian rembesan air dapat dilihat pada tabel 4.11 di bawah.

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Rembesan Air

Variasi	Benda Uji	Rembesan	Dokumentasi
A	A1	Tidak ada rembesan	
	A2	Tidak ada rembesan	
	A3	Tidak ada rembesan	
B	B1	Tidak ada rembesan	

Variasi	Benda Uji	Rembesan	Dokumentasi
	B2	Tidak ada rembesan	
	B3	Tidak ada rembesan	
C	C1	Tidak ada rembesan	
	C2	Tidak ada rembesan	
	C3	Tidak ada rembesan	
D	D1	Tidak ada rembesan	
	D2	Tidak ada rembesan	
	D3	Tidak ada rembesan	
E	E1	Tidak ada rembesan	
	E2	Tidak ada rembesan	
	E3	Tidak ada rembesan	
F	F1	Tidak ada rembesan	
	F2	Tidak ada rembesan	
	F3	Tidak ada rembesan	
G	G1	Tidak ada rembesan	
	G2	Tidak ada rembesan	
	G3	Tidak ada rembesan	

(Sumber : Hasil penelitian)

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pada variasi A (0%, +0%), atau genteng tanpa bahan campuran menunjukkan tidak ada rembesan air atau tetesan air pada genteng. Hal yang sama juga ditunjukkan pada genteng variasi B (20%, +3%), C (25%, +3%), D (30%, +3%), E (20%, +4%), F (25%, +4%), dan G (30%, +4%). Seluruh genteng beton tidak menunjukkan adanya tetesan air di bawah genteng. Dapat dikatakan bahwa genteng beton memenuhi SNI 0096:2007 pada pengujian rembesan air.

4.4.6 Hasil Uji Penyerapan Air (Porositas)

Pengujian penyerapan air pada genteng beton dilakukan dengan merendam genteng beton yang sudah kering ke dalam air sampai menutupi seluruh bagian genteng selama 24 jam. Hasil penyerapan air pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.12 berikut.

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Benda Uji	Berat Kering (K) (Kg)	Berat Basah (W) (Kg)
A	A1	5,735 kg	6,150
	A2	5,545 kg	5,915
	A3	5,650 kg	6,105
B	B1	5,080 kg	5,535
	B2	4,680 kg	5,110
	B3	4,235 kg	4,640
C	C1	3,690 kg	4,025
	C2	3,860 kg	4,240
	C3	4,080 kg	4,313
D	D1	3,290 kg	3,630
	D2	4,135 kg	4,505
	D3	3,430 kg	3,680
E	E1	3,985 kg	4,335
	E2	3,910 kg	4,275
	E3	3,880 kg	4, 250
F	F1	3,865 kg	4,200
	F2	4,085 kg	4,420
	F3	3,880 kg	4,195
G	G1	3,115 kg	3,445
	G2	3,510 kg	3,870
	G3	3,430 kg	3,775

(Sumber : Hasil penelitian)

Tabel 4.12 di atas adalah hasil rekapitulasi berat genteng beton dalam keadaan kering dan basah. Untuk mengetahui berapa besar penyerapan air pada genteng beton, diperlukan perhitungan sebagaimana pada persamaan [7] sebagai berikut.

Dengan :

W = Berat genteng basah (kg)

K = berat genteng kering (kg)

1. Variasi A

a. A1

Berat genteng kering (K) = 5,735 kg

Berat genteng basah (W) = 6,150 kg

$$A1 = \frac{6,150 - 5,735}{5,735} \times 100\%$$

$$A1 = \frac{0,415}{5,735} \times 100\%$$

$$A1 = 7,236\%$$

b. A2

Berat genteng kering (K) = 5,545 kg

Berat genteng basah (W) = 5,915 kg

$$A2 = \frac{5,915 - 5,545}{5,545} \times 100\%$$

$$A2 = \frac{0,37}{5,545} \times 100\%$$

$$A2 = 6,672\%$$

c. A3

Berat genteng kering (K) = 5,650 kg

Berat genteng basah (W) = 6,105 kg

$$A3 = \frac{6,105 - 5,650}{5,650} \times 100\%$$

$$A3 = \frac{0,455}{5,650} \times 100\%$$

$$A3 = 8,053\%$$

$$\text{Rata - rata penyerapan air pada variasi A} = \frac{A1+A2+A3}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{7,236+6,672+8,053}{3}$$

