

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Data dan Analisa Hasil Pengujian Agregat

Pengujian bahan terdiri dari pengujian agregat halus, agregat kasar, dan pengujian pH air. Pengujian bahan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung. Hasil data dari pengujian bahan tersebut selanjutnya akan dianalisis apakah memenuhi syarat untuk kemudian digunakan dalam merencanakan campuran beton pada pembuatan sampel benda uji.

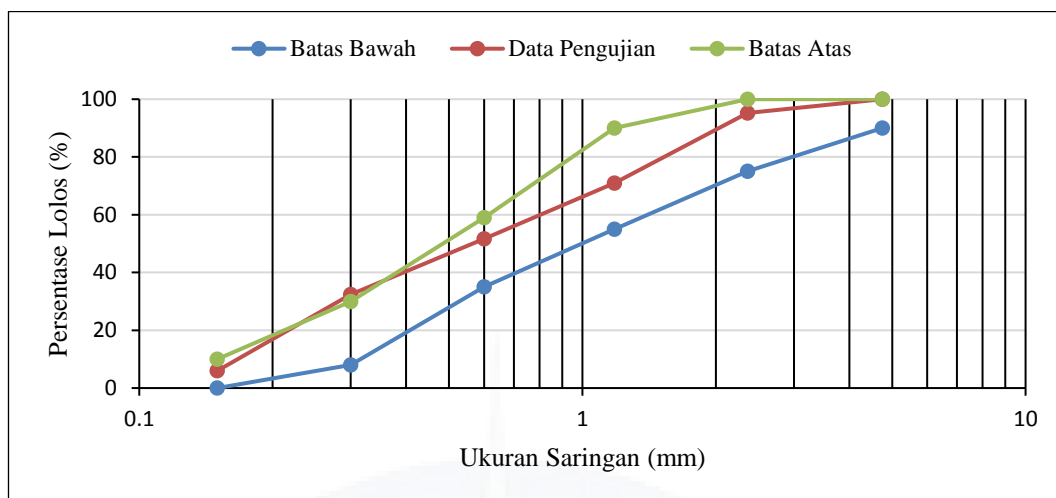
4.1.1 Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus

Pengujian analisis saringan agregat halus dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat halus dan modulus halus butir. Dari hasil pengujian analisis saringan diperoleh nilai modulus halus (*fineness modulus*) sebesar 2,43 nilai ini memenuhi spesifikasi yang disyaratkan berdasarkan SNI-03-1968-1990 yaitu antara 1,5-3,8. Adapun data hasil pengujian analisis saringan agregat halus adalah seperti pada Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil rata-rata pengujian analisis saringan agregat halus

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat tertahan kumulatif (gr)	Persen tertahan (%)	Persen lolos (%)	Persen tertahan kumulatif (%)
No. 4	4,75	0	0	0	100	0
No. 8	2,36	24,1	24,1	4,824	95,176	4,824
No. 16	1,18	121,2	145,3	24,259	70,917	29,083
No. 30	0,60	96,35	241,65	19,285	51,631	48,369
No. 50	0,30	96	337,65	19,215	32,416	67,584
No. 100	0,15	132,1	469,75	26,441	5,975	94,025
Pan		29,85	499,6	5,975		
Jumlah		499,6		100		243,885
Modulus Halus Butir (MHB)						2,439

Sumber : Hasil Pengujian



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.1 Hasil gradasi pengujian analisis saringan agregat halus

Dari hasil pengujian diperoleh kurva gradasi seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 dengan persentase lolos kumulatif saringan 4,75 mm = 100%, saringan 2,36 mm = 95,176%, saringan 1,18 mm = 70,917%, saringan 0,60 mm = 51,631%, saringan 0,30 mm = 32,416%, dan saringan 0,15 mm = 5,975%. Untuk menentukan besar butir maksimum agregat halus yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil gradasi agregat halus pada daerah gradasi II

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	Batas bawah (%)	Data pengujian (%)	Batas atas (%)
No. 100	0,15	0	5,975	10
No. 50	0,3	8	32,416	30
No. 30	0,6	35	51,631	59
No. 16	1,18	55	70,917	90
No. 8	2,36	75	95,176	100
No. 4	4,75	90	100	100

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil gradasi agregat halus menunjukkan agregat halus termasuk kedalam gradasi agregat halus zona II (pasir agak kasar) dan dapat digunakan sebagai campuran bahan penyusun beton.

4.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus dilakukan dengan mengacu pada SNI-03-1970-2008. Dari hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis (*Bulk*) sebesar 2,580; nilai berat jenis jenuh kering permukaan (*SSD*) sebesar 2,627; berat jenis semu (*Apparent*) sebesar 2,708 dan penyerapan (*Absorption*) sebesar 1,827%. Hasil data pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pengujian	Simbol/rumus	Pengujian		Rata-rata	Satuan
		I	II		
Berat benda uji kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	Bj	500	500	500	gr
Berat benda uji kering oven	Bk	494,4	487,7	491,1	gr
Berat piknometer disisi air (250cc)	Ba	669,0	669,0	669,0	gr
Berat piknometer + benda uji (<i>SSD</i>)+ air (250cc)	Bt	978,5	978,8	978,7	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{BK}{Ba + Bj - Bt}$	2,595	2,564	2,580	
Berat jenis jenuh kering permukaan (<i>SSD</i>)	$\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$	2,625	2,629	2,627	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$	2,674	2,741	2,708	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,133	2,522	1,827	%

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan akan digunakan sebagai parameter dalam merencanakan komposisi campuran beton. Berdasarkan SNI 03-1970-2008 berat jenis agregat halus yang disyaratkan adalah minimum 2,5 dan penyerapan maksimum 3%. Hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa material agregat halus memenuhi persyaratan dan dapat digunakan dalam campuran penyusun beton.

4.1.3 Pengujian Berat Isi Agregat Halus

Pengujian berat isi agregat halus mengacu pada SNI-03-1973-1990. Hasil pengujian berat isi agregat halus diperoleh kondisi gembur/lepas sebesar 1,314 gr/cm³ sedangkan untuk kondisi padat sebesar 1,49 gr/cm³. Adapun data hasil pengujian berat isi agregat halus ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil pengujian berat isi untuk agregat halus

Uraian	Pengujian			
	Lepas/gembur		Padat	
	I	II	I	II
Berat tempat + benda uji (W ₂) (gr)	18647	17548	19514	18547
Berat tempat (W ₁) (gr)	11700	10560	11700	10560
Berat benda uji (W ₃ =W ₂ -W ₁)(gr)	6947	6988	7814	7987
Volume tempat (V) (cm ³)	5301,4	5301,4	5301,4	5301,4
Berat isi benda uji ((W ₂ -W ₁)/V) (gr/cm ³)	1,310	1,318	1,474	1,507
Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1,314		1,490	

Sumber : Hasil Pengujian

Menurut SNI-03-1973-1990 batas minimum nilai berat isi untuk agregat halus adalah 0,4-1,9 gram/cm³. Berdasarkan hasil pengujian diatas maka agregat halus pada penelitian ini memenuhi syarat berat isi sebagai bahan penyusun beton.

