

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Material Campuran Beton

Studi penelitian ini dilakukan pada bahan-bahan yang sebelumnya telah diuji guna mengidentifikasi karakteristik, mutu, dan kesesuaian yang optimal dari setiap komponen, yakni agregat halus, agregat kasar, dan semen, sebagai bahan penyusun beton.

##### 4.1.1 Hasil Pemeriksaan Berat Isi

Pengujian berat isi yang dilakukan meliputi agregat halus, agregat kasar, dan *styrofoam*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar rongga udara yang terdapat dalam bahan-bahan tersebut.

Tabel 4. 1 Berat Isi Lepas Agregat Halus

GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	8840	8820	8800
B.	Berat tempat	(gr)	3540	2540	3540
C.	Berat benda uji	(gr)	5300	5280	5260
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,767	1,760	1,753
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,760		

Tabel 4. 2 Berat Isi Padat Agregat Halus

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	8950	8930	8980
B.	Berat tempat	(gr)	3540	3540	3540
C.	Berat benda uji	(gr)	5410	5390	5440
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,803	1,797	1,813
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,804		

Tabel 4. 3 Berat Isi Lepas Agregat Kasar

GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	21520	21400	21460
B.	Berat tempat	(gr)	7860	7860	7860
C.	Berat benda uji	(gr)	13660	13540	13600
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,366	1,354	1,360
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,360		

Tabel 4. 4 Berat Isi Padat Agregat Kasar

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	22480	22390	22230
B.	Berat tempat	(gr)	7860	7860	7860
C.	Berat benda uji	(gr)	14620	14530	14370
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,462	1,453	1,437
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,451		

Tabel 4. 5 Berat Isi Styrofoam

PADAT			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	22480	22390	22230
B.	Berat tempat	(gr)	7860	7860	7860
C.	Berat benda uji	(gr)	14620	14530	14370
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,462	1,453	1,437
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1,451		

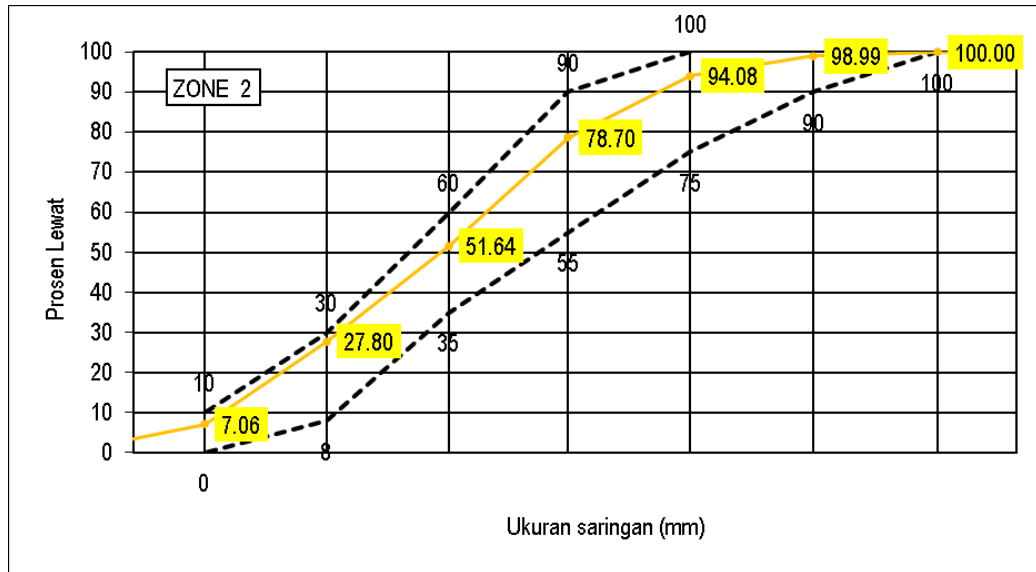
Berat isi gembur/lepas agregat halus rata-rata 1,760 gram/cm<sup>3</sup> dan agregat kasar 1,360 gram/cm<sup>3</sup>. Berat isi padat agregat halus rata-rata 1,804 gram/cm<sup>3</sup> dan agregat kasar 1,451 gram/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan

Dengan menggunakan saringan, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pembagian gradasi butiran agregat kasar dan agregat halus.

Tabel 4. 6 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

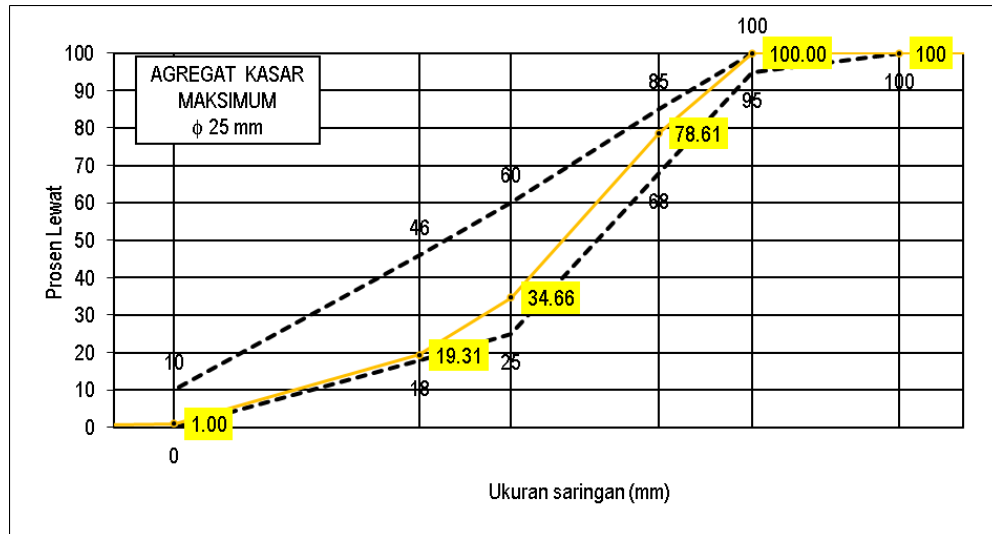
Ukuran saringan			Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			(gr)	(%)	Tertahan (%)	Lolos (%)
12,5	mm	(1/2")	0	0	0	100
9,6	mm	(3/8")	0	0	0	100
4,75	mm	(No. 4)	20,9	1,01	1,01	98,99
2,36	mm	(No. 16)	102,2	4,91	5,92	94,08
1,18	mm	(No. 16)	319,9	15,38	21,30	78,70
0,6	mm	(No. 30)	562,7	27,06	48,36	51,64
0,3	mm	(No. 50)	495,7	23,84	72,20	27,80
0,15	mm	(No. 100)	431,4	20,74	92,94	7,06
0,075	mm	(No. 200)	129,5	6,23	99,17	0,83
pan			17,30	0,83	100	0



Grafik 4. 1 Gradasi Agregat Halus

Tabel 4. 7 Data Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Ukuran saringan			Berat tertahan (gr)	Prosen tertahan (%)	Kumulatif	
					Tertahan (%)	Lolos (%)
76,2	mm	(3")	0	0	0	100
38,1	mm	(1 1/2")	0	0	0	100
19,1	mm	(3/4)	3151,5	21,39	21,39	78,61
12,5	Mm	(1/2")	6476,9	43,96	65,34	34,66
9,6	mm	(3/8")	2261,1	15,35	80,69	19,31
4,75	mm	(No. 4)	2698,6	18,31	99,00	1,0
2,36	mm	(No. 16)	121,5	0,82	99,83	0,17
1,18	mm	(No. 16)	15,4	0,1	99,93	0,07
0,6	mm	(No. 30)	0,3	0	99,93	0,07
0,3	mm	(No. 50)	0,1	0	99,93	0,07
0,15	mm	(No. 100)	0,8	0,01	99,94	0,06
0,075	mm	(No. 200)	0,8	0,01	99,95	0,05
pan			8	0,05	100	0,0



Grafik 4. 2 Gradasi Agregat Kasar

Grafik 4.1 Dan 4.2 menunjukkan hasil pemeriksaan gradasi agregat halus dan kasar, yang menunjukkan bahwa agregat tergolong dalam zona 2. Agregat kasar memiliki ukuran maksimal 25 mm.