$$\text{Rata - rata} = 7,320\%$$

2. Variasi B

a. B1

Berat genteng kering (K) = 5,080 kg

Berat genteng basah (W) = 5,535 kg

$$B1 = \frac{5,535-5,080}{5,080} \times 100\%$$

$$B1 = \frac{0,455}{5,080} \times 100\%$$

$$B1 = 8,956\%$$

b. B2

Berat genteng kering (K) = 4,680 kg

Berat genteng basah (W) = 5,110 kg

$$B2 = \frac{5,110-4,680}{4,680} \times 100\%$$

$$B2 = \frac{0,42}{4,680} \times 100\%$$

$$B2 = 9,188\%$$

c. B3

Berat genteng kering (K) = 4,235 kg

Berat genteng basah (W) = 4,640 kg

$$B3 = \frac{4,640-4,235}{4,640} \times 100\%$$

$$B3 = \frac{405}{4,640} \times 100\%$$

$$B3 = 8,728\%$$

$$\text{Rata – rata penyerapan air pada variasi B} = \frac{B1+B2+B3}{3}$$

$$\text{Rata – rata} = \frac{8,956+9,188+8,728}{3}$$

$$\text{Rata – rata} = 8,957\%$$

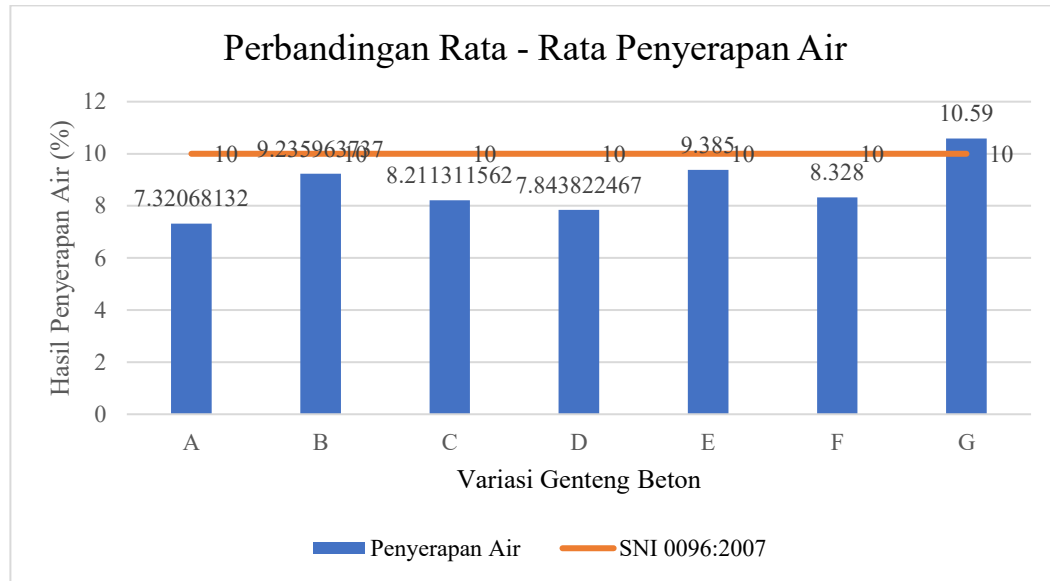
Hasil rekapitulasi perhitungan penyerapan air pada genteng dapat dilihat pada tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4. 13 Hasil Analisa Pengujian Penyerapan Air