4.1.4 Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat halus bertujuan untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Pengujian kadar air agregat halus mengacu pada SNI-03-1971-1990. Dari hasil pengujian didapat bahwa nilai kadar air agregat halus adalah 2,708% seperti pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Air Agregat Halus

Jenis pengujian	Pengujian	
	I	II
Berat tempat (W ₁) (gr)	345,5	345,5
Berat tempat + contoh awal (W ₂) (gr)	845,5	845,5
Berat tempat + contoh kering (W ₄) (gr)	831,64	833,0
Berat benda uji awal (W ₃ = W ₂ -W ₁) (gr)	500	500
Berat benda uji kering (W ₅ = W ₄ -W ₁) (gr)	486,14	487,5
Kadar air (%) = $\frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100$	2,851	2,564
Kadar air rata-rata (%)	2,708	

Sumber : Hasil Pengujian

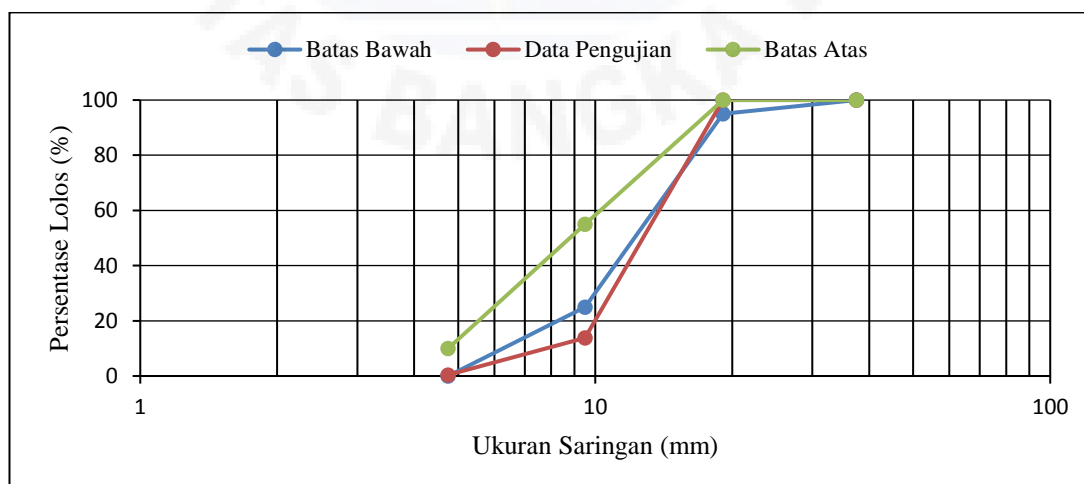
4.1.5 Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar

Pengujian analisis saringan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat kasar dan modulus halus butir. Dari hasil pengujian analisis saringan diperoleh nilai modulus halus (*fineness modulus*) sebesar 6,85 nilai ini memenuhi spesifikasi yang disyaratkan berdasarkan SNI-03-1968-1990 yaitu antara 6-8. Adapun data hasil pengujian analisis saringan agregat kasar adalah seperti pada Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Hasil rata-rata pengujian analisis saringan agregat kasar

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	Berat tertahan (gr)	Berat tertahan kumulatif (gr)	Persen tertahan (%)	Persen lolos (%)	Persen tertahan kumulatif (%)
1½	37,5	0	0	0	100	0
¾	19,1	0	0	0	100	0
⅜	9,5	431,15	431,15	86,23	13,77	86,23
No. 4	4,75	66,85	498	13,37	0,40	99,60
No. 8	2,36	1,3	499,3	0,26	0,14	99,86
No. 16	1,18	0,3	499,6	0,06	0,08	99,92
No. 30	0,06	0,1	499,7	0,02	0,06	99,94
No. 50	0,3	0	499,7	0,00	0,06	99,94
No. 100	0,15	0	499,7	0,00	0,06	99,94
Pan		0,3	500	0,06		
Jumlah		500		100		685,43
Modulus Halus Butir (MHB)				6,85		

Sumber : Hasil Pengujian



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.2 Hasil gradasi pengujian analisis saringan agregat kasar

Berdasarkan hasil pengujian agregat kasar, kurva gradasi seperti yang terlihat seperti pada Gambar 4.2 dengan perolehan persentase lolos kumulatif saringan 37,5 mm = 100%, saringan 19,1 mm = 100%, saringan $\frac{3}{8}$ = 13,15% dan saringan 4,75 mm = 0,4%. Untuk menentukan besar butir maksimum agregat kasar yang digunakan berdasarkan hasil analisa saringan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil gradasi agregat kasar 20 mm

No. saringan	Ukuran saringan (mm)	Batas bawah (%)	Data pengujian (%)	Batas atas (%)
1½	37,5	100	100,00	100
$\frac{3}{4}$	19,1	95	100,00	100
$\frac{3}{8}$	9,5	25	13,77	55
4	4,75	0	0,40	10

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil persentase lolos analisis saringan agregat kasar memenuhi syarat dengan ketentuan ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan adalah 20 mm. Hal ini menunjukkan bahwa agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi syarat pada ketentuan gradasi agregat kasar.

4.1.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilakukan dengan mengacu pada SNI-03-1969-2008. Dari hasil pengujian diperoleh nilai berat jenis (*Bulk*) sebesar 2,582; nilai berat jenis jenuh kering permukaan (*SSD*) sebesar 2,626, berat jenis semu (*Apparent*) sebesar 2,701 dan penyerapan (*Absorption*) sebesar 1,713%. Nilai berat jenis minimum agregat kasar yang ditetapkan menurut SNI-03-1969-2008 adalah 2,5 dan untuk nilai penyerapan maksimum sebesar 3%. Adapun data hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian	Simbol/rumus	Pengujian		Rata-rata	Satuan
		I	II		
Berat benda uji kering permukaan jenuh (<i>SSD</i>)	Bj	3000	3000	3000	gr
Berat benda uji kering oven	Bk	2958,3	2940,7	2949,5	gr
Berat benda uji didalam air	Ba	1856,0	1859,0	1857,5	gr
Berat jenis (<i>Bulk</i>)	$\frac{BK}{Bj - Ba}$	2,586	2,577	2,582	
Berat jenis jenuh kering permukaan (<i>SSD</i>)	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,622	2,629	2,626	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,684	2,719	2,701	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,410	2,017	1,713	%

Sumber: Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian seperti yang terlihat pada Tabel 4.8 nilai berat jenis dan penyerapan air agregat kasar memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran penyusun beton.

4.1.7 Pengujian Berat Isi Agregat Kasar

Pengujian berat isi agregat kasar mengacu pada SNI-03-1973-1990. Dari hasil pengujian berat isi agregat kasar didapat nilai berat isi untuk kondisi lepas/gembur adalah 1,259 gr/cm³, sedangkan untuk kondisi padat adalah 1,403 gr/cm³. Adapun data hasil pengujian berat isi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil pengujian berat isi untuk agregat kasar

Uraian	Pengujian			
	Lepas/gembur		Padat	
	I	II	I	II
Berat tempat + Benda uji (W_2) (gr)	18327	17273	19103	18025
Berat tempat (W_1) (gr)	11687	10560	11687	10560
Berat benda uji ($W_3=W_2-W_1$)(gr)	6640	6713	7416	7465
Volume tempat (V) (cm ³)	5301,4	5301,4	5301,4	5301,4
Berat isi benda uji ($(W_2-W_1)/V$) (gr/cm ³)	1,252	1,266	1,399	1,408
Berat tempat + Benda uji (W_2) (gr)	1,259		1,403	

Sumber: Hasil Pengujian

Menurut SNI-03-1973-1990 batas minimum nilai berat isi untuk agregat kasar adalah 0,4-1,9 gram/cm³. Berdasarkan hasil pengujian diatas maka agregat kasar pada penelitian ini memenuhi syarat berat isi sebagai bahan penyusun beton.