#### 4.1.3 Hasil Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus ini dilakukan untuk mengetahui presentase lumpur yang terkandung. Hasilnya ditunjukkan di bawah ini.

Ketinggian agregat halus (V1) = 500 ml

Ketinggian lumpur (V2) = 5 ml

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{V2}{V1+V2} \times 100\%$$

$$= \frac{5}{500+5} \times 100\%$$

$$= 1,00 \%$$

Untuk digunakan sebagai material campuran beton, agregat halus dapat digunakan karena kandungan lumpurnya harus di bawah 5%. Pemeriksaan kadar lumpur yang dilakukan sebesar 1% maka agregat halus dapat digunakan dalam campuran beton.

#### 4.1.4 Hasil Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Kadar air adalah perbandingan berat agregat yang mengandung air dengan berat agregat saat kering. Tujuan pemeriksaan kadar air dengan metode pengeringan adalah untuk mengetahui presentase air dalam agregat. Hasil uji kadar air untuk agregat kasar dan halus ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 4. 8 Kadar Air Agregat Kasar

No	Keterangan	Asli		SSD	
		A	C	1	2
A	Berat tempat (gr)	2930	3060	104	104,2
B	Berat tempat + contoh (gr)	28860	39010	1700	1700
C	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	28490	28620	1676,5	1675,5
D	Kadar air = $\frac{(B-C)}{(C-A)} \times 100\%$ (%)	1,448	1,526	1,494	1,559
E	Kadar air rata-rata (%)	1,487		1,527	

Tabel 4. 9 Kadar Air Agregat Halus

No	Keterangan	Asli		SSD	
		E	F	A	B
A	Berat tempat (gr)	2770	2770	153,3	159,7
B	Berat tempat + contoh (gr)	10280	9910	1049,5	1371,5
C	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	10050	9750	1019,3	1331,7
D	Kadar air = $\frac{(B-C)}{(C-A)} \times 100\%$ (%)	3,16	2,29	3,49	3,40
E	Kadar air rata-rata (%)	2,73		3,44	

Hasil pemeriksaan kadar air agregat menunjukkan bahwa kadar air kondisi asli agregat kasar 1,487% dan agregat halus 2,730%; kadar air kondisi SSD agregat kasar 1,527% dan agregat halus 3,440%.

#### 4.1.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan untuk mengetahui berat jenis bulk, ssd, dan penyerapan agregat. Informasi ini digunakan untuk menghitung berapa banyak agregat yang ada dalam campuran beton. hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 10 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Kasar

Keterangan		I	II	$\bar{x}$
Berat contoh kering oven	Bk	4869,5	4946	4907,75
Berat contoh SSD	Bj	5004	5008	5006
Berat contoh di dalam air	Ba	3174,5	3174,5	3168,5
Berat jenis (bulk)	$Bk / (Bj - Ba)$	2,688	2,669	2,679
Berat jenis SSD	$Bj / (Bj - Ba)$	2,735	2,714	2,724
Berat jenis semu (apparent)	$Bk / (Bk - Ba)$	2,820	2,793	2,807
Penyerapan (absorbs)	$\frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$	1,738	1,665	1.701

Tabel 4. 11 Berat Jenis dan Tingkat Penyerapan Agregat Halus

Keterangan		I	II	$\bar{x}$
Berat contoh kering oven	Bk	486	486,5	486,25
Berat contoh SSD	Bj	500	500	500
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	647,8	667,4	657,6
Berat piknometer+contoh +air (25°C)	Bt	965	985,3	975,15
Berat jenis (bulk)	$Bk / (B+Bj-Bt)$	2,659	2,672	2,665
Berat jenis SSD	$Bj / (B+Bj-Bt)$	2,735	2,746	2,740
Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	$Bk / (B+Bk-Bt)$	2,879	2,886	2,882
Penyerapan ( <i>absorpsi</i> )	$\frac{(Bj - Bk)}{Bk} \times 100\%$	2,881	2,775	2,828

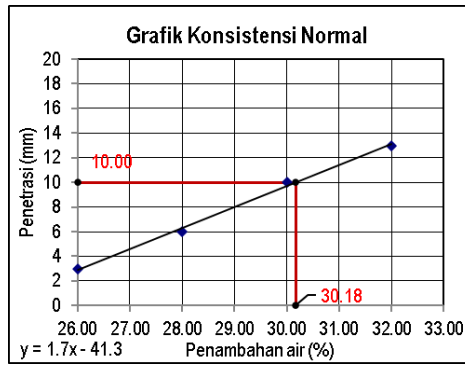
Berdasarkan data pada tabel di atas, rata-rata berat jenis bulk adalah 2,679 pada agregat kasar dan 2,665 pada agregat halus. Berat jenis rata-rata SSD agregat kasar adalah 2,724 dan agregat halus adalah 2,740.

#### 4.1.6 Hasil Pemeriksaan Konsistensi Normal dan Waktu Ikat

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan konsistensi normal guna menentukan waktu pengikatan semen. Dalam percobaan waktu pengerasan berikutnya, alat Vicat dan Gilmore digunakan untuk menentukan waktu pengerasan pada semen (dalam kondisi konsistensi normal). Berikut adalah hasil dari pengujian yang dilakukan :

Tabel 4. 12 Konsistensi Normal

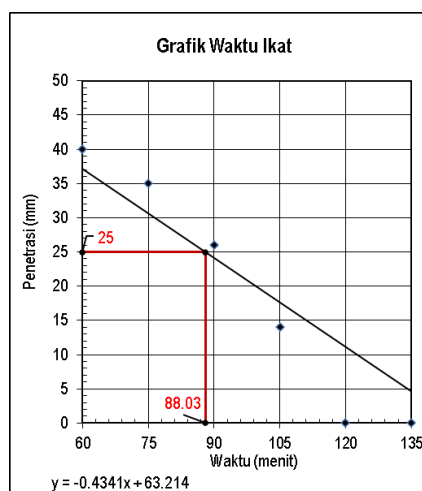
No	Berat semen	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	300	78	26	3
2	300	84	28	6
3	300	90	30	10
4	300	96	32	13



Grafik 4. 3 Konsistensi Normal

Tabel 4. 13 Waktu Ikat Semen

Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	60	40
2	75	35
3	90	26
4	105	14
5	120	Berbekas
6	135	Berbekas
7	150	Berbekas
8	165	Berbekas
9	180	Berbekas
10	195	Berbekas
11	210	Berbekas
12	225	Tidak berbekas
Akhir		
240		



Grafik 4. 4 Waktu Ikat Semen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman penetrasi jarum 10 mm (mendekati semen) dengan penambahan larutan 30,18 %. Waktu ikat awal pada penetrasi 25 mm adalah 88,03 menit dan waktu ikat akhir 225 menit.

