

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil Pengujian Material

4.1.1. Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisis saringan agregat halus ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur. Hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya terhadap agregat halus berpedoman pada (SNI 03-1968, 1990) tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus. Berikut tabel hasil pengujian analisis saringan agregat halus, yaitu :

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Berat Sampel = 1000 gr

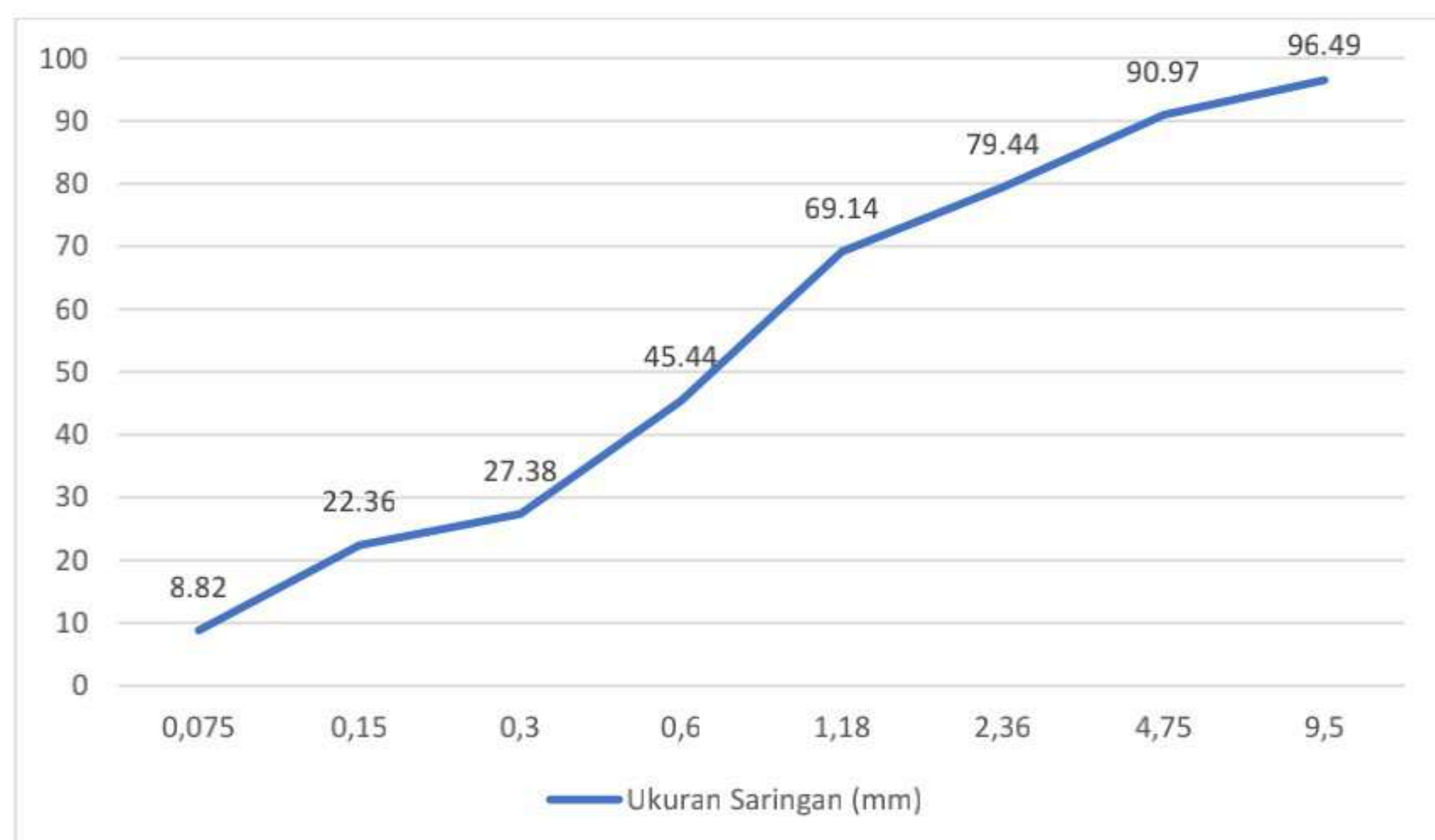
Nomor Saringan (mm)	Berat Tertahan di Saringan (gr)	Persentase		
		% Berat tertahan di saringan	% Kumulatif yang tertahan di saringan	% yang lolos saringan
9,5	0,035	3,51	3,51	96,49
4,75	0,055	5,52	9,03	90,97
2,36	0,115	11,53	20,56	79,44
1,18	0,105	10,3	30,86	69,14
0,6	0,237	23,7	54,56	45,44
0,3	0,18	18,06	72,62	27,38
0,15	0,05	5,02	77,64	22,36
0,075	0,135	13,54	91,18	8,82
PAN	0,085	8,53	99,71	0,29
Berat Total (W1)	0,997	99,71		

Kehilangan berat = berat mula – berat sisa
 = 1000 – 997
 = 3 gr
 Persentase = $\frac{3}{1000} \times 100 = 0,3\% < 2\% \text{ (OK)}$
 FM pasir = $\frac{268,78}{100}$ (dari saringan 9,5 mm – 0,15 mm / 100)
 = 2,68 (kasar)

Tabel 4. 2 Ketentuan Jenis Modulus Kehalusan

Jenis Pasir	Modulus Kehalusan	Sisa diatas saringan 0,6 mm
Sangat Kasar	3,6	75% - 80%
Kasar	2,4 – 3,6	50% - 75%
Sedang	1,9 – 2,5	35% - 50%
Halus	1,5 – 2,0	20% - 35%
Sangat Halus	1,1 – 1,6	7% - 20%

Sumber : (Departemen Pekerjaan Umum, 1982)



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Uji Analisis Saringan

Berdasarkan hasil pengujian saringan agregat halus sebagaimana terlihat pada tabel dan grafik, agregat halus tersebut bersifat keras dan dapat digunakan sesuai dengan SNI 03-1968-1990.

4.1.2. Pengujian Kadar Lumpur

Berdasarkan hasil pengujian kadar lumpur agregat halus menggunakan pasir dengan air biasa setelah didiamkan selama 24 jam. Berikut tabel hasil uji kadar lumpur agregat halus menggunakan air biasa :

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kadar Lumpur

Hasil Uji Kadar Lumpur Pasir dan Air	
Tinggi Lumpur (A)	130
Pasir (B)	125

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar lumpur \%} &= \frac{B}{A} \times 100\% \\
 &= \frac{125}{130} \times 100\% \\
 &= 96\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka kadar lumpur agregat halus menggunakan air biasa memenuhi syarat yaitu >70% sesuai dengan SNI S-04-1998-F.

4.1.3. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan terhadap bahan utama penyusun batako yang meliputi agregat, kotoran sapi, dan abu sekam padi. Pengujian ini didasarkan atas SNI 1970:2016. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis:

4.1.3.1. Pengujian Berat Jenis Agregat

Tabel 4. 4 Hasil Uji Berat Jenis Agregat

	KEDALAMAN CONTOH			NOMOR SAMPEL		Angka Tabel Koreksi Suhu	
A	No.piknometer			1	2	-	-
B	Berat piknometer kosong	(W1)	gr	48,3	53,3	-	-
C	Berat piknometer + Aquades	(W2)	gr	68,8	73,8	-	-
D	Suhu piknometer + Aquades (Dikoreksi)	(T1)	°C	27°	28°	1,00349	1,00374
E	Harga air piknometer	(WT) = (W2-W1)*T1		20,57	20,58	-	-
F	Berat piknometer + Tanah kering	(W3)	gr	78,3	83,3	-	-
G	Berat piknometer + Tanah kering + Aquades	(W4)	gr	87,6	92,7	-	-
H	Suhu piknometer + Aquades + Tanah (Dikoreksi)	(T2)	°C	29°	30°	1,00400	1,00428
I	Berat jenis	$G_s = \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) * T_2}$	gr	2,67	2,69	-	-
J	Berat jenis rata-rata		gr	2,68			

Perhitungan Agregat :

a. Sampel 1

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$(WT) = (W_2 - W_1) * T_1$$

$$= (68,8 - 48,3) * 1,00349$$

$$= 20,57$$

2. Menghitung berat jenis (Gs)

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) \cdot T_2} \\
 &= \frac{78,3 - 58,4}{20,57 - (87,6 - 78,3) \cdot 1,00400} \\
 &= 2,67
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$\begin{aligned}
 (WT) &= (W_2 - W_1) \cdot T_1 \\
 &= (73,8 - 53,3) \cdot 1,00374 \\
 &= 20,58
 \end{aligned}$$

2. Menghitung berat jenis (Gs)

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) \cdot T_2} \\
 &= \frac{83,3 - 53,3}{20,58 - (92,7 - 83,3) \cdot 1,00428} \\
 &= 2,69 \\
 \overline{G_s} &= \frac{(G_{s1} + G_{s2})}{2} \\
 &= \frac{(2,67 + 2,69)}{2} \\
 &= 2,68
 \end{aligned}$$

Kesalahan Relatif

a. Sampel 1

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \frac{|G_{s1} - \overline{G_s}|}{\overline{G_s}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,67 - 2,68|}{2,68} \times 100\% \\
 &= 0,4\%
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \frac{|G_{s1} - \overline{G_s}|}{\overline{G_s}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,69 - 2,68|}{2,68} \times 100\% \\
 &= 0,4\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= \frac{X_1 + X_2}{2} \\
 &= \frac{0,4\% + 0,4\%}{2} \\
 &= 0,4\%
 \end{aligned}$$

Pembahasan:

Dari perhitungan di atas, didapatkan data untuk sampel 1 memiliki nilai Gs sebesar 2,67 dan harga air Picnometer 20,57 dengan suhu 27°; sampel 2 didapatkan nilai Gs sebesar 2,69 dan harga air Picnometer 20,58 dengan suhu 28°. Lalu didapatkan Gs rata-rata = 2,68. Selain itu, didapatkan nilai kesalahan relatif pada sampel 1 sebesar 0,4% dan pada sampel 2 sebesar 0,4%. Sehingga diperoleh kesalahan relatif rata-rata sebesar 0,4%.