4.1.8 Pengujian Kadar Air Agregat Kasar

Pengujian kadar air agregat kasar bertujuan untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat. Pengujian kadar air agregat kasar mengacu pada SNI-03-1971-1990. Dari hasil pengujian didapat bahwa nilai kadar air agregat kasar adalah 1,440% seperti pada tabel 4.10 berikut. Adapun data hasil pengujian kadar air agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 4.10,

Tabel 4.10 Hasil pengujian kadar air agregat kasar

Jenis pengujian	Pengujian	
	I	II
Berat tempat (W ₁) (gr)	345,5	345,5
Berat tempat + contoh awal (W ₂) (gr)	845,5	845,5
Berat tempat + contoh kering (W ₄) (gr)	838,1	837,7
Berat benda uji awal (W ₃ = W ₂ -W ₁) (gr)	500	500
Berat benda uji kering (W ₅ = W ₄ -W ₁) (gr)	492,6	492,2
Kadar air (%) = $\left(\frac{W_3 - W_5}{W_5}\right) \times 100$	1,502	1,379
Kadar air rata-rata (%)	1,440	

Sumber: Hasil Pengujian

4.1.9 Pengujian Keausan Agregat Kasar

Pengujian keausan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *Los Angeles*. Pengujian keausan ini mengacu pada SNI-03-2417-2008. Nilai keausan rata-rata agregat kasar diperoleh sebesar 10,87%. Adapun data hasil pengujian keausan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil pengujian keausan agregat kasar

Saringan		Pengujian	
Lewat	Tertahan	I	II
19.00 mm ($\frac{3}{4}$ "	12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "	2500	2500
12.50 mm ($\frac{1}{2}$ "	9.50 mm ($\frac{3}{8}$ "	2500	2500
Jumlah berat benda uji semula (a)		5000	5000
Jumlah berat tertahan No.12 sesudah percobaan (b)		4436,5	4476,5
a – b		563,50	523,50
Keausan = $(a-b)/a \times 100 \%$		11,27%	10,57%
Keausan rata-rata (%)		10,87%	

Sumber : Hasil Perhitungan

Menurut spesifikasi SNI-03-2417-2008, keausan agregat kasar yang ditentukan adalah maksimal 40%, dari nilai hasil pengujian diatas maka agregat kasar pada pengujian ini memenuhi syarat keausan sebagai bahan campuran beton.

4.2 Pengujian pH Air

Pengujian pH air dilakukan untuk mengetahui indikator tingkat asam atau basa pada air, pengujian ini menggunakan alat pH meter digital. Hasil pengujian pH air sebesar 5,5 seperti pada Gambar 4.3. Berdasarkan spesifikasi SNI-03-6817-2002 pH air yang diisyaratkan dalam pengujian adalah 4,5-8,5. Maka air yang digunakan memenuhi syarat untuk bahan campuran adukan beton.



Sumber : Dokumentasi Pengujian

Gambar 4.3 Hasil pengujian pH air

4.3 Perhitungan Campuran Beton

Perencanaan campuran beton (*mix design*) pada penelitian ini menggunakan metode SNI-03-2834-2000. Perencanaan campuran beton ini dilakukan untuk memperoleh proporsi campuran yang sesuai dengan kuat tekan beton rencana.

1. Nilai standar deviasi (S)

Dikarenakan pelaksanaan tidak mempunyai pengalaman dilapangan, maka nilai standar deviasi (S) tidak dapat dihitung.

2. Nilai tambah

Nilai tambah diambil untuk pelaksana yang tidak mempunyai pengalaman dilapangan. Adapun nilai tambah berdasarkan Tabel 2.8

Maka nilai tambah atau *margin* adalah 7,0 N/mm².

3. Menetapkan kuat tekan beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari ($f'c$)

Kuat tekan beton yang ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan beton yang digunakan adalah 20 N/mm².

4. Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= f'c + M \\ &= 20 + 7 \\ &= 27 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5. Penetapan jenis semen

Semen yang digunakan adalah semen *portland* komposit merek Conch.

6. Penetapan jenis agregat

Jenis agregat pada campuran ini menggunakan agregat kasar batu pecah dan agregat halus batu tak pecah (alami).

7. Pemilihan faktor air semen (fas)

Faktor air semen (fas), berdasarkan Gambar 2.14 tentang perkiraan kekuatan tekan beton dengan nilai kuat tekan beton rata-rata 27 MPa, semen yang digunakan semen *portland* tipe I, beton dilakukan pengujian pada umur rencana 28 hari, benda uji silinder dan agregat kasar berupa batu pecah maka digunakan nilai FAS sebesar 0,54.

8. Penetapan nilai *slump*

Nilai *slump* yang digunakan yaitu 60-180 mm.

9. Penetapan besar butir agregat maksimum

Besar butir maksimum pada beton yaitu 20 mm yang dihitung berdasarkan gradasi agregat kasar pada Tabel 2.7.

10. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton.

Jumlah air yang digunakan per meter kubik beton ditentukan berdasarkan penggunaan agregat yang dipecah atau agregat yang tidak pecah menggunakan Tabel 2.9 dan agregat campuran dihitung sebagai berikut :

$$W_h = 195$$

$$W_k = 225$$

$$W_{air} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

$$= (\frac{2}{3} \times 195) + (\frac{1}{3} \times 225)$$

$$= 205 \text{ kg/m}^3$$

$$= 205 \text{ l/m}^3$$

11. Berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan rumus :

$$W_{smn} = \frac{1}{f.a.s} \times W_{air}$$

$$= \frac{1}{0,54} \times 205$$

$$= 379,629 \text{ kg/m}^3$$

12. Penetapan jenis agregat halus

Dari Tabel 2.6 batas gradasi agregat halus menunjukkan hasil analisa saringan agregat halus bahwa pasir yang digunakan dalam penelitian ini termasuk pasir Daerah II (pasir agak kasar) sebagai bahan dalam campuran beton.

13. Proporsi besar agregat halus terhadap agregat campuran

Dengan nilai *slump* 60-180 mm, faktor air semen 0,54 dan ukuran butir maksimum 20 mm serta agregat halus berada pada daerah II sehingga nilai persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 2.15.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas bawah} &= 37,5 \% \\
 \text{Batas atas} &= 47 \% \\
 \text{Persen agregat halus} &= (37,5 + 47)/2 = 42,25 \% \\
 \text{Persen agregat kasar} &= 100 \% - 42,25 \% \\
 &= 57,75 \%
 \end{aligned}$$

14. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran (B_j camp) dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 B_j \text{ camp} &= \frac{K_h}{100} \cdot B_{jh} + \frac{K_k}{100} \cdot B_{jk} \\
 &= \frac{42,25 \%}{100} \cdot 2,580 + \frac{57,75 \%}{100} \cdot 2,626 \\
 &= 2,606 \text{ gram/cm}^3
 \end{aligned}$$

15. Perkiraan berat beton

Berat beton (W_{btn}) = 2350 kg/m³ berdasarkan gambar 2.16

16. Dihitung kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan berat agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 W_{agr.camp} &= W_{btn} - W_{air} - W_{snn} \\
 &= 2350 - 205 - 379,629 \\
 &= 1765,371 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

17. Menghitung berat agregat halus yang diperlukan

Kebutuhan agregat halus dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 W_{agr.h} &= K_h \times W_{agr.camp} \\
 &= 42,25 \% \times 1765,371 \\
 &= 745,869 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

18. Menghitung berat agregat kasar yang diperlukan

Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 W_{agr.k} &= K_k \times W_{agr.camp} \\
 &= 57,75 \% \times 1765,371 \\
 &= 1019,502 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Rekapitulasi perhitungan proporsi campuran beton