#### 4.1.7 Pembahasan Hasil Pemeriksaan Material

Seperti yang ditunjukkan dalam tabel berikut, hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa material yang akan digunakan sebagai penyusun beton memenuhi persyaratan dan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia untuk penggunaan penyusun beton :

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Material

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat Isi Agregat Kasar (g/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • padat	SNI 03-4804-1998	-	1,36	-
			-	1,45	-
2	Berat Isi Agregat Halus (g/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1,76	-
			-	1,80	-
3	Analisa Saringan Agregat Kasar	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 25mm	-
4	Analisa Saringan Agregat Halus	SNI 03-1968-1990	-	Zona 3	-
5	Bahan Lolos Saringan No.200 Agregat Halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	3,04	Memenuhi
6	Kadar Lumpur Agregat Halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	1,00	Memenuhi
7	Kadar Zat Organik Agregat Halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
8	Kadar Air Agregat Kasar (%) • Asli • SSD	SNI 03-1971-1990	-	1,49	-
			-	1,53	-
9	Kadar Air Agregat Halus (%) • Asli • SSD	SNI 03-1971-1990	-	2,73	-
			-	3,44	-
10	BJ dan penyerapan agregat kasar • Berat Jenis Bulk • Berat Jenis SSD • Berat Jenis Apparent • Penyerapan (Absorbsi)	SNI 1970:2008	-	2,68	-
			-	2,72	-
			-	2,81	-
			-	1,70	-
11	BJ dan penyerapan agregat halus • Berat Jenis Bulk • Berat Jenis SSD • Berat Jenis Apparent • Penyerapan (Absorbsi)	SNI 1969:2008	-	2,67	-
			-	2,74	-
			-	2,88	-
			-	2,83	-
12	Abrasi ( <i>los angeles</i> ) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	12,77	Memenuhi
13	Konsistensi dan Waktu Ikat Semen • Waktu Ikat Awal (menit) • Waktu Ikat Akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	-	-	-
			Min. 45 Maks. 375	88,03 225	Memenuhi Memenuhi



## 4.2 Perancangan Campuran (*Mix Design*)

Metode desain campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah (SNI 03-2834-2002), terkait Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Biasa, juga terkait ACI dan DOE dan metode British 1968.

Sebelum memulai proses perhitungan untuk menentukan jumlah komposisi campuran, ada beberapa hal yang harus diperhatikan saat merancang campuran beton. salah satunya adalah bahwa campuran harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

### 4.2.1 Perancangan Campuran Beton

#### a. Data Perencanaan

- $f_c'$  Rencana = 20 MPa
- Slump Rencana = 120 mm
- Tipe Semen = PCC (Tipe III)
- Ukuran Agregat Kasar Maksimum = 25 mm
- Zona Agregat Halus = Zona II
- Volume Campuran Beton =  $< 1000 \text{ m}^3$
- Jenis Agregat Kasar = Dipecah
- BJ Agregat Halus kondisi SSD = 2,74
- BJ Agregat Kasar kondisi SSD = 2,72

#### b. Menghitung Kuat Tekan Rencana

Tabel 4. 15 Deviasi Standar Berdasarkan Jumlah Beton

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (MPa)		
Sebutan	Jumlah beton ( $\text{m}^3$ )	Baik sekali	Baik	Dapat diterima
Kecil	$< 1000$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 6,5$	$6,5 < S < 8,5$
Sedang	1000–3000	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 5,5$	$5,5 < S < 7,5$
Besar	$> 3000$	$2,5 < S < 3,5$	$3,5 < S < 4,5$	$4,5 < S < 6,5$

Berdasarkan informasi diatas karena jumlah beton yang dikerjakan kurang dari  $1000 \text{ m}^3$ , sehingga standar deviasi yang tersedia adalah  $5,5 < S < 6,5$ . Maka dari itu, ditetapkan deviasi standar yang digunakan dalam perencanaan campuran sebesar 6 MPa.

Nilai kuat tekan rata-rata yang direncanakan

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + 1,34 \times S_s \\
 &= 20 + 1,34 \times 6 \\
 &= 28,04 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= f'_c + 2,33 \times S_s - 3,5 \\
 &= 20 + 2,33 \times 6 - 3,5 \\
 &= 30,48 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$f'_{cr}$  : Rencana nilai kuat tekan

S : Nilai deviasi

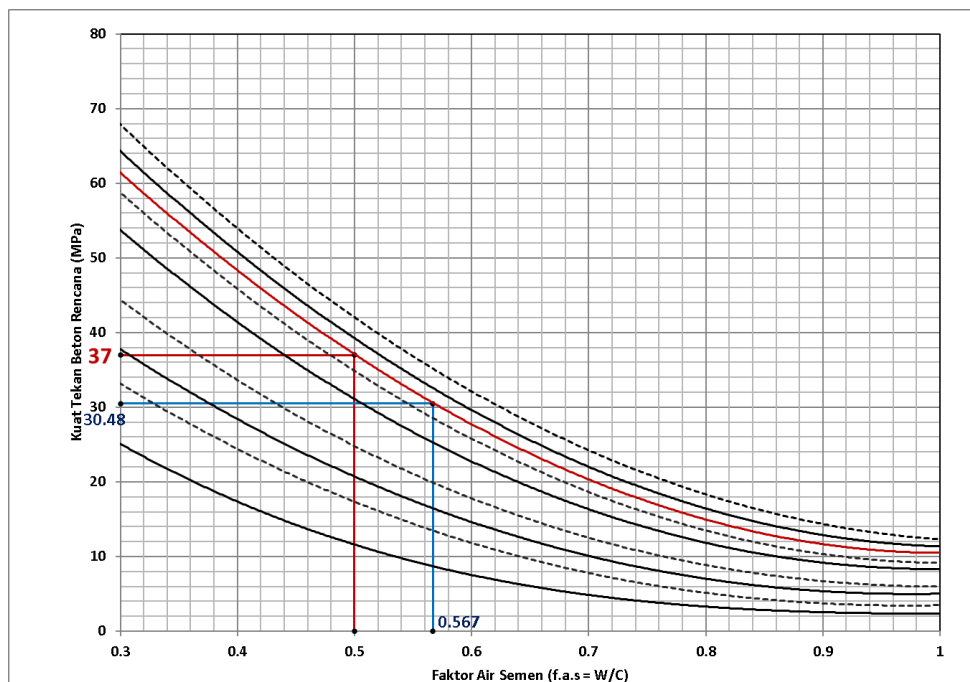
Target nilai kuat tekan rata-rata diambil nilai tertinggi, jadi didapatkan nilai kuat tekan rata-rata yang akan ditargetkan  $f'_{cr}$  yakni 30,48 MPa.

c. Menghitung Faktor Air Semen

Tabel 4. 16 Estimasi Kuat Tekan Beton, Faktor Air Semen (W/C) = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Bentuk
		Umur (Hari)				
		3	7	28	91	
Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Kuat tekan beton dengan rasio air-semen (W/C) 0,5 dan umur rencana 28 hari = 37 MPa dengan menggunakan agregat kasar batu pecah dan tipe I semen dapat ditentukan dari tabel diatas.