Variasi	Benda Uji	Berat Kering (K) (Kg)	Berat Basah (W) (Kg)	Penyerapan Air (%)	Rata – rata (%)	SNI 0096:2007 $\leq 10\%$
A	A1	5,735 kg	6,150	7,236%	7,320%	Memenuhi
	A2	5,545	5,915	6,672%		Memenuhi
	A3	5,650	6,105	8,053%		Memenuhi
B	B1	5,080	5,535	8,956%	8,957%	Memenuhi
	B2	4,680	5,110	9,188%		Memenuhi
	B3	4,235	4,640	8,728%		Memenuhi
C	C1	3,690	4,025	9,078%	8,210%	Memenuhi
	C2	3,860	4,240	9,844%		Memenuhi
	C3	4,080	4,313	5,71%		Memenuhi
D	D1	3,290	3,630	7,294%	7,843%	Memenuhi
	D2	4,135	4,505	8,948%		Memenuhi
	D3	3,430	3,680	7,286%		Memenuhi
E	E1	3,985	4,335	9,284%	9,385%	Memenuhi
	E2	3,910	4,275	9,335%		Memenuhi
	E3	3,880	4, 250	9,536%		Memenuhi
F	F1	3,865	4,200	8,667%	8,328%	Memenuhi
	F2	4,085	4,420	8,2%		Memenuhi
	F3	3,880	4,195	8,118%		Memenuhi
G	G1	3,115	3,445	10,59%	10,59%	Tidak Memenuhi
	G2	3,510	3,870	10,23%		Tidak Memenuhi
	G3	3,430	3,775	10,058%		Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil penelitian)

Dari hasil tersebut, menerangkan bahwa tidak semua variasi genteng beton menghasilkan daya serap kurang dari 10%.



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Rata - Rata Penyerapan Air Genteng
(sumber : Hasil Penelitian)

Dapat dilihat pada gambar 4.5 di atas, rekapitulasi hasil penyerapan air pada genteng beton. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi A sampai Variasi F berhasil memenuhi SNI 0096:2007 yang mengatur tentang genteng beton. Nilai penyerapan air rata – rata tertinggi terdapat pada variasi G (30%, +4%) dengan nilai 10,59%, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi A (0%, +0%) dengan nilai 7,320%. Pada genteng variasi B nilai penyerapan air mengalami kenaikan sekitar 1,6% lalu setelah itu nilai penyerapan air terus menurun sampai variasi D dan mengalami kenaikan pada variasi E (20%, +4%) sebesar 1,54%, lalu terjadi penurunan kembali pada variasi F (25%, +4%) sebesar 1,05%. Namun, pada variasi G (30%, +4%) penyerapan air pada genteng melebihi batas 10%. Peningkatan tersebut disebabkan oleh campuran material yang tidak homogen akibat penggunaan styrofoam berlebih dan serat batang pisang melebihi kadar optimal. Styrofoam yang terlalu banyak menyebabkan segregasi material dan rongga besar (Ginting, 2019), sedangkan penambahan serat lebih dari 3% membentuk rongga mikro yang memperbesar penyerapan air .(Hadi et al., 2023). Hal ini diperkuat oleh (Siregar et al., 2021) yang menyatakan bahwa “penambahan serat batang pisang lebih dari 3% menyebabkan peningkatan penyerapan air akibat pori-pori

mikro yang terbentuk tidak sempurna menutup”. Dengan demikian, peningkatan penyerapan air pada variasi G terjadi akibat interaksi negatif kedua material tersebut, sehingga struktur beton menjadi lebih berpori dan tidak kompak dan daya serap airnya melampaui batas maksimum SNI 0096:2007.