Tabel 4. 5 Tipe Klasifikasi Tanah

Tipe Tanah	GS
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2.65 - 2.68
Kelanauan Tak Organik	2.62 - 2.68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2.68 - 2.75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

Sumber: Hardiyanto (2002)

Berdasarkan tabel klasifikasi tipe tanah di atas, kemungkinan tanah sampel praktikum termasuk dalam tipe lempung anorganik karena memiliki nilai Gs sebesar 2,68.

4.1.3.2. Pengujian Berat Jenis Kotoran Sapi

Tabel 4. 6 Hasil Uji Berat Jenis Kotoran Sapi
Perhitungan Kotoran Sapi:

	KEDALAMAN CONTOH			NOMOR SAMPEL		Angka Tabel Koreksi Suhu	
				1	2		
A	No.piknometer			1	2	-	-
B	Berat piknometer kosong	(W1)	gr	48,3	53,3	-	-
C	Berat piknometer + Aquades	(W2)	gr	68,8	73,8	-	-
D	Suhu piknometer + Aquades (Dikoreksi)	(T1)	°C	26°	27°	1,00324	1,00349
E	Harga air piknometer	(WT) = (W2-W1)*T1		20,57	20,57	-	-
F	Berat piknometer + Kotoran Sapi	(W3)	gr	78,3	83,3	-	-
G	Berat piknometer + Kotoran Sapi + Aquades	(W4)	gr	84,6	90,4	-	-
H	Suhu piknometer + Aquades + Tanah (Dikoreksi)	(T2)	°C	27°	28°	1,00349	1,00374
I	Berat jenis	$G_s = \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) * T_2}$	gr	2,11	2,23	-	-
J	Berat jenis rata-rata		gr	4,04			

a. Sampel 1

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$\begin{aligned}
 (WT) &= (W2-W1)*T1 \\
 &= (68,8-48,3) * 1,00324 \\
 &= 20,57
 \end{aligned}$$

Menghitung berat jenis (Gs)

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{W3-W1}{WT-(W4-W3)*T2} \\
 &= \frac{78,3-48,3}{20,57-(84,6-78,3)*1,00349} \\
 &= 2,11
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$\begin{aligned}
 (WT) &= (W2-W1)*T1 \\
 &= (73,8-53,3) * 1,00349 \\
 &= 20,57
 \end{aligned}$$

Menghitung berat jenis (Gs)

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{W3-W1}{WT-(W4-W3)*T2} \\
 &= \frac{83,3-53,3}{20,58-(90,4-83,3)*1,00374} \\
 &= 2,23
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \overline{G_s} &= \frac{(G_{s1}+G_{s2})}{2} \\
 &= \frac{(2,11+2,23)}{2} \\
 &= 2,17
 \end{aligned}$$

Kesalahan Relatif

a. Sampel 1

$$\begin{aligned}
 X1 &= \frac{|G_{s1}-\overline{G_s}|}{\overline{G_s}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,11-2,17|}{2,17} \times 100\% \\
 &= 2,76\%
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

$$\begin{aligned}
 X1 &= \frac{|G_{s1}-\overline{G_s}|}{\overline{G_s}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,23-2,17|}{2,17} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,76\% \\
 \bar{X} &= \frac{X_1 + X_2}{2} \\
 &= \frac{2,76\% + 2,76\%}{2} \\
 &= 2,76\%
 \end{aligned}$$

Pembahasan:

Dari perhitungan di atas, didapatkan data untuk sampel 1 memiliki nilai Gs sebesar 2,11 dan harga air Picnometer 20,57 dengan suhu 26°; sampel 2 didapatkan nilai Gs sebesar 2,23 dan harga air Picnometer 20,57 dengan suhu 27°. Lalu didapatkan Gs rata-rata = 2,17. Selain itu, didapatkan nilai kesalahan relatif pada sampel 1 sebesar 2,76% dan pada sampel 2 sebesar 2,76%. Sehingga diperoleh kesalahan relatif rata-rata sebesar 2,76%.

4.1.3.3. Pengujian Berat Jenis Abu Sekam Padi

Tabel 4. 7 Hasil Uji Berat Jenis Abu Sekam Padi

	KEDALAMAN CONTOH			NOMOR SAMPEL		Angka Tabel Koreksi Suhu	
				1	2		
A	No. piknometer			1	2	-	-
B	Berat piknometer kosong	(W1)	gr	48,3	53,3	-	-
C	Berat piknometer + Aquades	(W2)	gr	68,8	73,8	-	-
D	Suhu piknometer + Aquades (Dikoreksi)	(T1)	°C	26°	28°	1,00324	1,00374
E	Harga air piknometer	(WT) = (W2 - W1) * T1		20,57	20,58	-	-
F	Berat piknometer + Tanah kering	(W3)	gr	78,3	83,3	-	-

	KEDALAMAN CONTOH			NOMOR SAMPEL		Angka Tabel Koreksi Suhu	
G	Berat piknometer + Tanah kering + Aquades	(W4)	gr	84,3	89,1	-	-
H	Suhu piknometer + Aquades + Tanah (Dikoreksi)	(T2)	°C	25°	27°	1,00349	1,00301
I	Berat jenis	$G_s = \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) * T_2}$	gr	2,06	2,03	-	-
J	Berat jenis rata-rata		gr	2,05			

Perhitungan Abu Sekam Padi:

a. Sampel 1

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$\begin{aligned}
 (WT) &= (W_2 - W_1) * T_1 \\
 &= (68,8 - 48,3) * 1,00324 \\
 &= 20,57
 \end{aligned}$$

Menghitung berat jenis (Gs)

$$\begin{aligned}
 G_s &= \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) * T_2} \\
 &= \frac{78,3 - 48,3}{20,57 - (84,3 - 78,3) * 1,00349} \\
 &= 2,06
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

1. Menghitung harga air picnometer (WT)

$$\begin{aligned}
 (WT) &= (W_2 - W_1) * T_1 \\
 &= (73,8 - 53,3) * 1,00374 \\
 &= 20,58
 \end{aligned}$$

Menghitung berat jenis (Gs)

$$G_s = \frac{W_3 - W_1}{WT - (W_4 - W_3) * T_2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{83,3 - 53,3}{20,58 - (89,1 - 83,3) \cdot 1,00349} \\
 &= 2,03 \text{ gr} \\
 \overline{Gs} &= \frac{(Gs1 + Gs2)}{2} \\
 &= \frac{(2,06 + 2,03)}{2} \\
 &= 2,05
 \end{aligned}$$

Kesalahan Relatif

a. Sampel 1

$$\begin{aligned}
 X1 &= \frac{|Gs1 - \overline{Gs}|}{\overline{Gs}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,06 - 2,05|}{2,05} \times 100\% \\
 &= 0,5\%
 \end{aligned}$$

b. Sampel 2

$$\begin{aligned}
 X1 &= \frac{|Gs1 - \overline{Gs}|}{\overline{Gs}} \times 100\% \\
 &= \frac{|2,03 - 2,05|}{2,05} \times 100\% \\
 &= 0,98\% \\
 \bar{X} &= \frac{X1 + X2}{2} \\
 &= \frac{0,5\% + 0,98\%}{2} \\
 &= 0,74\%
 \end{aligned}$$

Pembahasan:

Dari perhitungan di atas, didapatkan data untuk sampel 1 memiliki nilai Gs sebesar 2,06 dan harga air Picnometer 20,57 dengan suhu 26°; sampel 2 didapatkan nilai Gs sebesar 2,03 dan harga air Picnometer 20,58 dengan suhu 28°. Lalu didapatkan Gs rata-rata = 2,05. Selain itu, didapatkan nilai kesalahan relatif pada sampel 1 sebesar 0,5% dan pada sampel 2 sebesar 0,98%. Sehingga diperoleh kesalahan relatif rata-rata sebesar 0,74%.