Grafik 4. 5 Kurva Korelasi Antara Kuat Tekan Beton dan Faktor Air Semen

Dengan menggunakan faktor air semen (W/C) sebesar 0,5 dan agregat kasar dipecah dengan nilai (MPa) selama 28 hari, kuat tekan dapat dihitung dengan nilai 37, menurut informasi yang diperoleh dari tabel 4.15. Selanjutnya, masukan ke dalam grafik 4.5 dengan mengikuti garis lengkung. Masukan  $f'_{cr}$ , yang ditemukan pada nomor 2, yaitu 30,48 dan tarik garis horizontal sampai memotong garis lengkung yang telah dibuat sebelumnya. Baca dengan menarik garis kebawah. Hasilnya, faktor air semen adalah 0,567.

d. Menentukan Kadar Air Bebas

Tabel 4. 17 Perkiraan Kadar Air Bebas

AIR BEBAS								
AG MAX (mm)	SLUMP (mm)							
	0-10		10-30		30-60		60-180	
	Wh	Wk	Wh	Wk	Wh	Wk	Wh	Wk
10	150	180	180	205	205	230	225	250
20	135	170	160	190	180	210	195	225
25	130	171	155	186	175	205	190	220
40	115	175	140	175	160	190	175	205

Dalam proses perancangan beton berserat direncanakan nilai slump sebesar 120 mm, nilai tersebut ditetapkan dengan tujuan untuk menghindari beton poros atau keropos dan memberi kelecakan yang baik dalam proses pengecoran beton.

Agregat maksimal 25 mm :  $W_h = 190$  serta  $W_k = 220$

Dimana :

$W_h$  = Estimasi konten air agregat halus (tidak dipecah)

$W_k$  = Estimasi konten air agregat kasar (dipecah)

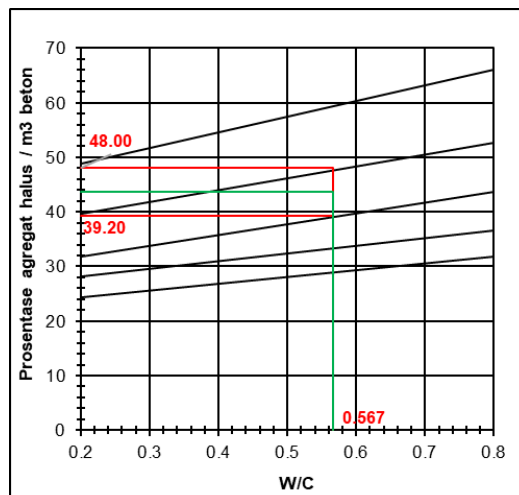
Maka kadar air bebas dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 - W &= \frac{2}{3} \times W_h + \frac{1}{3} \times W_k \\
 &= \frac{2}{3} \times 190 + \frac{1}{3} \times 220 \\
 &= 200 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Jumlah semen (PC)} &= W / f.a.s \\
 &= 200 / 0,567 \\
 &= 352,73 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

e. Menentukan presentase agregat halus dan agregat kasar

- $F_{as} = 0,567$
- Batas atas zona 2 = 48,00
- Batas bawah zona 2 = 39,20
- Presentase agregat halus = 48 %
- Presentase agregat kasar =  $100 \% - 48 \% = 52 \%$

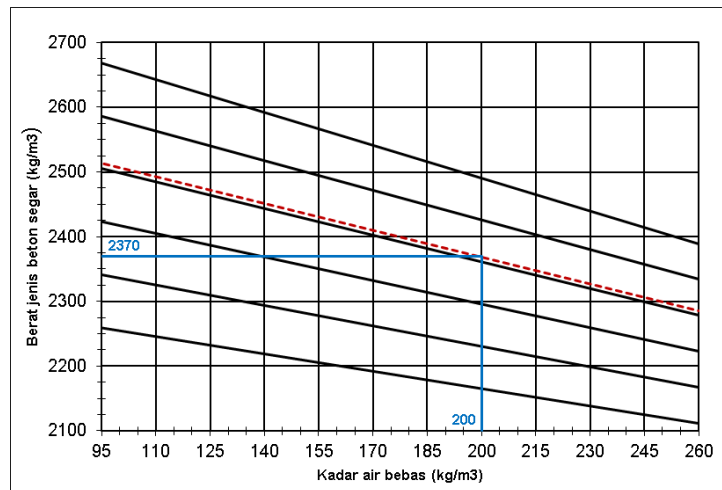


Grafik 4. 6 Presentase Agregat Halus

f. Menentukan berat jenis beton segar

Dari jumlah air bebas  $W$  dan specific gravity gabungan  $G_s$  gab, perkiraan berat jenis beton segar sebesar  $G_{s\text{gab}}$ .

- Berat jenis agregat halus = 2,74
- Berat jenis agregat kasar = 2,72
- Berat jenis gabungan ( $G_{s\text{gab}}$ ) =  $(48\% \times 2,74 + 52\% \times 2,72) / 100$   
= 2,73



Grafik 4. 7 Hubungan Berat Jenis Beton Segar dan Kadar Air Bebas  
Hasil berat jenis 2,73 dimasukan kedalam grafik. Tarik garis mengikuti kurva. Masukan hasil kadar air bebas yaitu 200 lalu tarik garis vertikal sampai memotong garis kurva yang dibuat. Kemudian tarik garis horizontal ke kiri lalu baca hasilnya yaitu 2370 kg/m<sup>3</sup>

g. Menentukan jumlah agregat kondisi SSD

- Total Agregat = Berat beton segar – jumlah semen – jumlah air bebas  
= 2370 – 352,73 – 200  
= 1817,27 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat Halus = Presentase agregat halus × berat total agregat  
= 48 % × 1817,27  
= 872,29 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat Kasar = Presentase agregat kasar × berat total agregat  
= 52 % × 1817,27  
= 944,98 kg/m<sup>3</sup>

h. Menentukan komposisi campuran kondisi dilapangan

$$\begin{aligned} \text{- Semen} &= \frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen (w/c)}} \\ &= \frac{200}{0,567} \\ &= 352,73 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Agregat kasar (asli)} &= \frac{100+wc \text{ asli}}{100+wc \text{ SSDx}} \times \text{agregat kasar kondisi SSD} \\ &= \frac{100+2,68}{100+2,72} \times 944,98 \\ &= 942,95 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Agregat halus (asli)} &= \frac{100+wc \text{ asli}}{100+wc \text{ SSDx}} \times \text{agregat halus kondisi SSD} \\ &= \frac{100+2,67}{100+2,74} \times 872,29 \\ &= 871,40 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

i. Kebutuhan air lapangan

$$\text{Air} = W + \text{Kelebihan air agregat halus} + \text{Kelebihan air agregat kasar}$$

$$\begin{aligned} \text{- Kelebihan air agregat halus} &= \text{Berat agregat halus SSD} - \text{Berat agregat halus asli} \\ &= 872,29 - 871,40 \\ &= 0,89 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Kelebihan air agregat kasar} &= \text{Berat agregat kasar SSD} - \text{Berat agregat kasar asli} \\ &= 944,98 - 942,95 \\ &= 2,03 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Air} &= W + (Wc \text{ SSD halus} - Wc \text{ asli halus}) + (Wc \text{ SSD kasar} - Wc \text{ asli kasar}) \\ &= 200 + 0,89 + 2,03 \\ &= 202,92 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh komposisi beton normal pada kondisi lapangan :

$$\begin{aligned} \text{- Semen} &= 352,73 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Air} &= 202,92 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Agregat halus} &= 871,40 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Agregat kasar} &= 942,95 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

j. Kebutuhan styrofoam kondisi lapangan

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan Styrofoam} &= \frac{50\% \times \text{Total Jumlah agregat}}{\text{Bi agregat gabungan}} \times \text{Bi Styrofoam} \\ &= \frac{50\% \times 1817,23}{2370} \times 7,111 \\ &= 3,658 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh komposisi beton campuran Styrofoam pada kondisi lapangan :