No	Uraian	Nilai
1.	Kuat tekan yang diisyaratkan	20 N/mm ² (umur 28 hari)
2.	Deviasi standar	-
3.	Nilai tambah (<i>margin</i>)	7,0 N/mm ²
4.	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	27 N/mm ²
5.	Jenis semen	Tipe I
6.	Jenis agregat :	
	Kasar	Batu pecah
	Halus	Pasir alami
7.	Faktor air semen	0,54
8.	Nilai <i>slump</i>	60 - 180 mm
9.	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10.	Kebutuhan air	205 l/m ³
11.	Jumlah semen	379,629 kg/m ³
12.	Susunan butir agregat halus	Daerah gradasi zona II
13.	Persen agregat halus	42,25%
14.	Berat jenis agregat campuran	2,606
15.	Perkiraan berat beton	2350 kg/m ³
16.	Kebutuhan berat agregat campuran	1765,371 kg/m ³
17.	Kebutuhan agregat halus	745,869 kg/m ³
18.	Kebutuhan agregat kasar	1109,502 kg/m ³

Sumber : Hasil Perhitungan

1. Proporsi Campuran

Dari hasil perhitungan proporsi campuran beton didapatkan susunan campuran beton secara teoritis untuk tiap m³, yaitu sebagai berikut :

- a. Semen Portland = 379,629 kg
- b. Air = 205 l
- c. Agregat halus = 745,371 kg

$$d. \text{ Agregat kasar} = 1109,502 \text{ kg}$$

2. Koreksi proporsi campuran

Untuk mendapatkan campuran sebenarnya yaitu campuran yang dipakai pada campuran uji, angka-angka tersebut perlu dibetulkan dengan memperhitungkan jumlah air bebas yang terdapat dalam masing-masing agregat yang digunakan dalam campuran beton.

Tabel 4.13 Penyerapan dan kadar air agregat

Sifat agregat (%)	Agregat halus	Agregat kasar
Penyerapan air (A _{jkp})	1,827	1,713
Kadar air (A)	2,708	1,440

Sumber : Hasil Pengujian

a. Kebutuhan air di lapangan

$$\begin{aligned} \text{Wa.lap} &= \text{Wa} - \frac{\text{Ah} - \text{A}_{jkp.h}}{100} \times \text{Wagr.h} - \frac{\text{Ak} - \text{A}_{jkp.k}}{100} \times \text{Wagr.k} \\ &= 205 - \frac{2,708 - 1,827}{100} \times 745,371 - \frac{1,440 - 1,713}{100} \times 1109,502 \\ &= 201,462 \text{ l/m}^3 \end{aligned}$$

b. Kebutuhan agregat halus di lapangan

$$\begin{aligned} \text{Wagr.h lap} &= \text{Wagr.h} + \frac{\text{Ah} - \text{A}_{jkp.h}}{100} \times \text{Wagr.h} \\ &= 745,371 + \frac{2,708 - 1,827}{100} \times 745,371 \\ &= 751,937 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

c. Kebutuhan agregat kasar di lapangan

$$\begin{aligned} \text{Wagr.k.lap} &= \text{Wagr.k} + \frac{\text{Ak} - \text{A}_{jkp.k}}{100} \times \text{Wagr.k} \\ &= 1109,502 + \frac{1,440 - 1,713}{100} \times 1109,502 \\ &= 1106,473 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Proporsi setelah dikoreksi untuk tiap m^3 sebesar 379,629 kg semen, 201,462 lt air, 751,937 kg agregat halus dan 1106,473 kg agregat kasar . Untuk perhitungan kebutuhan bahan tiap benda uji dihitung berdasarkan volume benda uji dikali dengan kebutuhan bahan per m^3 . Contoh perhitungan untuk kebutuhan 1 benda uji silinder adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume Benda Uji} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot T \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,15^2 \cdot 0,3 \\ &= 0,005304 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan Semen} &= 0,005304 \cdot 379,629 \\ &= 2,013 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Agregat Halus} &= 0,005304 \cdot 751,937 \\ &= 3,988 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Agregat Kasar} &= 0,005304 \cdot 1106,473 \\ &= 5,868 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Air} &= 0,005304 \cdot 201,462 \\ &= 1,068 \text{ l} \end{aligned}$$

Adapun untuk kebutuhan bahan campuran pada pembuatan benda uji silinder dan balok dapat dilihat pada tabel 4.14 dan 4.15 berikut.

Tabel 4.14 Kebutuhan bahan campuran beton (silinder)

Kebutuhan bahan	Semen (kg)	Air (l)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Berat rencana beton (kg)
Tiap m^3	379,629	201,462	751,937	1106,473	2350
Proporsi campuran	1	0,531	1,981	2,915	
Tiap $0,005304 \text{ m}^3$ ($1 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30$)	2,013	1,068	3,988	5,868	12,463
1 silinder					
Tiap $0,015911 \text{ m}^3$ ($3 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30$)	6,040	3,205	11,964	17,605	37,390
3 silinder					
Tiap $0,031821 \text{ m}^3$ ($6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30$)	12,080	6,411	23,928	35,210	74,780
6 silinder					
Tiap $0,063643 \text{ m}^3$ ($12 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2 \times 0,30$)	24,161	12,822	47,855	70,419	149,561
12 silinder					

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk kebutuhan serat didapat dari berat semen tiap benda uji dikali dengan persentase serat yang digunakan. Contoh perhitungan kebutuhan serat untuk 3 benda uji silinder adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Serat 1\%} &= 1\% \cdot 6,040 \text{ kg} \\ &= 0,060 \text{ kg} \\ &= 60 \text{ gr}\end{aligned}$$

Tabel 4.15 Kebutuhan serat tiap persentase campuran beton (silinder)

Kebutuhan serat				
3 Silinder	0% Serat	1% Serat	2% Serat	3% Serat
Semen (kg)	6,040	6,040	6,040	6,040
Agregat kasar (kg)	17,605	17,605	17,605	17,605
Agregat halus (kg)	11,964	11,964	11,964	11,964
Air (l)	3,205	3,205	3,205	3,205
Serat Andilau (kg)	0,000	0,060	0,121	0,181

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan untuk kebutuhan 1 benda uji balok adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\text{Volume Benda Uji} &= p.l.t \\ &= 0,6.0,15.0,15 \\ &= 0,0135 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan Semen} &= 0,0135.379,629 \\ &= 5,125 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Agregat Halus} &= 0,0135.751,937 \\ &= 10,151 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Agregat Kasar} &= 0,0135.1106,473 \\ &= 14,937 \text{ kg} \\ \text{Kebutuhan Air} &= 0,0135. 201,462 \\ &= 2,720 \text{ l}\end{aligned}$$

Adapun untuk kebutuhan campuran bahan untuk benda uji balok beton dapat dilihat pada tabel 4.16 dan tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.16 Kebutuhan bahan campuran beton (balok)

Kebutuhan bahan	Semen (kg)	Air (l)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Berat rencana beton (kg)
Tiap m ³	379,629	201,462	751,937	1106,473	2350
Proporsi campuran	1	0,531	1,981	2,915	
Tiap 0,0135 m ³ (1.0,6.0,15.0,15)	5,125	2,720	10,151	14,937	31,725
1 balok					
Tiap 0,0405 m ³ (3.0,6.0,15.0,15)	15,375	8,159	30,453	44,812	95,175
3 balok					
Tiap 0,162 m ³ (12.0,6.0,15.0,15)	61,500	32,637	121,814	179,249	380,700
12 balok					

Sumber : Hasil Pengujian

Contoh perhitungan kebutuhan serat untuk 3 benda uji balok adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan Serat 1\%} &= 1\% \cdot 15,375 \text{ kg} \\
 &= 0,154 \text{ kg} \\
 &= 154 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