4.1.4. Pengujian Daya Ikat Semen

Pengujian daya ikat semen dilakukan dengan tujuan menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai penetapan konsistensi normal dan untuk penyiapan

benda uji untuk ikat awal semen. Pengujian ini didasarkan atas SNI 15-2049-2004. Pengujian terdiri atas 2 jenis yaitu pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat.

4.1.4.1. Pengujian Konsistensi Normal Semen

Berdasarkan pengujian konsistensi normal yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen

No.	Berat Semen (gram)	Air (ml)	Konsistensi (%)	Penurunan Jarum (mm)
1.	300	75	25%	7
2.	300	78	26%	8
3.	300	81	27%	8
4.	300	84	28%	10

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sampel nomor 4 memenuhi SNI 15-2049-2004 dengan hasil konsistensi sebesar 28%. Nilai tersebut berada pada rentang standar yang mengindikasikan bahwa sampel nomor 4 memiliki nilai keenceran yang dapat dijadikan acuan untuk pengujian selanjutnya, yaitu pengujian waktu ikat semen.

4.1.4.2. Pengujian Waktu Ikat Semen

Berdasarkan pengujian waktu ikat semen yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Semen

No.	Interval Waktu (Menit)	Penurunan (mm)
1.	15	44
2.	30	44
3.	45	44
4.	60	40
5.	75	40
6.	90	34

No.	Interval Waktu (Menit)	Penurunan (mm)
7.	105	29
8.	120	25

Berdasarkan hasil pengujian waktu pengikat semen, didapatkan jarum pada vicat mengalami penurunan setinggi 25 mm. Nilai penurunan 25 mm menunjukkan bahwa pada waktu 120 menit, semen telah mencapai waktu ikat awal sesuai standar pengujian vicat, karena menurut SNI 15-2049-2004 atau ASTM C191, waktu ikat awal ditandai saat penetrasi jarum vicat mencapai kedalaman 25 ± 1 mm dari permukaan adukan semen. Ini berarti adukan semen mulai mengalami perubahan dari fase plastis menjadi fase kaku, sehingga tidak lagi mudah dibentuk atau dikerjakan.

4.1.5. Pengujian Daya Ikat Semen Terhadap Kotoran Sapi

Pengujian daya ikat semen terhadap kotoran sapi dilakukan dengan tujuan menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai penetapan konsistensi normal dan untuk penyiapan benda uji untuk ikat awal semen. Pengujian ini didasarkan atas SNI 15-2049-2004. Pengujian terdiri atas 2 jenis yaitu pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat.

4.1.5.1. Pengujian Konsistensi Normal Semen Terhadap Kotoran Sapi

Berdasarkan pengujian konsistensi normal yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen Terhadap KS

No.	Berat Semen (gram)	Air (ml)	Konsistensi (%)	Penurunan Jarum (mm)
1.	300	75	25%	9
2.	300	78	26%	10

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sampel nomor 2 memenuhi SNI 15-2049-2004 dengan hasil konsistensi sebesar 26%. Nilai tersebut berada pada rentang standar yang mengindikasikan bahwa sampel nomor 2 memiliki nilai keenceran

yang dapat dijadikan acuan untuk pengujian selanjutnya, yaitu pengujian waktu ikat semen.

4.1.5.2. Pengujian Waktu Ikat Semen Terhadap Kotoran Sapi

Berdasarkan pengujian waktu ikat semen terhadap kotoran sapi yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Semen Terhadap KS

No.	Interval Waktu (Menit)	Penurunan (mm)
1.	15	40
2.	30	40
3.	45	36
4.	60	31
5.	75	31
6.	90	28
7.	105	25

Berdasarkan hasil pengujian waktu pengikat semen terhadap kotoran sapi, didapatkan jarum pada vicat mengalami penurunan setinggi 25 mm. Nilai penurunan 25 mm menunjukkan bahwa pada waktu 105 menit, semen telah mencapai waktu ikat awal sesuai standar pengujian vicat, karena menurut SNI 15-2049-2004 atau ASTM C191, waktu ikat awal ditandai saat penetrasi jarum vicat mencapai kedalaman 25 ± 1 mm dari permukaan adukan semen. Ini berarti adukan semen mulai mengalami perubahan dari fase plastis menjadi fase kaku, sehingga tidak lagi mudah dibentuk atau dikerjakan.

4.1.6. Pengujian Daya Ikat Semen Terhadap Abu Sekam Padi

Pengujian daya ikat semen terhadap abu sekam padi dilakukan dengan tujuan menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai penetapan konsistensi normal dan untuk penyiapan benda uji untuk ikat awal semen. Pengujian ini didasarkan atas SNI 15-2049-2004. Pengujian terdiri atas 2 jenis yaitu pengujian konsistensi normal dan pengujian waktu ikat.

4.1.6.1. Pengujian Konsistensi Normal Semen Terhadap Abu Sekam Padi

Berdasarkan pengujian konsistensi normal yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Konsistensi Normal Semen Terhadap ASP

No.	Berat Semen (gram)	Air (ml)	Konsistensi (%)	Penurunan Jarum (mm)
1.	300	75	25%	1
2.	300	78	26%	8
3.	300	81	27%	11

Hasil Pengujian menunjukkan bahwa sampel nomor 3 memenuhi SNI 15-2049-2004 dengan hasil konsistensi sebesar 27%. Nilai tersebut berada pada rentang standar yang mengindikasikan bahwa sampel nomor 3 memiliki nilai keenceran yang dapat dijadikan acuan untuk pengujian selanjutnya, yaitu pengujian waktu ikat semen.

4.1.6.2. Pengujian Waktu Ikat Semen Terhadap Abu Sekam Padi

Berdasarkan pengujian waktu ikat semen terhadap kotoran sapi yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Waktu Pengikatan Semen Terhadap ASP

No.	Interval Waktu (Menit)	Penurunan (mm)
1.	15	39
2.	30	36
3.	45	36
4.	60	32
5.	75	30
6.	90	28
7.	105	26

Berdasarkan hasil pengujian waktu pengikat semen terhadap abu sekam padi, didapatkan jarum pada *vicat* mengalami penurunan setinggi 26 mm. Nilai penurunan 26 mm menunjukkan bahwa pada waktu 105 menit, semen telah mencapai waktu ikat awal sesuai standar pengujian *vicat*, karena menurut SNI 15-

2049-2004 atau ASTM C191, waktu ikat awal ditandai saat penetrasi jarum *vicat* mencapai kedalaman 25 ± 1 mm dari permukaan adukan semen. Ini berarti adukan semen mulai mengalami perubahan dari fase plastis menjadi fase kaku, sehingga tidak lagi mudah dibentuk atau dikerjakan.

4.2. Analisa Hasil Pengujian Benda Uji

4.2.1. Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan standar ASTM C140/C140M untuk menghitung nilai kuat tekan batako dapat dihitung dengan menggunakan rumus 4.1 dan 4.2 sebagai berikut :

$$F_{maks} = P/A \quad (4.1)$$

$$A = \text{Panjang} \times \text{lebar} \quad (4.2)$$

Keterangan :

P = Kuat tekan (N/m^2)

F = Gaya Permukaan Benda Uji (m^2)

A = Luas Permukaan (N)

Dengan luas permukaan penampang (A) :

$A = \text{Panjang} \times \text{lebar}$

$= 25 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$

$= 225 \text{ cm}^2$

Perhitungan benda uji

$F_{maks} = P/A$

$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$

$1 \text{ N} = 0,10197 \text{ kg}$

$1 \text{ kN} = 1000 \times 0,10197$

$1 \text{ kN} = 101,97 \text{ kg}$

Pengujian kuat tekan benda uji batako dilakukan saat berumur 14 hari. Pengujian dilaksanakan menggunakan mesin *compression strength* di Laboratorium Bahan Bangun Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur pada tanggal 8 Mei 2025 dan 19 Mei 2025 dengan hasil sebagai berikut :

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran KS0P0

1. a. Benda uji umur 14 hari campuran konvensional :

$$KT\ 1 : \frac{229 \times 101,97}{225} = 103,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 2 : \frac{220 \times 101,97}{225} = 99,70 \text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 3 : \frac{211 \times 101,97}{225} = 95,63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{x} \text{ benda uji campuran konvensional} : \frac{103,78 + 99,70 + 95,63}{3} = 99,70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{99,70}{0,88} = 113,3 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Benda uji umur 14 hari campuran konvensional konversi ke f'_c (MPa) :

$$KT\ 1 : \frac{229 \times 1000}{22,5} = 10,18 \text{ MPa}$$

$$KT\ 2 : \frac{220 \times 1000}{22,5} = 9,78 \text{ MPa}$$

$$KT\ 3 : \frac{211 \times 1000}{22,5} = 9,38 \text{ MPa}$$

$$\bar{x} \text{ benda uji campuran konvensional} : \frac{10,18 + 9,78 + 9,38}{3} = 9,78 \text{ MPa}$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{9,78}{0,88} = 11,11 \text{ MPa}$$