4.4.7 Hasil Uji Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur pada genteng beton menggunakan alat *universal testing machine* (UTM). Minimal nilai kuat lentur pada genteng beton profil penelitian ini adalah 1400 N. Pengujian kuat lentur dilakukan pada saat umur genteng 14 hari. Berikut adalah hasil kuat lentur genteng beton pada usia 14 hari. Berikut adalah nilai kuat lentur sementara yang dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Beban Lentur

Variasi	Benda Uji	Berat Genteng (Kg)	Tebal genteng (mm)	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Rata – Rata (N)
A	A1	5,735	17	1550	1573
	A2	5,545	16	1560	
	A3	5,650	18	1610	
B	B1	5,080	18	1600	1780
	B2	4,680	18	2010	
	B3	4,235	18	1730	
C	C1	3,690	14	1560	1460
	C2	3,860	14	1370	
	C3	4,080	14	1450	
D	D1	3,290	20	2060	1787
	D2	4,135	20	1900	
	D3	3,430	20	1400	
E	E1	3,985	20	1420	1580
	E2	3,910	20	1710	

Variasi	Benda Uji	Berat Genteng (Kg)	Tebal genteng (mm)	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Rata – Rata (N)
	E3	3,880 kg	20	1610	
F	F1	3,865 kg	20	1700	1460
	F2	4,085 kg	20	1270	
	F3	3,880 kg	18	1410	
G	G1	3,115 kg	20	1020	1070
	G2	3,510 kg	20	1130	
	G3	3,430 kg	18	1060	

(Sumber : Hasil Penelitian)

Data yang tertera dari hasil pengujian di atas akan dihitung dengan rumus dan persamaan [9] dan [10] di bawah ini.

1. Variasi A

$$F_i = A_1 = 1550 \text{ N}$$

$$A_2 = 1560 \text{ N}$$

$$A_3 = 1610 \text{ N}$$

$$F = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}$$

$$F = \frac{1550 + 1560 + 1610}{3}$$

$$F = 1573,33 \text{ N}$$

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (1550 - 1573,33)^2 + (1560 - 1573,33)^2 + (1610 - 1573,33)^2}{3}}$$

$$S_d = 26,246 \text{ N}$$

$$F_c = F - 1,64 \times S_d$$

$$F_c = 1573,33 - 1,64 \times 26,246$$

$$F_c = 1530,289 \text{ N}$$

Berarti, nilai kuat lentur dari variasi A adalah 1530,289 N

2. Variasi B

$$F_i = B_1 = 1600 \text{ N}$$

$$B2 = 2010 \text{ N}$$

$$B3 = 1730 \text{ N}$$

$$F = \frac{B1+B2+B3}{3}$$

$$F = \frac{1600+2010+1730}{3}$$

$$F = 1780 \text{ N}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum(1600-1780)^2+(2010-1780)^2 + (1730-1780)^2}{3}}$$

$$Sd = 171,075 \text{ N}$$

$$Fc = F - 1,64 \times Sd$$

$$Fc = 1780 - 1,64 \times 171,075$$

$$Fc = 1499,437 \text{ N}$$

Berarti, nilai kuat lentur dari variasi B adalah 1499,437 N.

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, seluruh hasil dari setiap variasi akan dimasukkan dalam tabel rekapitulasi nilai rata – rata kuat lentur pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Rata - Rata Kuat Lentur Genteng 14 Hari

Variasi	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Nilai Kuat Lentur Rencana SNI 0096:2007
A	1530,29	>1400
B	1499,44	>1400
C	1322,26	>1400
D	1325,65	>1400
E	1382,75	>1400
F	1166,32	>1400
G	995,45	>1400

(Sumber : Hasil Penelitian)

Dapat kita ketahui nilai kuat lentur genteng pada usia 14 hari dengan perhitungan di atas. Dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur pada Variasi A (0%, +3%) genteng beton

konvensional atau campuran serat nilai kuat lenturnya memenuhi batas minimal SNI 0096:2007 yaitu senilai 1400 N. Namun, terjadi penurunan nilai kuat lentur pada variasi C (25%, +3%) dan terjadi kenaikan kembali pada variasi D (30%, +3%) begitu pun pada variasi E (20%, +4%) sampai dengan variasi G (30%, +4%). Namun, nilai tersebut belum dapat dikatakan valid dikarenakan usia beton hanya mencapai 14 hari. Maka dari itu, perlu dihitung nilai kuat lenturnya dengan mengkonversi ke usia 28 Hari. Variasi C dengan nilai kuat lentur 1322,26 N, maka harus diubah satuannya ke dalam MPa dan dikonversi ke dalam nilai kuat tekan beton (f_c) :