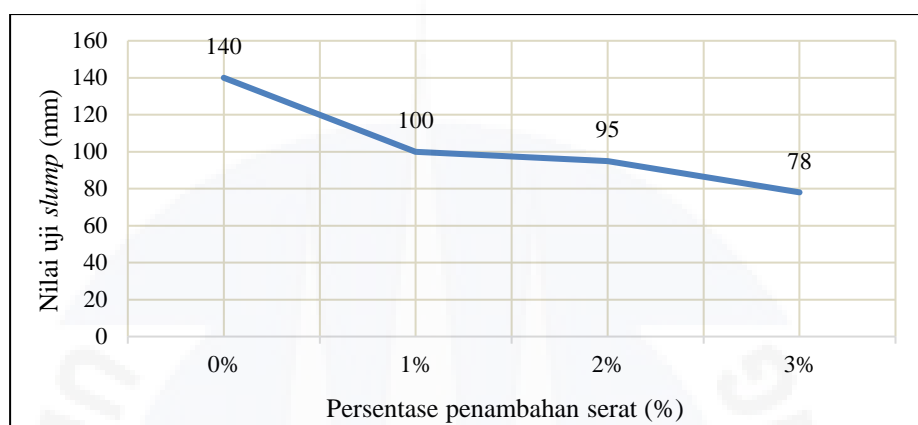
Tabel 4.17 Kebutuhan serat tiap persentase campuran beton (balok)

Kebutuhan serat	0% Serat	1% Serat	2% Serat	3% Serat
3 Balok				
Semen (kg)	15,375	15,375	15,375	15,375
Agregat kasar (kg)	44,812	44,812	44,812	44,812
Agregat halus (kg)	30,453	30,453	30,453	30,453
Air (l)	8,159	8,159	8,159	8,159
Serat Andilau (kg)	0,000	0,154	0,307	0,461

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4 Pengujian *Slump* Beton

Pengujian *slump* beton dilakukan untuk mengetahui nilai kelecakan dari suatu adukan beton segar. Berdasarkan SNI-03-2834-2000 nilai *slump* untuk jenis agregat pasir alami dan agregat kasar batu pecah ukuran maksimum 20 mm nilai *slump* yang disyaratkan sebesar 60-180 mm. Hasil pengujian *slump* dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian *slump*

Hasil pengujian *slump* yang telah dilakukan pada saat pembuatan beton terdapat nilai *slump* yang tertinggi yaitu pada penambahan 0% serat Kayu Andilau atau pada beton normal yaitu sebesar 140 mm, sedangkan nilai *slump* yang terendah terdapat pada variasi penambahan 3 % serat Kayu Andilau dengan nilai sebesar 78 mm. Dari hasil nilai *slump* diatas dapat diartikan bahwa semakin besar persentase penambahan serat akan menurunkan nilai *slump* beton sehingga kemudahan pengerjaan adukan (*workability*) akan semakin susah. Kebutuhan penambahan air untuk koreksi f.a.s. dilapangan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Kebutuhan air berdasarkan f.a.s koreksi dilapangan

Jumlah benda uji	f.a.s. rencana	Jumlah penambahan air (l)	f.a.s. koreksi
6 Silinder	0,54	1,500	0,65
3 Balok	0,54	1,835	0,65

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai *slump* beton dipengaruhi oleh jumlah penggunaan air dalam campuran beton, dari f.a.s. (faktor air semen) rencana 0,54 nilai *slump* beton belum memenuhi dikarenakan kondisi agregat dilapangan tidak dalam kondisi *SSD*, sehingga

dilakukan penambahan air pada saat pembuatan benda uji untuk memperoleh nilai *slump* yang ditetapkan, nilai f.a.s. koreksi dihitung berdasarkan rumus f.a.s. rencana, yaitu $W_{\text{semen}} = \left(\frac{1}{f_{\text{as}}}\right) \times W_{\text{air}}$. Penambahan air sebanyak 1,5 liter untuk adukan 6 buah silinder menjadi dasar untuk koreksi penggunaan air pada pembuatan adukan selanjutnya, nilai f.a.s. koreksi dihitung sebesar 0,65.

4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui besarnya beban per satuan luas. Pengujian ini mengacu pada SNI-1974-2011 tentang cara uji tekan beton dengan benda uji silinder. Berikut adalah contoh perhitungan kuat tekan beton untuk pengujian beton normal umur 28 hari.

$$\begin{aligned} f_c' &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{350(\text{kN}) \times 1000}{174,366 (\text{cm}^2) \times 100} \\ &= 20,07 \text{ MPa} \end{aligned}$$

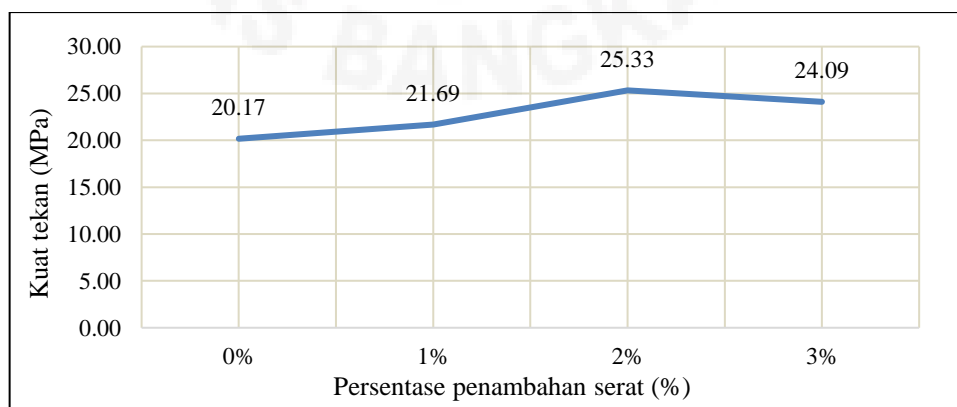
dengan :

f_c' = Kuat Tekan Beton (MPa atau N/mm²)

P = Beban Tekan (N)

A = Luas Bidang Tekan (mm²)

Nilai kuat tekan rata-rata beton untuk setiap persentase penambahan serat dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian kuat tekan

Adapun data hasil pengujian kuat tekan beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.19 Hasil pengujian kuat tekan beton

% Serat	Kode benda uji	Tanggal		Umur	Luas (A)	Berat	Gaya tekan	Kuat tekan	Kuat tekan rata-rata
		Pembuatan	Pengujian		hari		$(1/4\pi D^2)$	(P)	
				cm ²		gr	kN	MPa	MPa
0%	T0.I	21/07/2020	19/08/2020	28	174,366	12500	350	20,07	20,17
	T0.II				172,034	12400	345	20,05	
	T0.III				176,715	12600	360	20,37	
1%	T1.I	23/07/2020	21/08/2020	28	174,366	12000	360	20,65	21,69
	T1.II				174,366	12300	370	21,22	
	T1.III				176,715	12400	410	23,20	
2%	T2.I	26/07/2020	24/08/2020	28	174,366	12300	445	25,52	25,33
	T2.II				174,366	11900	445	25,52	
	T2.III				174,366	12100	435	24,37	
3%	T3.I	27/07/2020	25/08/2020	28	176,715	12100	415	23,48	24,09
	T3.II				172,034	11900	425	25,29	
	T3.III				174,366	12000	420	24,09	