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran Variasi KS10P0

2. a. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% :

$$KT\ 1 : \frac{147 \times 101,97}{225} = 66,62 \text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 2 : \frac{151 \times 101,97}{225} = 68,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 3 : \frac{148 \times 101,97}{225} = 67,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{x} \text{ benda uji 10\% kotoran sapi} : \frac{66,62 + 68,43 + 67,07}{3} = 67,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{67,37}{0,88} = 76,56 \text{ kg/cm}^2$$

- b. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% konversi ke f'_c (MPa) :

$$KT\ 1 : \frac{147 \times 1000}{22,5} = 6,53 \text{ MPa}$$

$$KT\ 2 : \frac{151 \times 1000}{22,5} = 6,71 \text{ MPa}$$

$$KT\ 3 : \frac{148 \times 1000}{22,5} = 6,58 \text{ MPa}$$

$$\bar{x} \text{ benda uji campuran konvensional : } \frac{6,53 + 6,71 + 6,58}{3} = 6,61 \text{ MPa}$$

$$\text{Konversi ke 28 hari : } \frac{6,61}{0,88} = 7,51 \text{ MPa}$$

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran Variasi KS0P14

3. a. Benda uji umur 14 hari campuran abu sekam padi 14% :

$$\text{KT 1 : } \frac{145 \times 101,97}{225} = 65,71 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{KT 2 : } \frac{148 \times 101,97}{225} = 67,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{KT 3 : } \frac{151 \times 101,97}{225} = 68,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{x} \text{ benda uji 10\% abu sekam padi : } \frac{65,71 + 67,07 + 68,43}{3} = 67,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Konversi ke 28 hari : } \frac{67,07}{0,88} = 76,22 \text{ kg/cm}^2$$

b. Benda uji umur 14 hari campuran abu sekam padi 14% konversi ke f'c (MPa) :

$$\text{KT 1 : } \frac{145 \times 1000}{22,5} = 6,44 \text{ MPa}$$

$$\text{KT 2 : } \frac{148 \times 1000}{22,5} = 6,58 \text{ MPa}$$

$$\text{KT 3 : } \frac{151 \times 1000}{22,5} = 6,71 \text{ MPa}$$

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran Variasi KS10P12

4. a. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% abu sekam padi 12% :

$$\text{KT 1 : } \frac{152 \times 101,97}{225} = 68,89 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{KT 2 : } \frac{153 \times 101,97}{225} = 69,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{KT 3 : } \frac{156 \times 101,97}{225} = 70,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{x} \text{ benda uji 10\% abu sekam padi : } \frac{68,89 + 69,34 + 70,7}{3} = 69,64 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Konversi ke 28 hari : } \frac{69,64}{0,88} = 79,14 \text{ kg/cm}^2$$

b. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% abu sekam padi 12% konversi ke f'c (MPa) :

$$\text{KT 1 : } \frac{152 \times 1000}{22,5} = 6,76 \text{ MPa}$$

$$KT\ 2 : \frac{153 \times 1000}{22,5} = 6,80\text{ MPa}$$

$$KT\ 3 : \frac{156 \times 1000}{22,5} = 6,93\text{ MPa}$$

$$\bar{x}\text{ benda uji campuran konvensional} : \frac{6,76 + 6,80 + 6,93}{3} = 6,83\text{ MPa}$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{6,83}{0,88} = 7,76\text{ MPa}$$

- Hasil Pengujian Kuat Tekan Campuran Variasi KS10P14

5. a. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% abu sekam padi

14% :

$$KT\ 1 : \frac{147 \times 101,97}{225} = 66,62\text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 2 : \frac{148 \times 101,97}{225} = 67,07\text{ kg/cm}^2$$

$$KT\ 3 : \frac{145 \times 101,97}{225} = 65,71\text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{x}\text{ benda uji 10\% abu sekam padi} : \frac{66,62 + 67,07 + 65,71}{3} = 66,47\text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{66,47}{0,88} = 75,53\text{ kg/cm}^2$$

b. Benda uji umur 14 hari campuran kotoran sapi 10% abu sekam padi

14% konversi ke f'_c (MPa) :

$$KT\ 1 : \frac{147 \times 1000}{22,5} = 6,53\text{ MPa}$$

$$KT\ 2 : \frac{148 \times 1000}{22,5} = 6,58\text{ MPa}$$

$$KT\ 3 : \frac{145 \times 1000}{22,5} = 6,44\text{ MPa}$$

$$\bar{x}\text{ benda uji campuran konvensional} : \frac{6,53 + 6,58 + 6,44}{3} = 6,52\text{ MPa}$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{6,52}{0,88} = 7,41\text{ MPa}$$

$$\bar{x}\text{ benda uji campuran konvensional} : \frac{6,44 + 6,58 + 6,71}{3} = 6,58\text{ MPa}$$

$$\text{Konversi ke 28 hari} : \frac{6,58}{0,88} = 7,48\text{ Mpa}$$

Tabel 4. 14 Hasil Uji Kuat Tekan

Variasi Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Hasil Pengujian			
		Beban (kN)	F'c (MPa)	Kubus (kg/cm ²)	Syarat minimal SNI 03-0349-1989 (kg/cm ²)
KS0P0	24 April 2025	220	11,11	113,3	70
KS10P0		149	7,51	76,56	
KS0P14		148	7,48	76,22	
KS10P12	5 Mei 2025	154	7,76	79,14	
KS10P14		147	7,41	75,53	

Setelah dilakukan uji kuat tekan, nilai kuat tekan tertinggi diperoleh pada batako konvensional sebesar 11,11 MPa (113,3 kg/cm²) sedangkan nilai terendah adalah 7,41 MPa (75,53 kg/cm²) pada variasi substitusi sebagian semen dengan 10% kotoran sapi dan 14% abu sekam padi (KS10P14). Batako dengan variasi substitusi campuran kotoran sapi dan abu sekam padi menunjukkan penurunan nilai kuat tekan, namun seluruh variasi tetap memenuhi syarat minimal kuat tekan batako menurut SNI 03-0349-1989, yaitu 70 kg/cm².

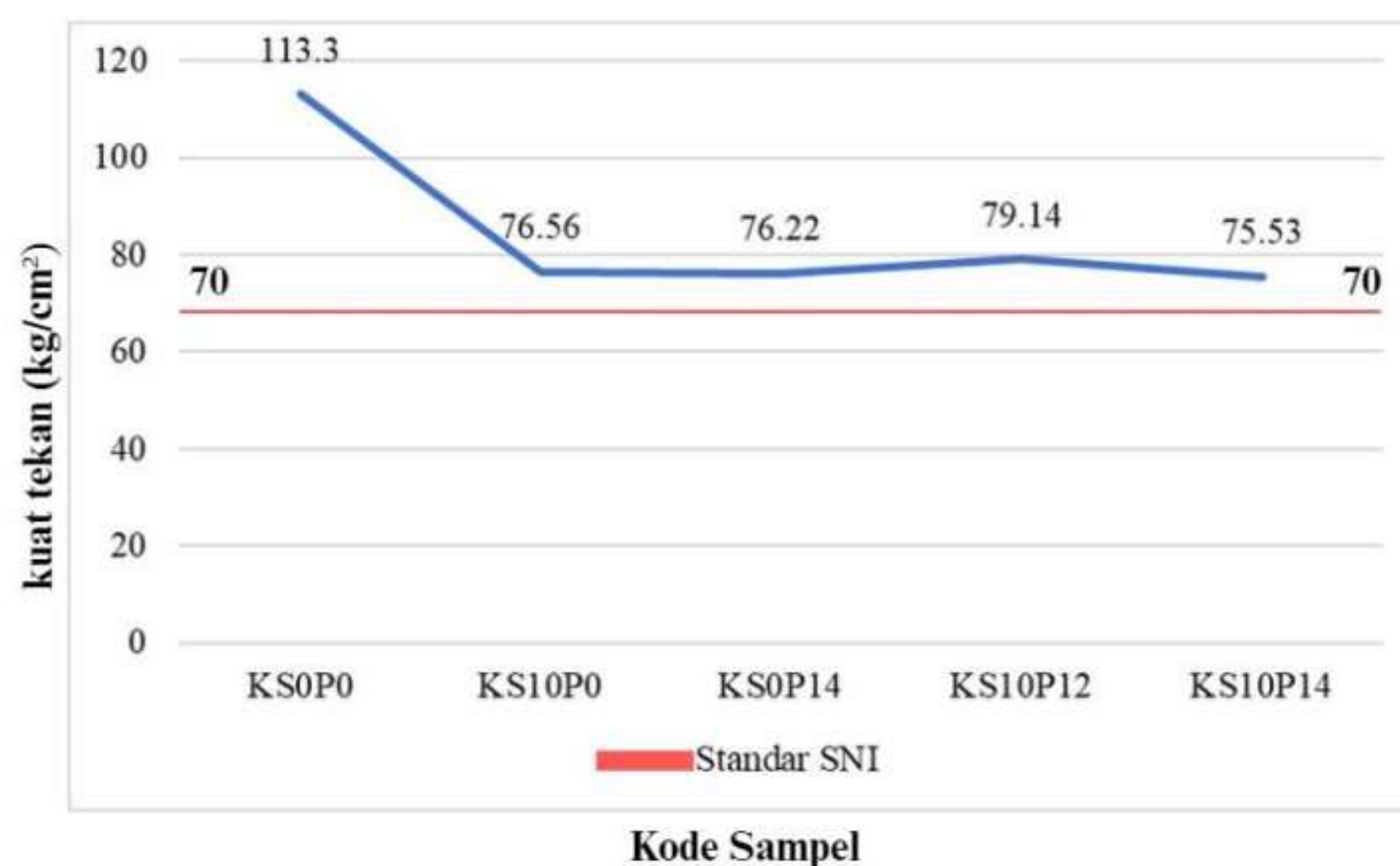
Berdasarkan hasil pengujian, batako konvensional pasaran yang dibuat secara manual memiliki nilai kuat tekan sebesar 25,38 kg/cm², sedangkan batako yang diproduksi menggunakan mesin press mencapai 48,95 kg/cm². Adapun batako konvensional hasil penelitian ini menunjukkan performa yang jauh lebih unggul, dengan nilai kuat tekan tertinggi mencapai 103,78 kg/cm² dan terendah sebesar 95,63 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa inovasi komposisi dan proses produksi dalam penelitian ini mampu meningkatkan mutu batako secara signifikan dibandingkan produk pasaran, baik manual maupun mesin.