$$P = F/A \dots \dots \dots [12]$$

$$P = 1322,26 / 325 \text{ mm}^2$$

$$P = 4,099 \text{ MPa}$$

Nilai konversi umur beton usia 14 hari adalah 0,88 dan 28 hari adalah 1.

Perhitungan konversi pada variasi C :

- Mengonversikan kuat lentur ke dalam nilai kuat tekan dengan rumus :

$$f_c' = \left(\frac{f_s}{0,62} \right)^2 \dots \dots \dots [13]$$

$$\begin{aligned} f_c' &= \left(\frac{f_s}{0,62} \right)^2 \\ &= \left(\frac{4,099}{0,62} \right)^2 \\ &= 43,715 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Hasil kuat tekan yang didapatkan, dikonversi kembali ke umur beton 28 hari dengan rumus :

$$f_c'_{28} = \frac{f_c'}{0,88} \dots \dots \dots [14]$$

$$\begin{aligned} f_c'_{28} &= \frac{f_c'}{0,88} \\ &= \frac{43,715}{0,88} \\ &= 49,676 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- Lalu, ubah nilai $f_c'28$ tersebut ke dalam nilai kuat lentur (f_s) dengan perhitungan :

$$f_s = 0,62\sqrt{f_c'28}.....[15]$$

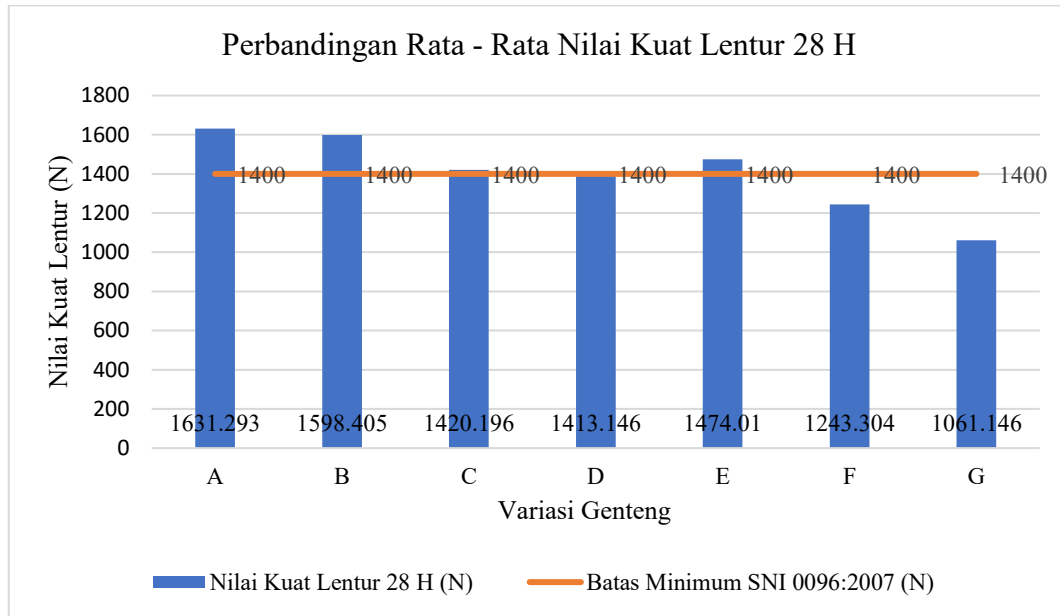
$$\begin{aligned} f_s &= 0,62\sqrt{f_c'28} \\ &= 4,37 \text{ MPa} \\ &= 1420,196 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan konversi di atas, dilakukan dengan rumus dan tahap yang sama kepada seluruh variasi. Nilai akhir konversi secara keseluruhan, kemudian akan dicatat pada tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 16 Perhitungan Hasil Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari

Variasi	Nilai Kuat Lentur 14 H (N)	Nilai Kuat Lentur 28 H (N)	Nilai Kuat Lentur Rencana (≥ 1400 N)
A	1530,29	1631,293	Memenuhi
B	1499,44	1598,405	Memenuhi
C	1322,26	1420,196	Memenuhi
D	1325,65	1413,146	Memenuhi
E	1382,75	1474,01	Memenuhi
F	1166,32	1243,304	Tidak Memenuhi
G	995,45	1061,146	Tidak Memenuhi

(Sumber : Hasil Penelitian)



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Kuat Lentur Genteng Beton 28 Hari
(Sumber : Hasil penelitian)

Pada gambar 4.6, dapat dilihat bahwa hasil konversi kuat lentur genteng beton pada variasi A dengan 0% substitusi styrofoam dan 0% penambahan serat batang pisang adalah 1631,293 N, variasi B dengan 20% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang sebesar 1598,405, pada variasi C dengan 25% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang dengan nilai kuat lentur 1420,196 N, lalu pada variasi D dengan 30% substitusi styrofoam dan 3% penambahan serat batang pisang sebesar 1413,146 N, variasi E dengan 20% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang memiliki nilai kuat lentur 1474,01 N, lalu pada variasi F dengan 25% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang dengan nilai kuat lentur 1243,304 N, dan diakhiri oleh variasi G dengan 30% substitusi styrofoam dan 4% penambahan serat batang pisang memiliki nilai kuat lentur sebesar 1061,146 N. Dari hasil di atas, dapat dilihat bahwa penambahan styrofoam menyebabkan penurunan nilai kuat lentur. Kuat lentur pada variasi B mengalami penurunan sebesar 3,28%. Hal yang sama terjadi pada variasi C sampai E. Namun, pada variasi E terjadi peningkatan kuat lentur sebesar 6,086% dari variasi D. semakin besar penambahan styrofoam maka

kuat lentur yang akan dihasilkan juga semakin kecil. Seperti yang terjadi pada penelitian sebelumnya dengan penambahan styrofoam persentase 0%, 1%, 2%, dan 3% nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada persentase 1% penambahan styrofoam dengan nilai 1035,5 N (Firda et al., 2023). Didapatkan hasil kuat lentur optimal pada variasi B dengan penambahan serat sebesar 3%. Hal tersebut selaras dengan penelitian sebelumnya, kuat lentur pada penambahan persentase 2,5% serat mengalami kenaikan sebesar 1% dari persentase sebelumnya (Setiawan & Arini, 2022). Jika dilihat dari penambahan kuat lentur pada variasi E, penambahan persentase serat batang pisang 4% bisa menjadi pengaruh dalam kenaikan nilai kuat lenturnya. Penurunan nilai kuat lentur pada variasi F dan G memiliki korelasi atau hubungan dengan pengujian yang sebelumnya yaitu daya serap air yang tinggi menunjukkan rongga pada genteng beton semakin banyak. Penggunaan serat batang pisang dengan persentase optimal 3%, hal ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menghasilkan kuat lentur optimal beton campuran serat pelepah pisang kepoth pada persentase 3% dengan nilai 3,33 Mpa (Latif et al., 2024). Jadi, ketika persentase 4% serat dicampur dengan styrofoam substitusi lebih dari 20%, maka hasil kuat lenturnya tidak optimal.