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dengan penambahan serat kulit Kayu Andilau yang melalui proses alkali *treatment* masing-masing persentase sebesar 0%, 1%, 2% dan 3%, untuk persentase 0% menghasilkan kuat tekan sebesar 20,17 MPa sesuai dengan kuat tekan yang direncanakan pada umur 28 hari yaitu sebesar 20 MPa, sedangkan pada penambahan serat 1% sebesar 21,69 MPa, 2% sebesar 25,33 MPa, dan 3% sebesar 24,09 MPa. Selisih persentase nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan beton normal (0%) dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Selisih persentase nilai kuat tekan

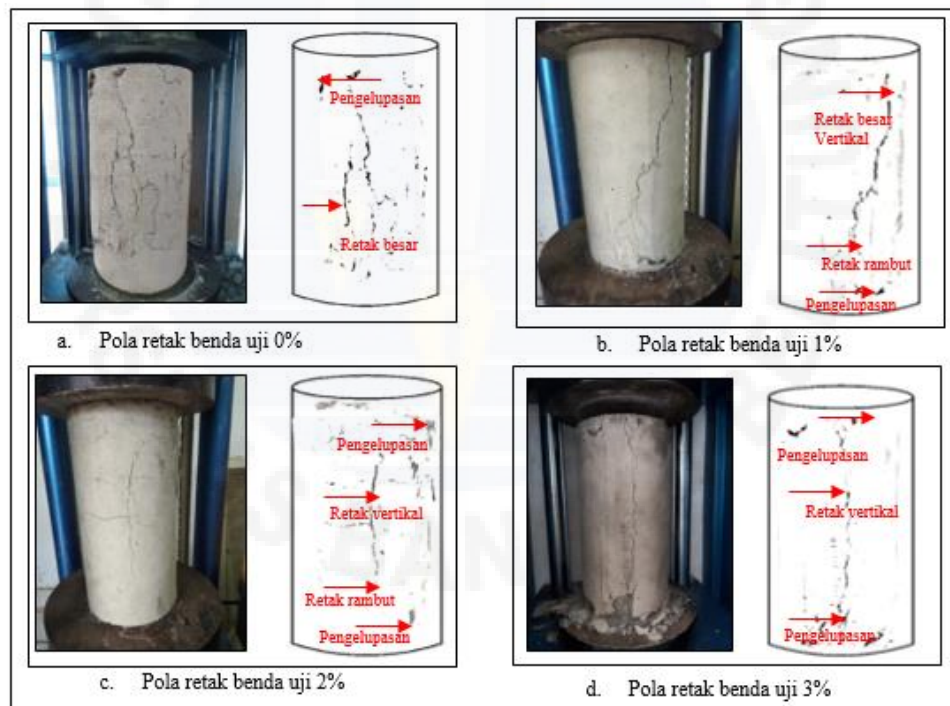
Penambahan serat	Kuat tekan rata-rata (MPa)	Selisih persentase (%)	Keterangan
0%	20,17	-	-
1%	21,69	7,53	Terjadi kenaikan
2%	25,33	25,58	Terjadi kenaikan
3%	24,09	19,43	Terjadi kenaikan

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan nilai pengujian kuat tekan beton mengalami kenaikan untuk masing-masing persentase penambahan serat dibandingkan dengan beton normal

(0%) serat, selisih nilai persentase kuat tekan dihitung dengan cara, persentase (%)= $((\text{nilai akhir}-\text{nilai awal})/\text{nilai awal} \times 100\%)$. Hasil pengujian kuat tekan beton meningkat seiring dengan penambahan serat kulit Kayu Andilau yang melalui alkali *treatment*. Terjadinya kenaikan kuat tekan dipengaruhi oleh serat yang ditambahkan pada campuran beton dengan persentase 1%, 2% dan 3%, pada persentase penambahan serat 3% beton mengalami penurunan dibandingkan persentase 2% hal disebabkan serat yang semakin banyak ditambahkan pada campuran beton cenderung menurunkan kuat tekan beton. Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh alkali *treatment* pada serat berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton.

Dari hasil pengujian benda uji kuat tekan dapat dilihat beberapa jenis pola retak kehancuran pada benda uji. Pola retak benda uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut.



Sumber : Dokumentasi Pengujian

Gambar 4.6 Pola retak pengujian kuat tekan

Retak yang terjadi dari pengujian kuat tekan persentase 0% terbentuk retak besar yang menyebar pada benda uji serta terjadi pengelupasan permukaan, pada benda uji 1% terjadi retak rambut dan retak besar vertikal, pada benda uji 2% masih

terjadi retak vertikal yang tidak banyak serta terjadi retak rambut, sedangkan pada benda uji persentase 3% benda uji mengalami retak belah vertikal sepanjang permukaan benda uji serta terjadi pengelupasan pada benda uji silinder. Pola retak yang terjadi mempunyai kesamaan dengan jenis pola retak yang terdapat dalam SNI-1974-2011.

4.6 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian ini berdasarkan SNI-2491-2014 tentang metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder. Berikut adalah contoh perhitungan kuat tarik belah untuk pengujian beton normal.

$$f_t' = \frac{2P}{\pi LD}$$

$$= \frac{2 \times 150 \text{ (kN)} \times 1000}{1404,29 \text{ (cm}^2) \times 100}$$

$$= 2,14 \text{ MPa}$$

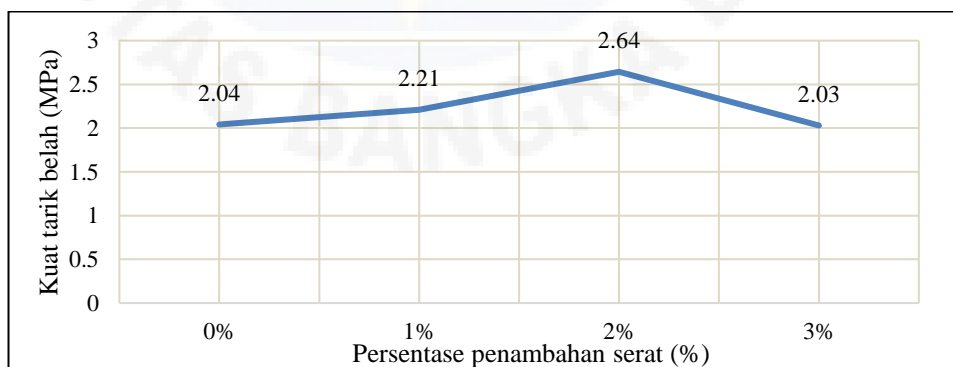
dengan :

f_t' = Kuat Tarik Belah Beton (MPa atau N/mm²)

P = Beban (N)

A = Luas Permukaan (mm²)

Nilai kuat tarik belah rata-rata dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.7 Grafik hasil pengujian kuat tarik belah belah

Adapun data hasil pengujian kuat tarik belah beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.21 dibawah ini.