Berikut adalah rekapitulasi uji kuat tekan batako rata – rata dan grafik sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Tabel Syarat Memenuhi Kuat Tekan

No.	Variasi Campuran Batako	Syarat SNI 03-0349-1989 (kg/cm ²)	Kuat tekan rata – rata (kg/cm ²)	Keterangan
1	KS0P0	70	113.3	Memenuhi
2	KS10P0		76,56	Memenuhi
3	KS0P14		76,22	Memenuhi
4	KS10P12		79,14	Memenuhi
5	KS10P14		75,53	Memenuhi

Berikut grafik hasil uji kuat tekan :



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Uji Kuat Tekan (kg/cm²)

Batako KS0P0 memiliki kuat tekan tertinggi yaitu 113,3 kg/cm². Nilai ini jauh melampaui batas minimum kuat tekan batako sesuai SNI 03-0349-1989 tipe II yaitu 70 kg/cm². Ketika sebagian semen digantikan dengan 10KS, kuat tekan menurun signifikan menjadi 76,56 kg/cm². Kemungkinan terjadi penurunan ini dikarenakan kotoran sapi mengandung pori-pori atau *void* yang meningkatkan porositas batako. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang membuktikan bahwa kotoran sapi memiliki porositas yang tinggi dan kuat tekan yang lebih rendah

dibandingkan batu bata normal, sehingga kualitasnya lebih rendah (Pratama et al, 2018).

Penurunan serupa terjadi pada P14, nilai kuat tekan menjadi 76,22 kg/cm². Abu sekam memang memiliki sifat pozzolanik (bisa bereaksi dengan kalsium hidroksida membentuk senyawa semen tambahan), tetapi jika digunakan dalam kadar tinggi, ia justru bisa memperlemah ikatan karena sifatnya yang ringan dan tidak sepadat semen. Hasil tersebut sama dengan penelitian yang menyatakan bahwa penambahan abu sekam padi dalam jumlah berlebih dapat menurunkan kuat tekan batako dibandingkan dengan batako konvensional (Padi & Abu, n.d. 2024).

Ketika batako dicampurkan KS10P12 memberikan hasil yang sedikit lebih baik, yaitu 79,14 kg/cm², dikarenakan proporsi abu sekam yang sedikit lebih rendah sehingga masih memberikan sedikit kontribusi pozzolanik. Namun tetap lebih rendah dibandingkan batako konvensional. KS10P14 menunjukkan hasil kuat tekan 75,53 kg/cm², kembali mengalami penurunan yang disebabkan oleh kombinasi dua bahan yang sama-sama mengurangi kekuatan struktur ketika digunakan dalam proporsi tinggi.

Berdasarkan perbandingan komposisi yang sama yaitu KS10, kuat tekan batako pada penelitian (Kurniawan & Rosmawita Saleh, 2020) sebesar 53,81 kg/cm², sedangkan pada penelitian ini mencapai 76,56 kg/cm². Hal serupa juga terjadi ketika penambahan P14, di mana penelitian (Ariana et al, 2024) memperoleh nilai 46,54 kg/cm², sementara penelitian yang telah dilakukan saat ini mencapai 76,22 kg/cm².

Perbandingan ini menunjukkan bahwa meskipun substitusi bahan alternatif memberikan peningkatan performa dari penelitian sebelumnya dengan persentase yang serupa, seluruh hasil telah memenuhi standar SNI 03-0349-1989 tipe II dengan minimum kuat tekan rata-rata 70 kg/cm². Tetapi, nilai kuat tekan batako inovasi masih belum mampu melampaui batako KS0P0. Selain itu, penambahan KS10P14 justru paling menurunkan performa mekanik, sehingga perlu pertimbangan komposisi yang tepat untuk mencapai hasil optimal.

4.2.2. Pengujian Daya Serap Air

Menurut (Nasional, 1989), penyerapan air sesuai mutu kelas II yang diperbolehkan tidak lebih dari 35% . Perhitungan persentase kapasitas penyerapan air menggunakan rumus 4.3 sebagai berikut :

$$\text{Uji Serap} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat akhir}} \times 100\% \quad (4.3)$$

1. Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi KS0P0

Berat awal = 10,75 kg

Berat akhir= 10,52 kg

$$\text{Uji Serap} = \frac{10,75 - 10,52}{10,52} \times 100\% = 2,19\%$$

2. Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi KS10P0

Berat awal = 9,39 kg

Berat akhir= 8,90 kg

$$\text{Uji Serap} = \frac{9,39 - 8,90}{8,90} \times 100\% = 5,51\%$$

3. Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi KS0P14

Berat awal = 9,44 kg

Berat akhir= 8,72 kg

$$\text{Uji Serap} = \frac{9,44 - 8,72}{8,72} \times 100\% = 8,26\%$$

4. Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi KS10P12

Berat awal = 8.48 kg

Berat akhir= 7.73 kg

$$\text{Uji Serap} = \frac{8.48 - 7.73}{7,73} \times 100\% = 9,70\%$$

5. Hasil Pengujian Daya Serap Air Variasi KS10P14

Berat awal = 8.52 kg

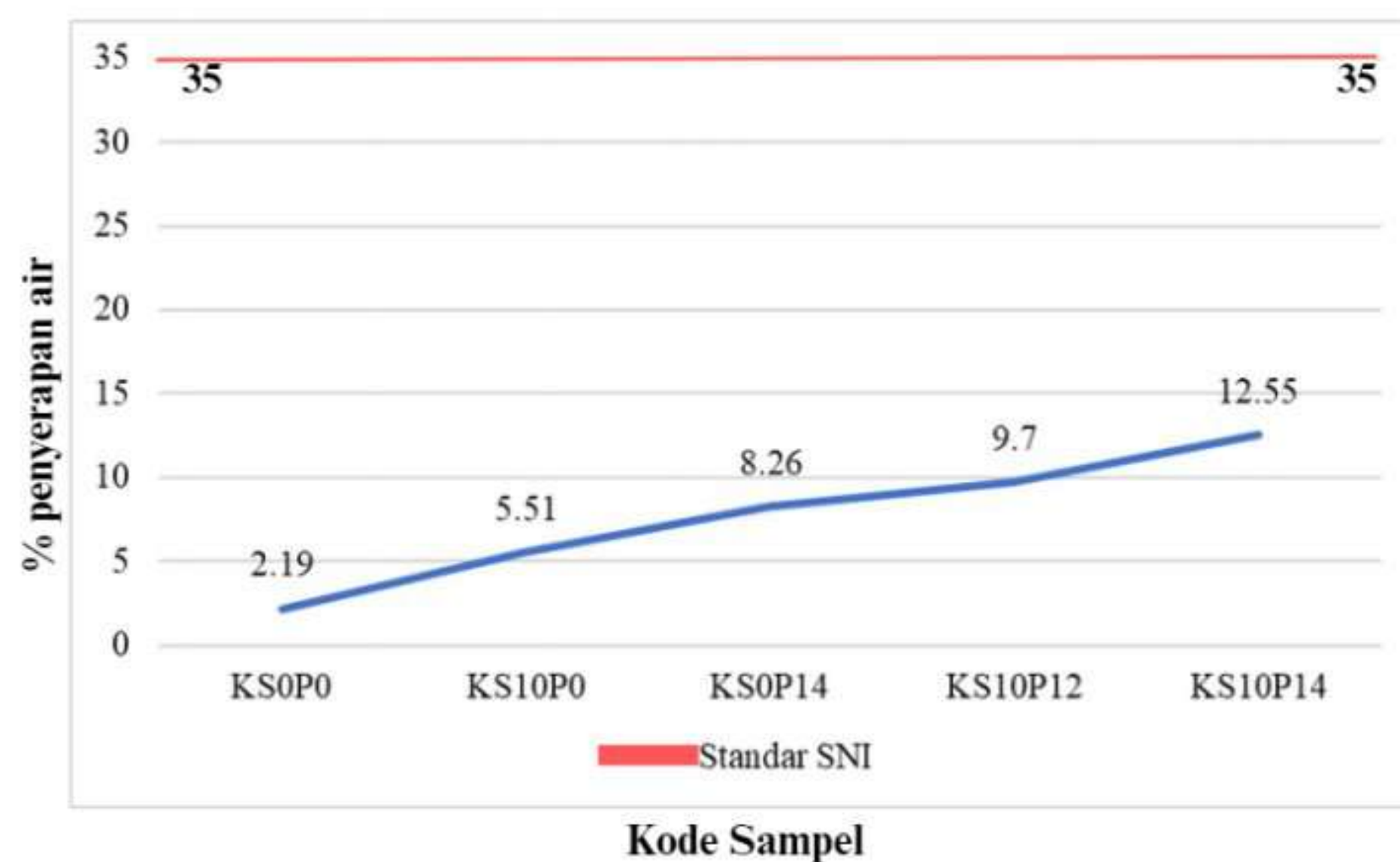
Berat akhir= 7.57 kg

$$\text{Uji Serap} = \frac{8.52 - 7.57}{7.57} \times 100\% = 12,55\%$$

Tabel 4. 16 Tabel Syarat Memenuhi Serap Air

No.	Variasi Campuran Batako	Syarat SNI 03-0349-1989 (%)	Uji Serap Air (%)	Keterangan
1	KS0P0	35	2,19	Memenuhi
2	KS10P0		5,51	Memenuhi
3	KS0P14		8,26	Memenuhi
4	KS10P12		9,70	Memenuhi
5	KS10P14		12,55	Memenuhi

Berikut grafik hasil uji penyerapan air :

**Gambar 4. 3** Grafik Hasil Uji Serap Air (%)

Pada variasi batako konvensional (KS0P0), daya serap air tercatat paling rendah yaitu 2,19% yang menunjukkan struktur batako lebih rapat dan sedikit rongga udara. Namun, ketika semen disubstitusi sebagian dengan KS10P0, nilai serapan meningkat menjadi 5,51%. Hal ini terjadi karena kotoran sapi memiliki sifat organik yang lebih berpori dan kurang reaktif dibandingkan semen, sehingga menyebabkan terbentuknya rongga-rongga mikro dalam struktur batako yang memperbesar daya serap air. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang mengindikasikan bahwa kotoran sapi memiliki sifat organik dengan struktur berpori

dan reaktivitas yang lebih rendah dibandingkan semen, sehingga mempengaruhi kepadatan dan kekuatan batako (Kurniawan & Rosmawita Saleh, 2020).

Ketika batako ditambahkan KS0P14, daya serap meningkat lebih jauh menjadi 8,26%. Abu sekam padi memiliki kandungan silika tinggi, namun berbentuk partikel halus dan berongga yang tidak selalu mampu mengisi celah antar partikel secara efektif tanpa bantuan aktivator, sehingga memungkinkan bertambah jumlah pori-pori dalam material. Hal ini serupa dengan penelitian yang menunjukkan bahwa tanpa bantuan aktivator, abu sekam padi tidak mampu mengisi celah antar partikel secara efektif, sehingga mengurangi kualitas mekanik bata (Noprian et al, 2021).

Ketika kotoran sapi dan abu sekam padi dikombinasikan seperti pada variasi KS10P12 daya serap meningkat lagi menjadi 9,70%. Sedangkan KS10P14, daya serap mencapai angka tertinggi yakni 12,55%. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi dua bahan alami tersebut semakin meningkatkan porositas karena keduanya memiliki sifat fisik yang ringan dan berstruktur tidak padat, sehingga air lebih mudah meresap ke dalam batako.

Berdasarkan perbandingan komposisi yang sama yaitu KS10, penyerapan air batako pada penelitian (Kurniawan & Rosmawita Saleh, 2020) mencapai 10,04%. Sedangkan pada penelitian ini hanya mencapai 5,51%. Hal serupa juga terjadi ketika penambahan P14, di mana penelitian (Ariana et al, 2024) memperoleh nilai 2,09% sementara penelitian ini mencapai 8,26%. Perbandingan antara P14 menunjukkan ketika terjadi penambahan P14 karakteristik fisik dan kondisi bahan abu sekam padi yang berbeda memungkinkan pori lebih banyak dan meningkatkan daya serap air dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh variasi campuran batako, baik konvensional maupun yang menggunakan substitusi sebagian semen dengan kotoran sapi, abu sekam padi, maupun kombinasi keduanya, tetap memenuhi syarat SNI 03-0349-1989 Tipe II karena nilai daya serap air tidak melebihi 35%. Variasi konvensional memiliki daya serap terendah karena struktur lebih rapat. Penambahan kotoran sapi meningkatkan daya serap akibat sifatnya yang berpori dan kurang reaktif. Abu sekam padi juga meningkatkan porositas karena

partikelnya berongga dan tidak mampu mengisi celah antar partikel secara efektif tanpa aktivator. Kombinasi keduanya menghasilkan daya serap tertinggi karena meningkatkan total pori akibat karakteristik ringan dan tidak padat dari kedua bahan alami tersebut. Penggunaan kotoran sapi dan abu sekam padi sebagai substitusi semen harus mempertimbangkan pengaruh terhadap daya serap dan kekuatan mekanik.

4.2.3. Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian konduktivitas bertujuan untuk mengukur kemampuan batako dalam menghantarkan panas. Pengujian ini dilakukan dengan cara memanaskan sampel uji selama 3 dengan masing-masing 1 jam pengujian. Berikut adalah hasil pengujian konduktivitas termal:

Tabel 4. 17 Hasil Uji Konduktivitas Termal

	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	$\bar{x}T$ Hasil Peneltian (°C)	$\bar{x}T$ (Fahrizal, 2024) (°C)	$\bar{x}T$ (Wahyudie et al, 2024) (°C)
KS0P0(1)	40,2	43,5	44,7	41,2	33,2	32,8
KS0P0(2)	39,9	40,8	42,1			
KS0P0(3)	39,0	39,7	41,2			
KS10P0 (1)	35,9	37,8	39,2	37,8		
KS10P0 (2)	36,8	38,2	39,7			
KS10P0 (3)	36,0	37,8	39,0			
KS0P14 (1)	34,4	35,6	37,1	35,8		
KS0P14 (2)	34,2	35,7	37,6			

	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	$\bar{x}T$ Hasil Peneltian (°C)	$\bar{x}T$ (Fahrizal, 2024) (°C)	$\bar{x}T$ (Wahyudie et al, 2024) (°C)
KS0P14 (3)	34,5	35,6	37,4			
KS10P12 (1)	31,4	33,8	34,7			
KS10P12 (2)	32,0	34,2	35,3	33,4		
KS10P12 (3)	31,4	33,5	34,9			
KS10P14 (1)	33,8	35,2	36,9			
KS10P14 (2)	33,4	34,8	36,0	35,0		
KS10P14 (3)	33,9	35,1	36,6			

Keterangan:

T1 : Suhu batako dalam 1 jam pemanasan.

T2 : Suhu batako dalam 2 jam pemanasan.

T3 : Suhu batako dalam 3 jam pemanasan.

Perhitungan rata-rata suhu yang dapat diredam oleh batako menggunakan rumus 4.4 sebagai berikut :