4.5 Analisa Kebutuhan Biaya

Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui berapa kebutuhan biaya yang diperlukan dalam membuat satu buah genteng beton. Kebutuhan biaya yang dihitung didapatkan berdasarkan harga satuan pada wilayah Kota Semarang. Berikut ini merupakan kebutuhan yang diperlukan dalam membuat benda uji atau genteng beton. Berikut ini merupakan kebutuhan bahan – bahan campuran yang tertera pada tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Kebutuhan Bahan - Bahan Campuran

No.	Kebutuhan Bahan – Bahan Campuran					
	Benda Uji	Serat Batang Pisang (gr)	Limbah Styrofoam (gr)	Semen (gr)	Pasir (gr)	Air (gr)
1	A	0	0	1637,213	3742,2	573,024
2	B	16,59	14,345	1637,213	2993,16	573,024
3	C	16,59	17,931	1637,213	2806,66	573,024
4	D	16,59	21,518	1637,213	2619,528	573,024
5	E	22,121	14,345	1637,213	2993,16	573,024
6	F	22,121	17,931	1637,213	2806,66	573,024
7	G	22,121	21,518	1637,213	2619,528	573,024

(Sumber : Penulis)

Dari kebutuhan bahan yang sudah dihitung, maka dapat dihitung total kebutuhan biaya produksi yang dikeluarkan dalam membuat 1 buah benda uji atau genteng beton dengan cara sebagai berikut.

1. Variasi A

1 semen : 3 pasir : 0,35 FAS, 0% serat batang pisang. Genteng tanpa bahan campuran serat batang pisang dan limbah *styrofoam*.

- a. Kebutuhan pasir = 3,742 kg
Harga pasir = kebutuhan pasir x harga
= 3,742 x Rp246,-
= Rp920,532.-
- b. Kebutuhan Semen = 1,637 kg
Harga semen = kebutuhan semen x harga
= 1,637 x Rp1.410,-
= Rp2.308,17.-

c. Total Biaya = harga pasir + harga semen
 $= 920,532 + 2.308,17$
 $= \text{Rp}3.258,7.-$

Tabel 4. 18 Biaya Produksi Genteng Variasi A

Material	Kebutuhan Bahan (Kg)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pasir	3,742	Rp246,-	Rp920,532
Semen	1,637	Rp1.410,-	Rp2.308,17
Jumlah Biaya Produksi			Rp3.258,7

(Sumber : Hasil Penelitian)

Jadi, total biaya produksi untuk variasi A adalah sebesar Rp3.258,7.-/buah.

2. Variasi B

1 semen : 2,8 pasir : 0,2 *styrofoam* : 0,35 FAS, 3% serat batang pisang.

a. Kebutuhan pasir = 2,993 kg
 Harga pasir = kebutuhan pasir x harga
 $= 2,993 \times \text{Rp}246,-$
 $= \text{Rp}736,28$

b. Kebutuhan Semen = 1,637 kg
 Harga semen = kebutuhan semen x harga
 $= 1,637 \times \text{Rp}1.410,-$
 $= \text{Rp}2.308,17.-$

c. Total Biaya = harga pasir + harga semen
 $= 736,28 + 2.308,17$
 $= \text{Rp}3.044,5$

Tabel 4. 19 Biaya Produksi Genteng Variasi B

Material	Kebutuhan Bahan (Kg)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
Pasir	2,993	Rp246,-	Rp736,28
Semen	1,637	Rp1.410,-	Rp2.308,17

Serat Batang Pisang	0,017	Rp0,-	Rp0,-
Limbah <i>Styrofoam</i>	0,015	Rp0,-	Rp0,-
Jumlah Biaya Produksi			Rp3.044,5

(Sumber: Hasil Penelitian)

Jadi, dari hasil perhitungan di atas dapat diketahui biaya produksi untuk variasi B dengan jumlah substitusi sebesar 20% terhadap volume pasir dan penambahan 3% serat batang pisang sebesar Rp3.044,5.