Tabel 4.21 Hasil pengujian kuat tarik belah beton

% serat	Kode benda uji	Tanggal		Umur hari	Luas (A)	Berat gr	Gaya tarik	Kuat tarik	Kuat tarik rata-rata MPa	
		Pembuatan	Pengujian		(πLD)		(P)	(f_t')		
					cm ²		kN	MPa		
0%	TB0.I	21/07/2020	19/08/2020	28	1404,29	12300	150	2,14	2,04	
	TB0.II				1409		12500	135		1,92
	TB0.III				1399,61		12500	145		2,07
1%	TB1.I	23/07/2020	21/08/2020	28	1404,29	12200	160	2,28	2,21	
	TB1.II				1409		12400	150		2,13
	TB1.III				1394,93		12100	155		2,22
2%	TB2.I	26/07/2020	24/08/2020	28	1409	12200	195	2,77	2,64	
	TB2.II				1413,72		12200	190		2,69
	TB2.III				1413,72		12300	175		2,48
3%	TB3.I	27/07/2020	25/08/2020	28	1404,29	12000	145	2,07	2,03	
	TB3.II				1413,72		12400	140		1,98
	TB3.III				1413,72		12100	145		2,07

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dengan penambahan serat kulit Kayu Andilau yang melalui proses alkali *treatment* masing-masing persentase sebesar 0%, 1%, 2% dan 3%, menghasilkan kuat tarik belah masing-masing sebesar 2,04 MPa, 2,21 MPa, 2,64 MPa, dan 2,03 MPa. Selisih persentase nilai kuat tarik belah beton dibandingkan dengan beton normal (0%) dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Selisih persentase nilai kuat tarik belah

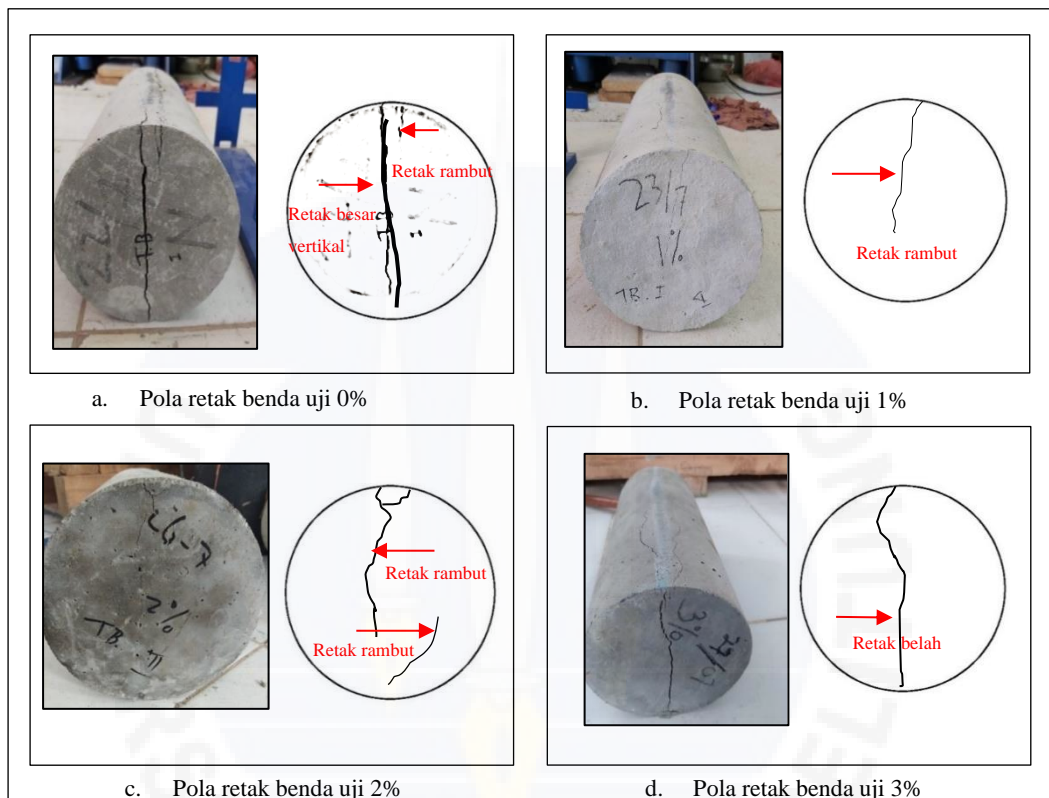
Penambahan serat	Kuat tarik belah rata-rata (MPa)	Selisih persentase (%)	Keterangan
0%	2,04	-	-
1%	2,21	8,33	Terjadi kenaikan
2%	2,64	29,41	Terjadi kenaikan
3%	2,03	0,49	Terjadi penurunan

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian diatas terjadi kenaikan nilai kuat tarik belah hingga persentase 2% dan mengalami penurunan pada persentase 3%. Selisih persentase nilai kuat tarik belah dihitung dengan cara, persentase (%) = ((nilai akhir-nilai awal)/nilai awalx100%). Hasil kuat tarik belah beton mengalami kenaikan pada persentase 1% dan 2% namun pada persentase 3% kuat tarik belah beton mengalami penurunan. Penambahan serat memberikan meningkatkan

keterikatan pada bahan penyusun beton dan membantu menahan patahan pada beton sehingga terjadi kenaikan kuat tarik belah (Ndoen, dkk., 2015).

Dari hasil pengujian benda uji kuat tarik belah dapat dilihat beberapa jenis pola retak kehancuran pada benda uji. Pola retak yang terjadi dari pengujian kuat tarik belah beton terlihat pada Gambar 4.8 berikut.