- Semen = 352,73 kg/m<sup>3</sup>
- Air = 201,46 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat halus = 435,70 kg/m<sup>3</sup>
- Agregat kasar = 471,47 kg/m<sup>3</sup>
- Styrofoam = 3,658 kg/m<sup>3</sup>

k. Kebutuhan serat kondisi lapangan

$$\text{Variasi Serat 0,5\%} = \frac{0,05 \times 352,73}{100} = 1,76 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.2.2 Menghitung Kebutuhan Bahan pada Campuran Beton

Didalam penelitian ini terdapat 2 buah bekisting dalam cetakan beton silinder untuk uji kuat tekan dan bekisting pelat untuk uji kuat lentur :

a. Silinder

- Volume =  $\pi \times r^2 \times t$   
=  $3,14 \times 0,075^2 \times 0,3$   
= 0,0016 m<sup>3</sup>/silinder
- Untuk 3 silinder =  $3 \times 0,0016 \text{ m}^3/\text{silinder}$   
= 0,0047 m<sup>3</sup>

b. Pelat

- Volume =  $p \times l \times t$   
=  $1,5 \times 0,5 \times 0,08$   
= 0,06 m<sup>3</sup>/pelat
- Untuk 2 pelat =  $2 \times 0,06 \text{ m}^3/\text{pelat}$   
= 0,12 m<sup>3</sup>

c. Total Volume

$$\begin{aligned}&= \text{Volume silinder} + \text{Volume Pelat} \\ &= 0,0047 + 0,12 \\ &= 0,1247 \text{ m}^3\end{aligned}$$

d. Kebutuhan bahan untuk 3 silinder dan 2 pelat dengan menggunakan faktor kehilangan = 1,16

- Semen =  $352,73 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 55,61 kg
- Agregat halus =  $435,70 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 68,69 kg
- Agregat kasar =  $471,47 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 74,33 kg
- Air =  $201,46 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 31,70 kg
- Styrofoam =  $3,658 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 0,656 kg
- Serat 0,5% =  $1,76 \times 0,1247 \times 1,16$   
= 0,278 kg

Kebutuhan campuran beton pada setiap variasi ditunjukkan pada tabel 4.18

Tabel 4. 18 Kebutuhan Campuran Beton Benda Uji Silinder dan Pelat

Jumlah Bahan	Variasi Kadar Serat (%)		Total
	0	0,5	
Semen (kg)	51,03	51,03	102,06
Serat (gram)	0	255,14	255,14
Agregat Halus (kg)	63,03	63,03	126,06
Agregat Kasar (kg)	68,21	68,21	136,41
Air (kg)	29,14	29,14	58,29
Styrofoam (gram)	529,24	529,24	1058,47
Jumlah Silinder	3	3	6
Jumlah Balok	2	2	4



### 4.3 Pengujian Slump Test Beton

Pengujian slump beton digunakan untuk mengetahui workability dan konsistensi campuran beton segar, berikut merupakan hasil pengujian slump yang dilakukan pada masing-masing variasi campuran beton berserat.

Tabel 4. 19 Slump Test Tiap Variasi Campuran Beton Berserat

Kode	Slump Test (cm)
BN	13,50
ST 0%	14,00
ST 0,5%	13,20

Dari hasil pengujian slump, didapat bahwa semakin banyak penambahan serat yang digunakan akan menyebabkan hasil nilai slump test semakin menurun, karena semakin banyak serat yang ditambahkan membuat beton semakin padat dan terjadinya penyerapan air pada serat.

### 4.4 Hasil Pengujian Benda Uji

#### 4.4.1 Uji Kuat Tekan Beton

Uji tekan beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan ( $f_c$ ). pengujian dilakukan pada 6 silinder dengan ukuran 10 x 20 cm. beton diuji selama 28 hari dengan variasi presentase serat bambu 0% dan 0,5% terhadap berat volume beton.

a. Perhitungan nilai kuat beton umur 28 hari Beton Normal (1)

$$P = 212 \text{ kN} = 212000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{212000}{7853,96} \\ &= 26,99 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b. Perhitungan nilai kuat beton umur 28 hari Beton Normal (2)

$$P = 204 \text{ kN} = 204000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{204000}{7853,98} \\ &= 25,92 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c. Perhitungan nilai kuat beton umur 28 hari Beton Normal (3)

$$P = 203 \text{ kN} = 203000 \text{ N}$$

$$f'c = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{203000}{7853,98}$$

$$= 25,85 \text{ MPa}$$

Dimana :

$f'c$  = Kuat tekan benda uji (MPa)

A = Luas Penampang (mm)

P = Beban yang bekerja (N)

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, selanjutnya akan ditabelkan dibawah ini:

Tabel 4. 20 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Silinder Umur 28 Hari

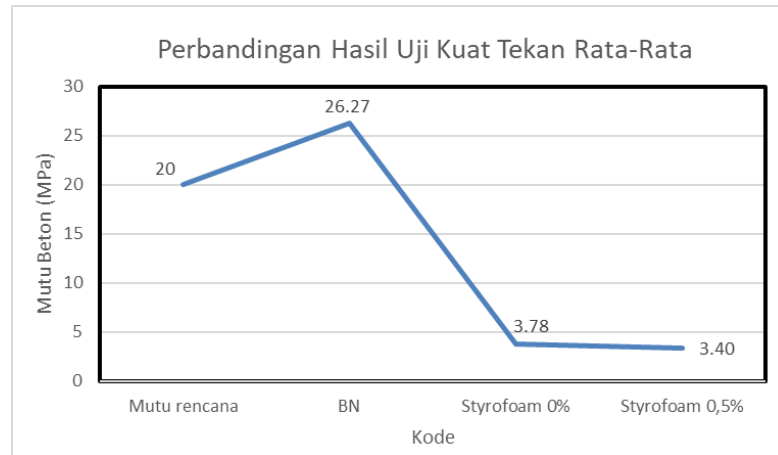
No.	Kode	Umur (hari)	Berat (kg)	Tekan Hancur (kN)	Tekan Hancur (MPa)	Tekan Rata-Rata
1	BN	28	3,82	212	26,99	26,27
2	BN	28	3,71	204	25,97	
3	BN	28	3,65	203	25,85	
4	ST 0%	28	2,28	33	4,20	3,78
5	ST 0%	28	2,39	28	3,57	
6	ST 0%	28	2,28	28	3,57	
7	ST 0,5%	28	2,34	25	3,18	3,40
8	ST 0,5%	28	2,23	29	3,89	
9	ST 0,5%	28	2,11	26	3,31	

Sumber : Hasil Pengujian

Keterangan :

BN = Beton Normal

ST = Styrofoam



Grafik 4. 8 Hasil Uji Kuat Tekan

Dari hasil grafik 4.8 dapat disimpulkan bahwa hasil rata-rata kuat uji tekan beton silinder pada umur 28 hari memiliki nilai yang sangat berbeda dengan mutu rencana awal yaitu 20 MPa dimana beton normal memiliki nilai rata-rata sebesar 26,7 MPa , sampel (0%) dengan hasil rata-rata 3,78 MPa , dan sampel (0,5%) dengan hasil rata-rata 3,40 MPa.

#### 4.4.2 Pengujian Kuat Lentur

Uji lentur beton bertujuan untuk mengetahui nilai kuat lentur ( $f_r$ ). beton diuji selama 28 hari dengan variasi presentase serat bambu 0% dan 0,5% terhadap berat volume beton.