Dari perhitungan di atas, dapat dibuat rekapitulasi biaya produksi variasi secara keseluruhan pada tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Jumlah Biaya Produksi

Variasi	Jumlah Biaya Produksi (Rp)
A	Rp3.228,70
B	Rp3.044,45
C	Rp2.998,59
D	Rp2.952,57
E	Rp3,.044,45
F	Rp2.998,59
G	Rp2.952,57

(Sumber: Hasil Penelitian)

Biaya produksi pada variasi A atau genteng tanpa bahan campuran serat dan limbah *styrofoam*, membutuhkan biaya produksi yang tinggi dengan nilai Rp3.228,-. Seiring dengan penambahan persentase substusi limbah *styrofoam* pada volume pasir, semakin memengaruhi biaya produksi yang dikeluarkan untuk membuat genteng beton. Penurunan biaya produksi pada variasi D (30%, +3%) dan G (30%, +4%) mendapatkan biaya produksi paling murah dari keseluruhan variasi.

Hal ini disebabkan oleh harga dari serat batang pisang dan limbah *styrofoam* yang mencapai Rp0,- karena pemanfaatan limbah pada lingkungan sekitar dan juga jumlah yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

4.6 Rekapitulasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian secara keseluruhan, akan dilakukan rekapitulasi dan analisa terkait keterikatan satu sama lain dan bagaimana pengaruhnya dalam tabel 4.21 berikut.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Variasi	Ukuran	Sifat Tampak	Kerataan	Berat	Rembesan Air	Penyerapan Air	Kuat Lentur	Perbandingan Harga
A	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	5,643 kg	Tidak ada tetesan	7,32%	1631,293 N	Rp3.228,70
B	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	4,665 kg	Tidak ada tetesan	8,957%	1598,405 N	Rp3.044,45
C	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,876 kg	Tidak ada tetesan	8,210%	1420,196 N	Rp2.998,59
D	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,618 kg	Tidak ada tetesan	7,843%	1413,146 N	Rp2.952,57
E	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,925 kg	Tidak ada tetesan	9,385%	1474,01 N	Rp3,.044,45
F	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,943 kg	Tidak ada tetesan	8,328%	1243,304 N	Rp2.998,59
G	Memenuhi	Tidak ada retak	Kurang dari 3 mm	3,352 kg	Tidak ada tetesan	10,59%	1061,146 N	Rp2.952,57

(Sumber : Hasil Penelitian)

■ = Tidak Memenuhi SNI 0096:2007

■ = Memenuhi SNI 0096:2007

Dari hasil rekapitulasi di atas, dapat dilihat bahwa *secara* keseluruhan variasi memiliki keunggulannya masing – masing. Seluruh pengujian memiliki keterkaitan dalam hasil akhir yang ditunjukkan. Variasi A (0%, +0%) memiliki hasil pengujian paling unggul dan optimal dalam kuat lentur dengan nilai 1631,293 N dan penyerapan air paling minimum dengan nilai 7,32%. Namun, secara berat dan biaya produksi yang dibutuhkan, variasi A memiliki berat dan biaya yang lebih tinggi dibandingkan variasi dengan bahan campuran. Untuk genteng beton yang paling ringan didapat pada variasi G dengan berat 3,352 kg akan tetapi, berat genteng yang diakibatkan oleh limbah *styrofoam* memengaruhi terhadap nilai kuat lenturnya. Semakin besar kenaikan persentase *styrofoam*, semakin rendah pula nilai kuat lenturnya. Dari segi perbandingan harga, kenaikan persentase pada *styrofoam* semakin menekan harga produksinya. Pada

genteng dengan penambahan serat batang pisang 4%, dapat menaikkan nilai kuat lentur pada variasi E (20%, +4%) dengan nilai 1474,01 N. Meskipun nilai kuat lenturnya bisa lebih dari 1400 N, tetapi tidak lebih besar dibanding variasi B. Pada variasi B (20%, +3%) didapatkan hasil paling optimal untuk variasi genteng dengan campuran. Nilai kuat lentur yang dihasilkan mengalami kenaikan dari 1400 N menjadi 1598,405 N dengan penyerapan air sebesar 8,21% dan membutuhkan biaya produksi Rp3.044,45.