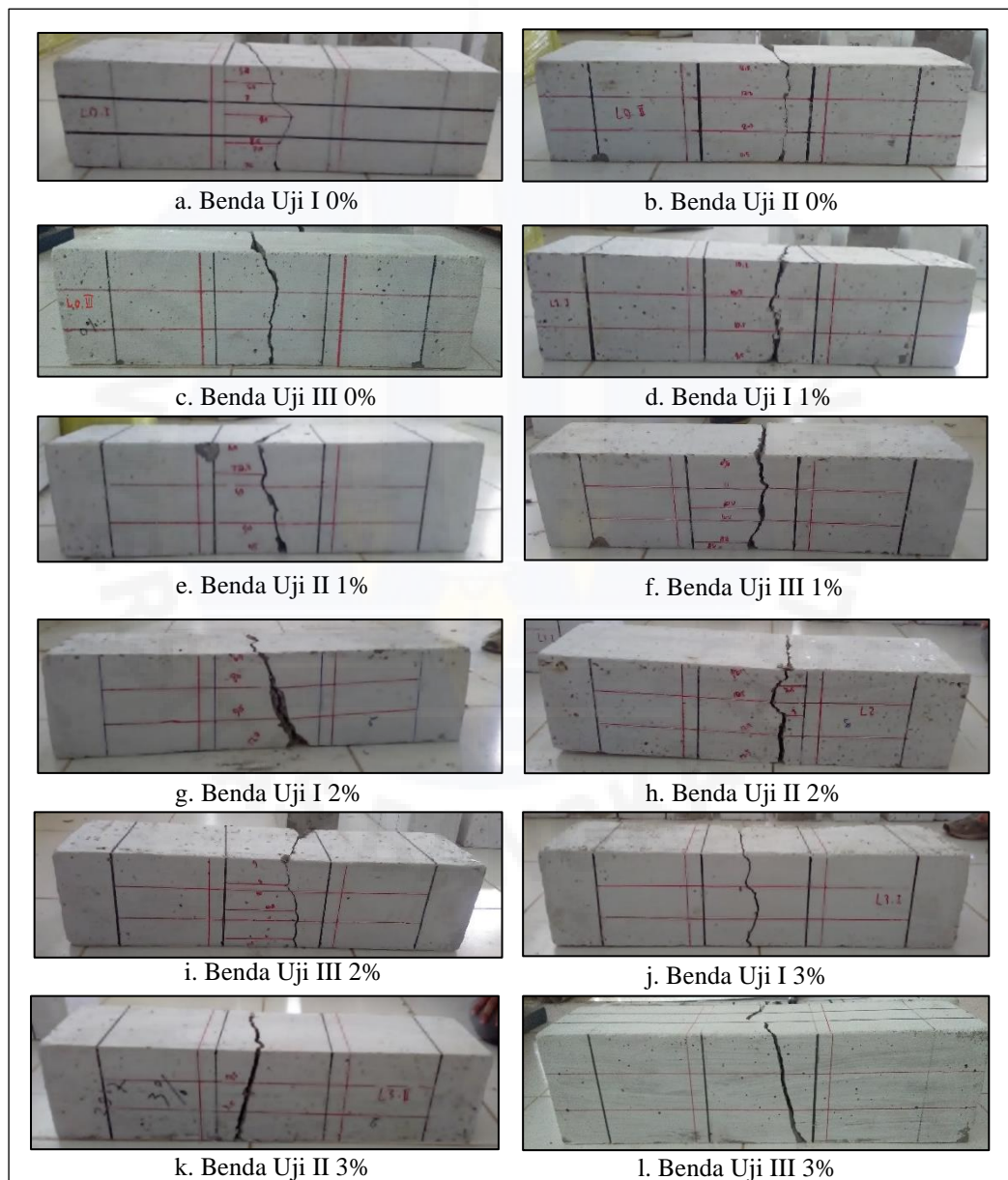
Sumber : Dokumentasi Pengujian

Gambar 4.8 Pola retak pengujian kuat tarik belah

Retak yang terjadi dari pengujian kuat tarik belah persentase 0% terjadi retak belah besar dari atas hingga bawah, pada benda uji 1% terjadi retak rambut dari atas hingga tengah, benda uji 2% masih terjadi retak rambut dari atas hingga tengah permukaan benda uji, sedangkan pada benda uji persentase 3% benda uji mengalami retak belah vertikal dari atas ke bawah permukaan benda uji.

4.7 Pengujian Kuat Lentur Beton

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian ini berdasarkan SNI-4431-2011 tentang cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan. Dari hasil pengujian benda uji didapati benda uji mengalami patah pada 1/3 bentang tengah dan keretakan pada balok saat patah terjadi keretakan lentur sehingga benda uji balok mengalami kegagalan terhadap lentur, seperti yang terlihat pada Gambar 4.9 berikut.



Sumber : Dokumentasi Penelitian

Gambar 4.9 Benda uji setelah pengujian kuat lentur

Berdasarkan letak patah benda uji yang terjadi pada 1/3 bentang tengah maka dilakukan perhitungan menggunakan rumus 2.3 seperti pada contoh perhitungan kuat lentur untuk pengujian beton normal berikut.

$$\begin{aligned}
 fr &= \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2} \\
 &= \frac{30 \times 45 (\text{kN}) \times 1000}{15,2 (\text{cm}) \times 15,3^2 (\text{cm}) \times 100} \\
 &= 3,79 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

dengan :

fr = Kuat lentur beton (MPa atau N/mm^2)

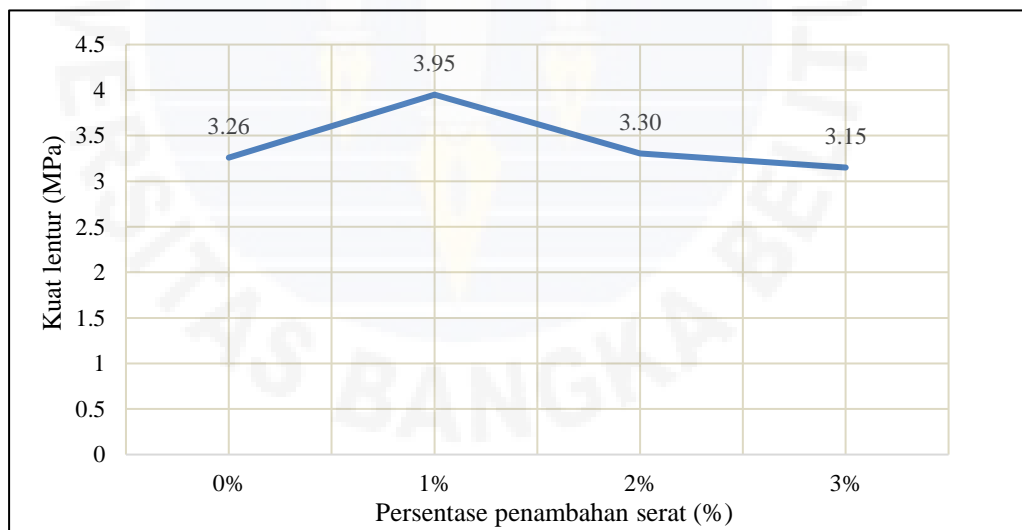
P = Beban maksimum (N)

L = Panjang bentang balok (mm)

b = Lebar tampang patah benda uji (mm)

h = Tinggi tampang patah benda uji (mm)

Nilai kuat lentur rata-rata beton untuk setiap persentase penambahan serat dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.



Sumber : Hasil Pengujian

Gambar 4.10 Grafik hasil pengujian kuat lentur beton

Adapun hasil pengujian kuat lentur beton pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.23 berikut ini.

Tabel 4.23 Hasil pengujian kuat lentur beton

% Serat	Kode benda uji	Berat gr	Volume benda uji cm ²	berat volume kg/cm ²	Beban maks. kN	Jarak bentang cm	Dimensi tampang patah		Kuat lentur MPa	Kuat lentur rata-rata MPa
							b	h		
							cm	cm		
0%	L0.I	30600	13500	2,27	30	45	15,2	15,3	3,79	3,26
	L0.II	30900	13500	2,29	26	45	15,2	15,5	3,20	
	L0.III	30900	13500	2,29	26	45	15,5	16,5	2,77	
1%	L1.I	31100	13500	2,30	32,5	45	15,5	16	3,69	3,95
	L1.II	31400	13500	2,33	32	45	15,5	16	3,63	
	L1.III	31200	13500	2,31	35	45	15	15,2	4,54	
2%	L2.I	30100	13500	2,23	26	45	15	16	3,05	3,30
	L2.II	30400	13500	2,25	26,5	45	16	15,5	3,10	
	L2.III	30000	13500	2,22	29	45	15	15,2	3,77	
3%	L3.I	29400	13500	2,18	26	45	16	15,5	3,04	3,15
	L3.II	30000	13500	2,22	24,5	45	15,5	15,3	3,04	
	L3.III	30000	13500	2,22	26	45	15	15,2	3,38	

Sumber : Hasil Pengujian

Hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari dengan penambahan serat kulit Kayu Andilau yang melalui proses alkali *treatment* masing-masing persentase sebesar 0%, 1%, 2% dan 3%, untuk persentase 0% menghasilkan kuat lentur sebesar 3,26 MPa, 1% sebesar 3,95 MPa, 2% sebesar 3,3 MPa, dan 3% sebesar 3,15 MPa. Selisih persentase nilai kuat tarik belah beton dibandingkan dengan beton normal (0%) dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Selisih persentase nilai kuat lentur

Penambahan serat	Kuat lentur rata-rata (MPa)	Selisih persentase (%)	Keterangan
0%	3,26	-	-
1%	3,95	21,16	Terjadi kenaikan
2%	3,30	1,21	Terjadi kenaikan
3%	3,15	3,37	Terjadi penurunan

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian diatas kuat lentur beton mengalami kenaikan pada persentase 1% dan 2% penambahan serat dan mengalami penurunan pada persentase 3%. Selisih persentase nilai kuat lentur dihitung dengan cara, persentase

(%)= $(\text{nilai akhir}-\text{nilai awal})/\text{nilai awal} \times 100\%$). Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan persentase serat akan mengakibatkan terjadinya penurunan kuat lentur beton. Hal ini dipengaruhi karena jumlah serat yang semakin banyak justru membentuk ikatan tersendiri antar serat dan juga serat yang digunakan masih menyerap air pada beton sehingga *workability* beton serat menurun (Sidabutar, dkk., 2014).