- a. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Normal (1)

$$P = 212 \text{ kN} = 212000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{212000.1500}{500.80^2} \\ &= 99,38 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- b. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Normal (2)

$$P = 204 \text{ kN} = 204000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{204000.1500}{500.80^2} \\ &= 95,63 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- c. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Normal (3)

$$P = 203 \text{ kN} = 203000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{203000.1500}{500.80^2} \\ &= 95,16 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- d. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Ringan dengan 0% Serat Bambu (1)

$$P = 33 \text{ kN} = 33000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{33000.1500}{500.80^2} \\ &= 15,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- e. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Beton Ringan dengan 0% Serat Bambu (2)

$$P = 28 \text{ kN} = 28000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{28000.1500}{500.80^2} \\ &= 13,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- f. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Ringan dengan 0% Serat Bambu (3)

$$P = 28 \text{ kN} = 28000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{28000.1500}{500.80^2} \\ &= 13,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- g. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Ringan dengan 0,5% Serat Bambu (1)

$$P = 25 \text{ kN} = 25000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{25000.1500}{500.80^2} \\ &= 11,72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- h. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Ringan dengan 0,5% Serat Bambu (2)

$$P = 29 \text{ kN} = 29000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{29000.1500}{500.80^2} \\ &= 13,59 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- i. Perhitungan nilai kuat lentur beton umur 28 hari Beton Ringan dengan 0,5% Serat Bambu (3)

$$P = 26 \text{ kN} = 26000 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{P.L}{b.h^2} \\ &= \frac{26000.1500}{500.80^2} \\ &= 12,19 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

$f_r$  = Kuat lentur benda uji (MPa)

$L$  = Panjang penampang (mm)

$P$  = Beban yang bekerja (N)

$b$  = Lebar penampang (mm)

$h$  = Tinggi penampang (mm)

#### 4.4.3 Lendutan Pelat Beton

Perbandingan beban dan lendutan eksperimental pelat beton ringan dapat dilihat sebagai berikut :

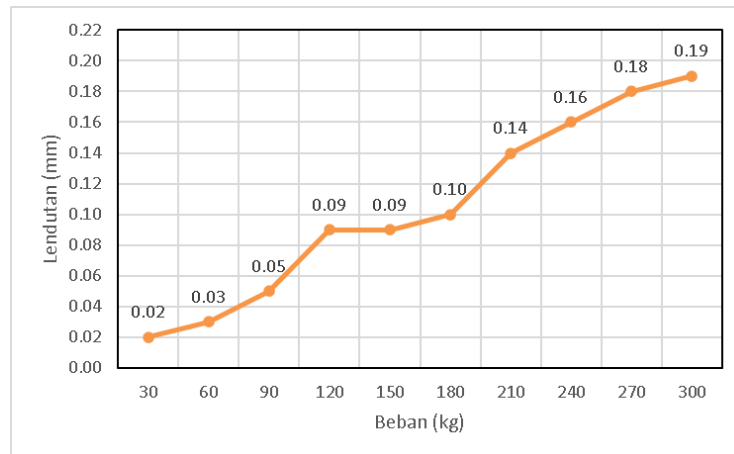
##### A. Pelat beton normal

Pada sampel uji pelat solid beton normal, didapat nilai lendutan dari pembacaan *dial gauge* pada tiap penambahan beban 30 kg pada Tabel 4.21. Dari Tabel tersebut, didapat nilai lendutan pelat beton normal sebesar 0,19 mm pada pembebanan 300 kg.

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Pelat Beton Normal

Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan (mm)
30	20	0,02
60	40	0,03
90	60	0,05
120	80	0,09
150	100	0,09
180	120	0,10
210	140	0,14
240	160	0,16
270	180	0,18
300	200	0,19

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 9 Grafik hubungan antara beban dan lendutan pelat beton normal

Dari grafik 4.9 terjadi kenaikan nilai lendutan yang kecil pada pelat beton normal, dan saat diberi beban 300kg hasil lendutan yang terjadi yaitu 0,19 mm.

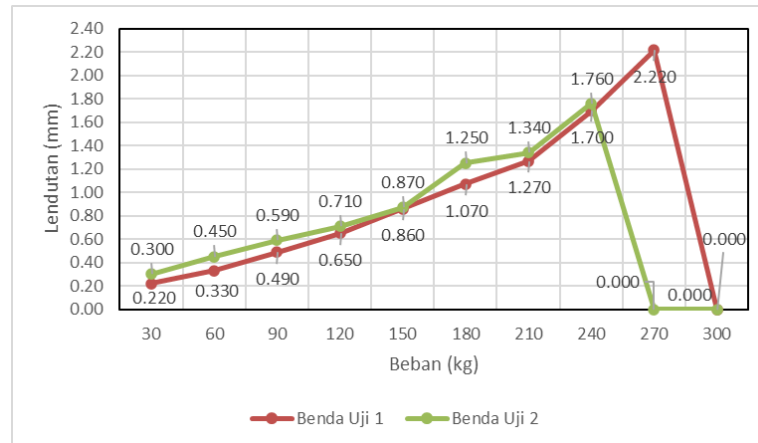
#### B. Pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0%

Pada sampel uji pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0%, didapat nilai lendutan dari pembacaan *dial gauge* pada tiap penambahan beban 30 kg pada tabel 4.22. Dari tabel tersebut, pada pembebanan 270 kg didapat nilai lendutan PST 1 sebesar 2,22 mm dan pada pembebanan 240 kg PST 2 sebesar 1.76 mm.

Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Pelat Beton Ringan Kandungan Serat Bambu 0%

Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan (mm)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2
30	20	0,22	0,30
60	40	0,33	0,45
90	60	0,49	0,59
120	80	0,65	0,71
150	100	0,86	0,87
180	120	1,07	1,25
210	140	1,27	1,34
240	160	1,70	1,76
270	180	2,22	0
300	200	0	0

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 10 Grafik Hubungan Antara Beban dan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Dari grafik 4.10 pelat beton ringan tanpa serat mengalami lendutan maksimal 2,22 mm pada pembebanan 270 kg dan mengalami retak, sedangkan pada pelat beton ringan menggunakan serat bambu lendutan maksimal yang dihasilkan sebesar 1,76 pada pembebanan 240 kg.

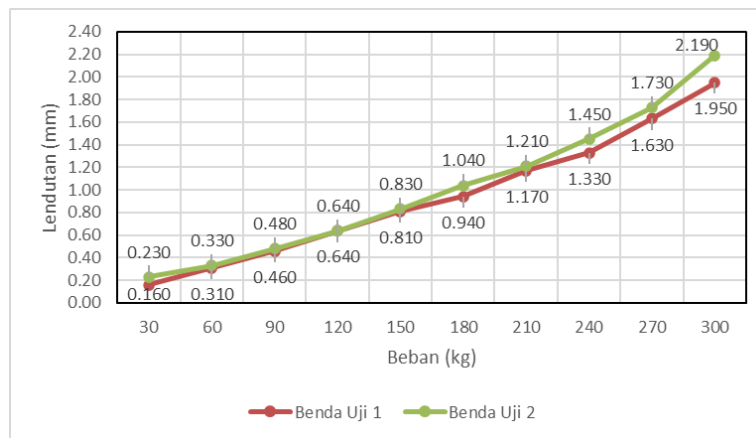
#### C. Pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5%

Pada sampel uji pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5%, didapat nilai lendutan dari pembacaan *dial gauge* pada tiap penambahan beban 30 kg pada tabel 4.23. Dari tabel tersebut, didapat nilai lendutan PST 1 sebesar 1,95 mm dan PST 2 sebesar 2,19 mm pada pembebanan 300 kg.

Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Pelat Beton Ringan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan (mm)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2
30	20	0,16	0,23
60	40	0,31	0,33
90	60	0,46	0,48
120	80	0,64	0,64
150	100	0,81	0,83
180	120	0,94	1,04
210	140	1,17	1,21
240	160	1,33	1,45
270	180	1,63	1,73
300	200	1,95	2,19

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 11 Grafik Hubungan Antara Beban dan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Dari grafik 4.11 kedua pelat beton ringan tidak mengalami keretakan dan untuk lendutan maksimal pada pelat beton tanpa serat sebesar 1,95 mm, sedangkan untuk lendutan maksimal pada pelat beton dengan serat sebesar 2,19 mm.

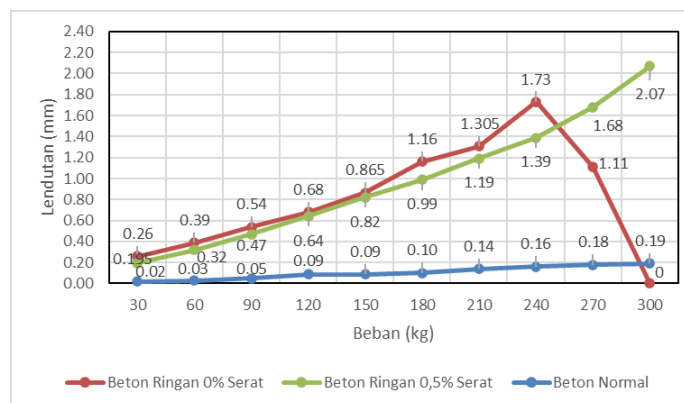
Perbandingan lendutan pada tiap pembebanan pelat beton normal, pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0%, dan pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu 0,5%



Tabel 4. 24 Perbandingan Lendutan Hasil Pengujian Pelat Beton

Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan (mm)		
		Beton Normal	Benda Ringan 0% Serat	Beton Ringan 0,5% Serat
30	20	0,02	0,26	0,20
60	40	0,03	0,39	0,32
90	60	0,05	0,54	0,47
120	80	0,09	0,68	0,64
150	100	0,09	0,87	0,82
180	120	0,10	1,16	0,99
210	140	0,14	1,31	1,19
240	160	1,16	1,73	1,39
270	180	1,18	1,11	1,68
300	200	1,19	0	2,07

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 12 Perbandingan Lendutan Hasil Pengujian Pelat Beton

Dari hasil pengujian lentur penambahan beban merata sebesar 300 kg, akan tetapi pada saat pembebanan 270 kg terjadi keretakan pada pelat beton ringan tanpa kandungan serat bambu. Sehingga tidak ada lendutan yang dihasilkan pada beban 300 kg sedangkan pada pelat beton ringan dengan kandungan serat bambu sebanyak 0,5% mempunyai lendutan 2,07 mm. Untuk lendutan pada beton normal lebih kecil daripada pelat beton ringan.

## 4.5 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Lendutan Eksperimental

Berikut perhitungan dan perbandingan hasil teoritis dan hasil pengujian.

### 4.5.1 Pelat Beton Normal

#### A. Beban 30 kg

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{26,03} \\ &= 23979,21 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 500 \times 120^3 \\ &= 72000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 1,89 \times 1500^4}{384 \times E \times I} \\ &= 0,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,02 \text{ mm}$$

#### B. Beban 150 kg

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{26,03} \\ &= 23979,21 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\ &= \frac{1}{12} \times 500 \times 120^3 \\ &= 72000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\ &= \frac{5 \times 3,15 \times 1500^4}{384 \times E \times I} \\ &= 0,09 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,09 \text{ mm}$$

#### C. Beban 300 kg

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f'c'} \\ &= 4700\sqrt{26,03} \\ &= 23979,21 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 120^3 \\
 &= 72000000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \\
 &= \frac{5 \times 4,72 \times 1500^4}{384 \times E \times I} \\
 &= 0,14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

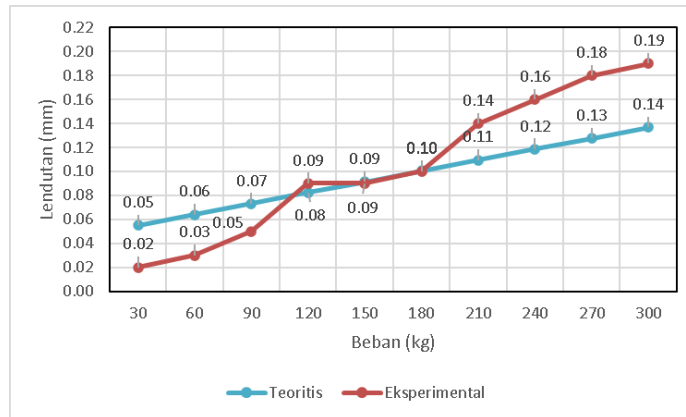
$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,19 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, selanjutnya akan ditabelkan dibawah ini :

Tabel 4. 25 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Normal

Beban (kg/m)	Beban (N/mm)	Berat Sendiri (N/mm)	Beban Total (N/mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)
20	0.196	1.318	1.896	0,055	0,02
40	0.392	1.318	2.210	0,064	0,03
60	0.589	1.318	2.524	0,073	0,05
80	0.785	1.318	2.838	0,082	0,09
100	0.981	1.318	3.152	0,091	0,09
120	1.177	1.318	3.466	0,100	0,10
140	1.373	1.318	3.780	0,110	0,14
160	1.570	1.318	4.094	0,119	0,16
180	1.766	1.318	4.407	0,128	0,18
200	1.962	1.318	4.721	0,137	0,19

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 13 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Normal

Dari hasil grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil dari lendutan teoritis memiliki hasil yang relatif konstan, sedangkan untuk hasil lendutan eksperimental relatif kurang beraturan.

#### 4.5.2 Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

##### A. Beban 30 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043\sqrt{f'c'} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043\sqrt{3,78} \\
 &= 4733,4 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,962 \times 1500^4}{4733,4 \times 21333333} \\
 &= 0,477 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,22 \text{ mm}$$

##### B. Beban 150 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043\sqrt{f'c'} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043\sqrt{3,78} \\
 &= 4733,4 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,962 \times 1500^4}{4733,4 \times 21333333} \\
 &= 0,1099 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,86 \text{ mm}$$

### C. Beban 270 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c'} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043 \sqrt{3,78} \\
 &= 4733,4 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,962 \times 1500^4}{4733,4 \times 21333333} \\
 &= 1,721 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

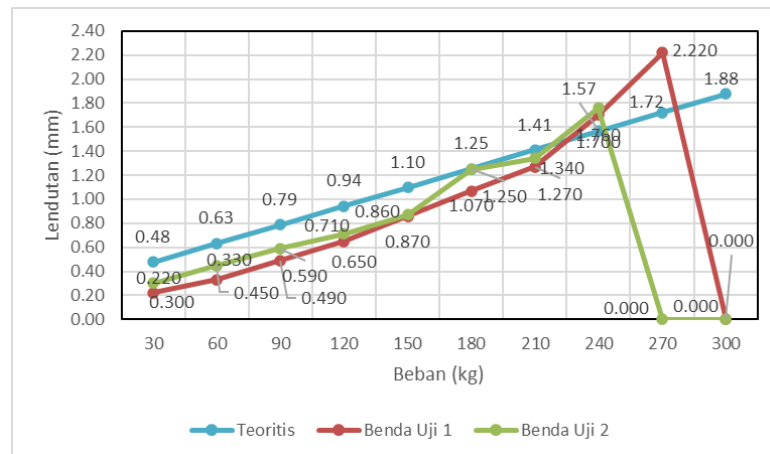
$$\delta_{\text{eksperimen}} = 2,22 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, selanjutnya akan ditabelkan dibawah ini :

Tabel 4. 26 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Beban (kg/m)	Beban (N/mm)	Beban Sendiri (N/mm)	Beban Total (N/mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan (mm)	
					Benda Uji 1	Benda Uji 2
20	0.196	0.540	0.962	0.477	0,22	0,30
40	0.392	0.540	1.276	0.632	0,33	0,45
60	0.589	0.540	1.590	0.788	0,49	0,59
80	0.785	0.540	1.904	0.943	0,65	0,71
100	0.981	0.540	2.218	1.099	0,86	0,87
120	1.177	0.540	2.532	1.254	1,07	1,25
140	1.373	0.540	2.846	1.410	1,27	1,34
160	1.570	0.540	3.160	1.565	1,70	1,76
180	1.766	0.540	3.473	1.721	2,22	0
200	1.962	0.540	3.787	1.876	0	0

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 14 Perbandingan Lendutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Dari grafik 4.14 menunjukkan bahwa perbandingan hasil lendutan teoritis tidak berbeda jauh dari nilai lendutan eksperimental yang didapat.