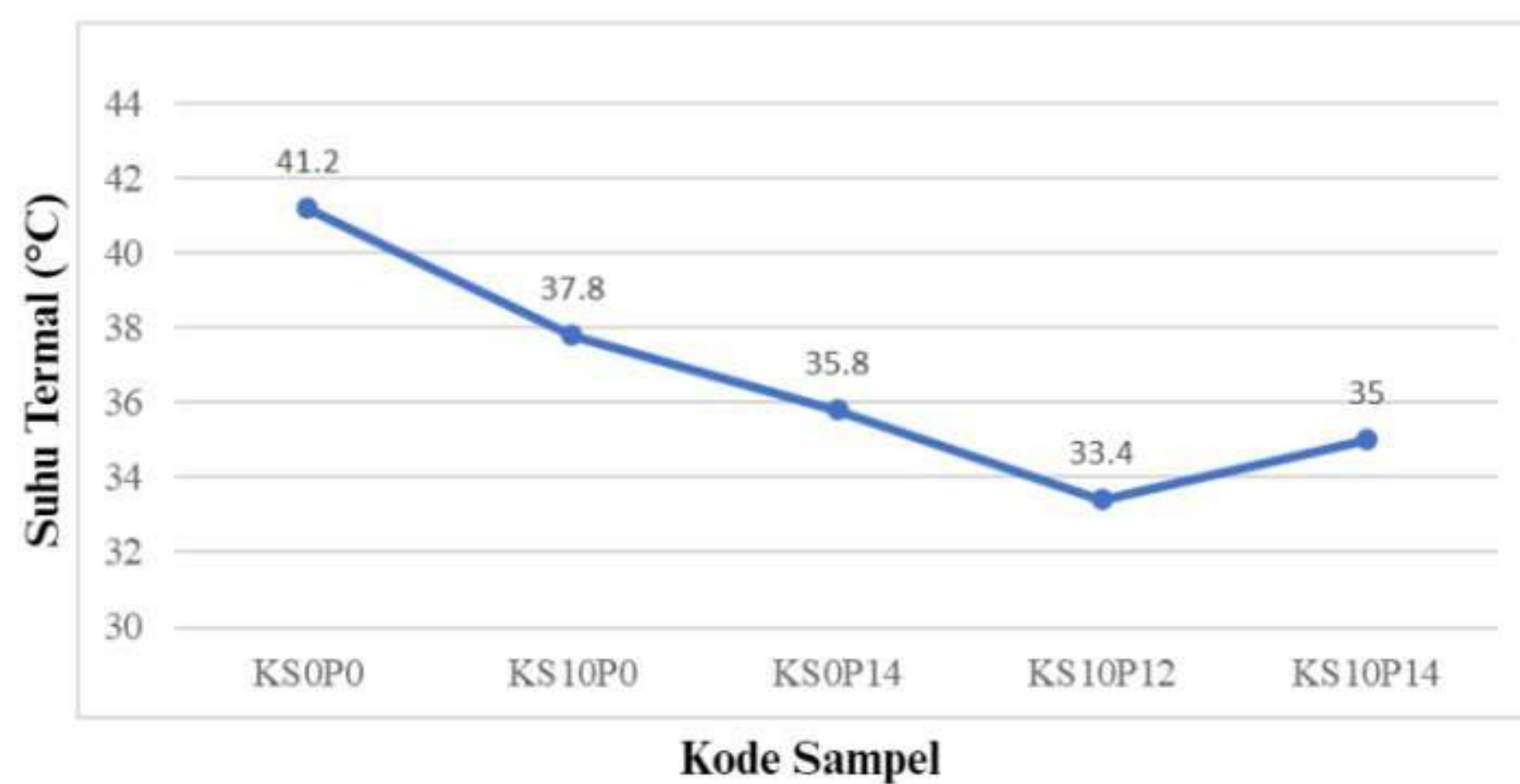
$$\bar{x}T : \frac{(T1 + T2 + T3)}{3} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \bar{x}T \text{ KS0P0} &: \frac{(\bar{x}T1 + \bar{x}T2 + \bar{x}T3)}{3} \\ &: \frac{(39,7 + 41,3 + 42,7)}{3} \\ &: 41,2 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\bar{x}T \text{ KS10P0} : \frac{(\bar{x}T1 + \bar{x}T2 + \bar{x}T3)}{3}$$

$$\begin{aligned}
 & : \frac{(36,2 + 37,9 + 39,3)}{3} \\
 & : 37,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \bar{x}T \text{ KS0P14} & : \frac{(\bar{x}T1 + \bar{x}T2 + \bar{x}T3)}{3} \\
 & : \frac{(34,4 + 35,6 + 37,4)}{3} \\
 & : 35,8 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \bar{x}T \text{ KS10P12} & : \frac{(\bar{x}T1 + \bar{x}T2 + \bar{x}T3)}{3} \\
 & : \frac{(31,6 + 33,8 + 35,0)}{3} \\
 & : 33,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 \bar{x}T \text{ KS10P14} & : \frac{(\bar{x}T1 + \bar{x}T2 + \bar{x}T3)}{3} \\
 & : \frac{(33,7 + 35,0 + 36,5)}{3} \\
 & : 35,0 \text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Berikut grafik hasil uji konduktivitas termal :



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji Konduktivitas Termal (°C)

Keterangan:

T1 : Suhu batako dalam 1 jam pemanasan.

T2 : Suhu batako dalam 2 jam pemanasan.

T3 : Suhu batako dalam 3 jam pemanasan.

Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan data bahwa batako inovasi dengan komposisi campuran KS10P12 merupakan batako dengan konduktivitas *thermal* terbaik dengan nilai 33,5°C. Batako inovasi

KS10P12 terbukti memiliki kemampuan konduktivitas *thermal* yang lebih baik dibandingkan dengan batako KS0P0 dengan selisih nilai pengujian sebesar 7,7°C. Batako inovasi KS10P12 juga terbukti memiliki kemampuan konduktivitas *thermal* yang lebih baik dibandingkan dengan batako inovasi campuran KS10P0, KS0P14, dan KS10P14. Hal ini dikarenakan kandungan silika dan oksigen dalam sekam padi membuat suhu setimbang pada batako (Rahmaniah et al, 2015).

Sementara itu, berdasarkan (Fahrizal, 2024) hasil pengujian konduktivitas *thermal* pada batako inovasi sekam padi komposisi 1:1:2 menghasilkan nilai konduktivitas *thermal* sebesar 33,2°C. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa batako inovasi yang direncanakan memiliki performa konduktivitas *thermal* yang hampir seimbang dengan penelitian sebelumnya. Begitu juga berdasarkan (Wahyudie et al, 2024) hasil pengujian konduktivitas *thermal* pada komposit semen dengan campuran serbuk pelepah pisang menghasilkan nilai sebesar 32,8°C, yang mana jika dibandingkan dengan batako inovasi yang direncanakan memiliki performa yang tidak jauh berbeda, dengan selisih 0,6°C.

4.2.4. Pengujian Redam Suara

Pengujian redam suara bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari campuran abu sekam padi dan kotoran sapi terhadap kemampuan batako dalam meredam suara. Pengujian dilakukan menggunakan alat *environment meter*. Berikut adalah hasil dari pengujian redam suara:

Tabel 4. 18 Hasil Uji Redam Suara

	Suara Luar (dB)	Hasil Redaman (dB)	$\bar{x}$ Redaman (dB)	Hasil Penelitian (dB)	(Fahri, 2021) (dB)	(Wibisono, 2023) (dB)
KS0P0(1)	96,0	64,1	64,1	31,9	17,0	26,2
KS0P0(2)		63,9				

	Suara Luar (dB)	Hasil Redaman (dB)	$\bar{x}$ Redaman (dB)	Hasil Penelitian (dB)	(Fahri, 2021) (dB)	(Wibisono, 2023) (dB)
KS0P0(3)		64,3				
KS10P0 (1)		62,1	61,8	34,2		
KS10P0 (2)		61,8				
KS10P0 (3)		61,6				
KS0P14 (1)		62,4	62,2	33,8		
KS0P14 (2)		62,5				
KS0P14 (3)		61,8				
KS10P12 (1)		60,4	60,7	35,3		
KS10P12 (2)		60,7				
KS10P12 (3)		60,9				
KS10P14 (1)		61,4	61,0	35,0		
KS10P14 (2)		60,8				
KS10P14 (3)		60,9				

Perhitungan rata-rata suhu yang dapat diredam oleh batako menggunakan rumus 4.5 sebagai berikut :

$$\bar{x} \text{ suhu} : \frac{(S1 + S2 + S3)}{3} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ KS0P0} &: \frac{(SA1 + SA2 + SA3)}{3} \\ &: \frac{(64,1 + 63,9 + 64,3)}{3} \\ &: 64,1 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Redam} &: \bar{x} \text{Redam} - \text{Suara Luar} \\ \text{KS0P0} &: 96,0 - 64,1 \\ &: 31,9 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ KS10P0} &: \frac{(SB1 + SB2 + SB3)}{3} \\ &: \frac{(62,1 + 61,8 + 61,6)}{3} \\ &: 61,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Redam} &: \bar{x} \text{Redam} - \text{Suara Luar} \\ \text{KS10P0} &: 96,0 - 61,8 \\ &: 34,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ KS0P14} &: \frac{(SC1 + SC2 + SC3)}{3} \\ &: \frac{(62,4 + 62,5 + 61,8)}{3} \\ &: 62,2 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Redam} &: \bar{x} \text{Redam} - \text{Suara Luar} \\ \text{KS0P14} &: 96,0 - 62,2 \\ &: 33,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{x} \text{ KS10P12} &: \frac{(SD1 + SD2 + SD3)}{3} \\ &: \frac{(60,4 + 60,7 + 60,9)}{3} \\ &: 60,7 \text{ dB} \end{aligned}$$

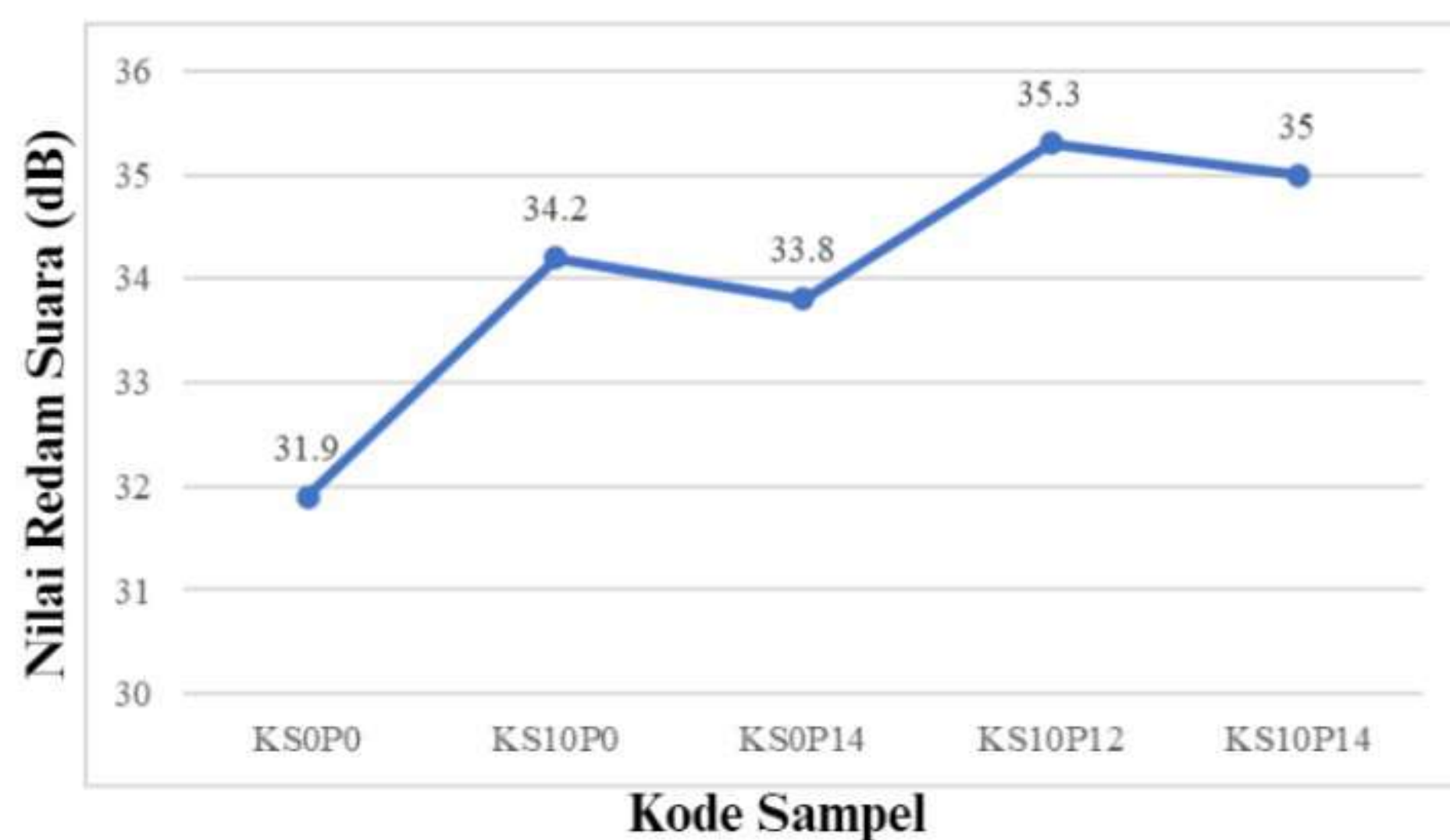
$$\begin{aligned} \text{Daya Redam} &: \bar{x} \text{Redam} - \text{Suara Luar} \\ \text{KS10P12} &: 96,0 - 60,7 \\ &: 35,3 \text{ dB} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{x}_{KS10P14} &: \frac{(SE1 + SE2 + SE3)}{3} \\ &: \frac{(61,4 + 60,8 + 60,9)}{3} \\ &: 61,0 \text{ dB}\end{aligned}$$

Daya Redam : $\bar{x}_{Redam} - \text{Suara Luar}$

$$\begin{aligned}KS10P14 &: 96,0 - 61,0 \\ &: 35,0 \text{ dB}\end{aligned}$$

Berikut grafik hasil uji redam suara :



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji Redam Suara

Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang dilakukan, didapatkan data bahwa batako inovasi dengan komposisi campuran KS10P12 merupakan batako dengan kemampuan redaman suara terbaik dengan nilai 35,3 dB. Batako inovasi KS10P12 terbukti memiliki kemampuan daya redam suara yang lebih baik dibandingkan dengan batako KS0P0 dengan selisih nilai pengujian sebesar 3,4 dB. Batako inovasi campuran KS10P12 juga terbukti memiliki kemampuan daya redam suara yang lebih baik dibandingkan dengan batako inovasi campuran KS10P0, KS0P14, dan KS10P14.

Sementara itu, berdasarkan (Fahri, 2021) hasil pengujian redam suara pada batako inovasi abu sekam padi sebanyak 16% sebagai substitusi agregat menghasilkan nilai redam suara sebesar 17,00 dB. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa batako inovasi yang

direncanakan memiliki performa redam suara yang jauh lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Begitu juga berdasarkan (Wibisono, 2023) hasil pengujian redam suara pada batako dengan penambahan abu batu dan *fly ash* menghasilkan nilai sebesar 26,2 dB. Hal ini dapat disimpulkan bahwa batako inovasi yang direncanakan memiliki performa yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dikarenakan adanya penambahan kotoran sapi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Rahman et al., 2019) yang menyatakan bahwa penambahan kotoran sapi dengan variasi campuran 10%, 15%, 20%, dan 25% meningkatkan kemampuan batako dalam meredam suara.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan menggunakan metode yang sudah direncanakan dan direalisasikan, didapatkan hasil bahwa batako dengan variasi komposisi KS0P0 memiliki nilai kuat tekan dan daya serap air yang lebih baik dibandingkan dengan variasi lain dapat digunakan untuk dinding struktural. Namun pada pengujian konduktivitas termal dan redam suara variasi komposisi KS10P12 memiliki nilai yang lebih baik dibandingkan variasi komposisi lain dan bisa digunakan untuk dinding non-struktural.

Berikut adalah detail kesimpulan yang dapat diambil:

1. Dari penelitian dan analisa yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi memenuhi standar SNI 03-0349-1989 kelas II. Kuat tekan tertinggi tetap dimiliki batako konvensional sebesar 113,3 kg/cm², sedangkan nilai kuat tekan terendah dimiliki batako inovasi campuran KS10P14 dengan nilai 75,53 kg/cm². Hal ini membuktikan bahwa penambahan kotoran sapi dan abu sekam padi sebagai substitusi semen berpengaruh negative terhadap nilai kuat tekan batako.
2. Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran batako memenuhi standar SNI 03-0349-1989 kelas II dengan nilai maksimal 35%. Kemampuan penyerapan air tertinggi dimiliki batako konvensional sebesar 2,19%, sedangkan kemampuan penyerapan air terendah pada batako komposisi KS10P14 dengan nilai 12,55%. Hal ini menunjukkan peningkatan porositas akibat substitusi bahan organik.
3. Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kemampuan konduktivitas *thermal* batako campuran KS10P12 merupakan yang terbaik dengan nilai suhu rata-rata 33,5°C, sedangkan kemampuan konduktivitas *thermal* terburuk dimiliki batako konvensional dengan nilai 41,2°C. Hal tersebut membuktikan bahwa kandungan silika pada

10% kotoran sapi dan 12% abu sekam padi berpengaruh positif terhadap nilai konduktivitas *thermal* batako.

4. Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kemampuan redam suara batako campuran KS10P12 merupakan yang terbaik dengan nilai redam suara 35,3 dB, sedangkan kemampuan redam suara terburuk dimiliki batako konvensional dengan nilai 31,9 dB. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan kotoran sapi dan abu sekam padi berpengaruh positif terhadap kemampuan redam suara batako.
5. Dari penelitian dan analisa yang sudah dilakukan, komposisi optimal yang memberikan performa terbaik secara keseluruhan adalah campuran D, yaitu kombinasi 10% kotoran sapi dan 12% abu sekam padi. Komposisi ini mampu menurunkan konduktivitas termal secara signifikan, memberikan kemampuan redaman suara tertinggi, Meskipun nilai kuat tekan dan daya serap air masih di bawah batako konvensional, tetap memenuhi standar minimum SNI dan dapat diterima untuk aplikasi bangunan non-struktural.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat dijadikan pertimbangan oleh peneliti selanjutnya apabila menggunakan jurnal ini sebagai rujukan. Berikut merupakan saran yang dapat diberikan:

1. Dalam pengolahan material substitusi (kotoran sapi dan abu sekam padi), harus dilakukan penyaringan terlebih dahulu untuk memastikan material substitusi terbebas dari zat-zat yang tercampur didalamnya.
2. Menggunakan standar pengeringan dan penghalusan yang lebih sesuai dalam pengolahan material substitusi (kotoran sapi dan abu sekam padi).
3. Dalam menggunakan campuran limbah kotoran sapi dan abu sekam padi sebagai bahan substitusi semen, pastikan limbah tersebut tercampur secara homogen.
4. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan optimasi campuran agar mengetahui batas maksimum pemanfaatan limbah tanpa menurunkan performa batako.