#### 4.5.3 Pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5%

##### A. Beban 30 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f'c} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043 \sqrt{3,4} \\
 &= 4487,7 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0,962 \times 1500^4}{4487,7 \times 21333333} \\
 &= 0,502 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,16 \text{ mm}$$

#### B. Beban 150 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f_c'} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043 \sqrt{3,4} \\
 &= 4487,7 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{2,218 \times 1500^4}{4487,7 \times 21333333} \\
 &= 1,159 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{eksperimen}} = 0,81 \text{ mm}$$

#### C. Beban 300 kg

$$\begin{aligned}
 E_c &= W_c^{1,5} \times 0,043 \sqrt{f_c'} \\
 &= 1474,84^{1,5} \times 0,043 \sqrt{3,4} \\
 &= 4487,7 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{12} \times b \times h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \times 500 \times 80^3 \\
 &= 21333333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{teoritis}} &= \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{3,787 \times 1500^4}{4487,78 \times 21333333}
 \end{aligned}$$

$$= 1,979 \text{ mm}$$

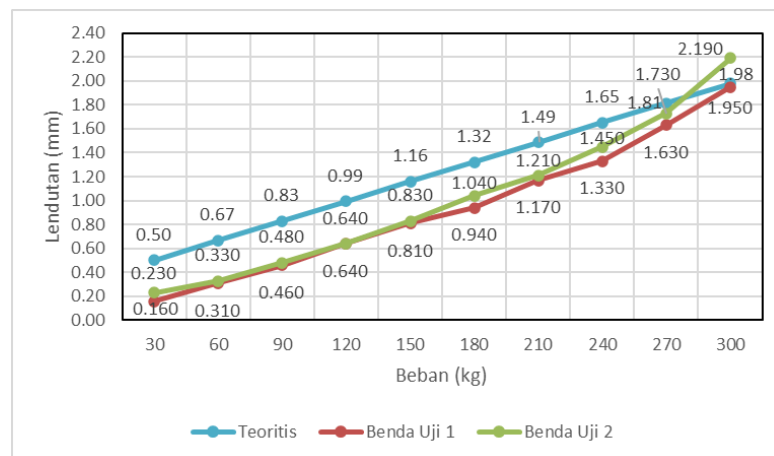
$$\delta_{\text{eksperimen}} = 1,95 \text{ mm}$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan diatas, selanjutnya akan ditabelkan dibawah ini :

Tabel 4. 27 Perbandingan Lentutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Beban (kg/m)	Beban (N/mm)	Beban Sendiri (N/mm)	Beban Total (N/mm)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan (mm)	
					Benda Uji 1	Benda Uji 2
20	0.196	0.540	0.962	0.503	0,16	0,23
40	0.392	0.540	1.276	0.667	0,31	0,33
60	0.589	0.540	1.590	0.831	0,46	0,48
80	0.785	0.540	1.904	0.995	0,64	0,64
100	0.981	0.540	2.218	1.159	0,81	0,83
120	1.177	0.540	2.532	1.323	0,94	1,04
140	1.373	0.540	2.846	1.487	1,17	1,21
160	1.570	0.540	3.160	1.651	1,33	1,45
180	1.766	0.540	3.473	1.815	1,63	1,73
200	1.962	0.540	3.787	1.979	1,95	2,19

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 15 Perbandingan Lentutan Teoritis dan Eksperimental Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

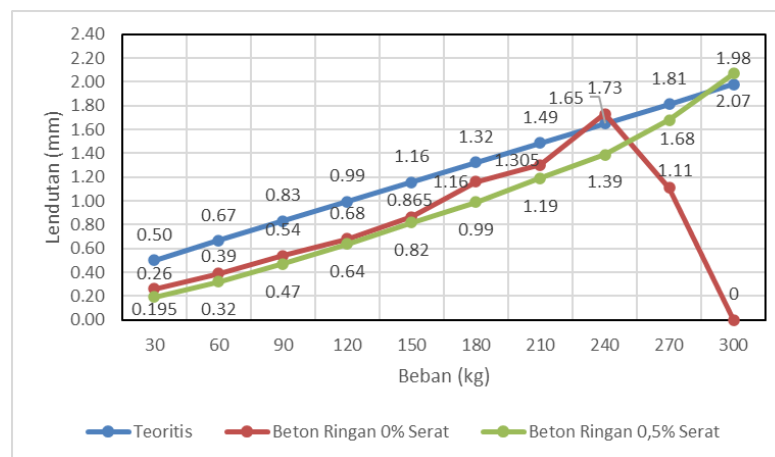
Dari grafik 4.15 menunjukkan bahwa perbandingan hasil lendutan teoritis tidak berbeda jauh dari nilai lendutan eksperimental yang didapat. Perbandingan lendutan pada tiap pembebanan pelat beton ringan dengan kandungan serat 0% dan serat 0,5%.



Tabel 4. 28 Perbandingan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% dan 0,5%

Beban (kg)	Beban (kg/m)	Lendutan Teoritis (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	
			$\bar{x}$ 0%	$\bar{x}$ 0,5%
30	20	0.260	0,26	0,20
60	40	0.345	0,39	0,32
90	60	0.430	0,54	0,47
120	80	0.515	0,68	0,64
150	100	0.600	0,87	0,82
180	120	0.685	1,16	0,99
210	140	0.770	1,31	1,19
240	160	0.855	1,73	1,39
270	180	0.940	1,11	1,68
300	200	1.025	0	2,07

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 16 Perbandingan Lendutan Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0% dan 0,5%

Dari grafik diatas dapat dilihat setiap pelat beton dalam pengujian mempunyai lendutan tidak berbeda jauh dari lendutan teoritis yang telah ditentukan. Oleh karena itu lendutan yang terjadi pada pelat beton ringan yang menggunakan serat bambu 0,5% lebih besar dibandingkan dengan penggunaan serat bambu 0%. Hal ini menunjukkan jika pencampuran serat bambu sebanyak 0,5% pada pelat beton ringan dengan perkuatan tulangan bambu menambah kekuatan lendutan pada pelat beton tersebut.

#### 4.6 Perhitungan Lendutan Izin Maksimum

Untuk perhitungan lendutan izin maksimum suatu pelat beton mengikuti SNI 2847:2019. Untuk perhitungan beban direncanakan sesuai beban yang dilakukan pada pengujian pelat dengan beban terbesar 300 kg.

##### 4.6.1 Pelat Beton Normal

$$\begin{aligned}\Delta(\text{ijin}) &= \frac{Lt}{360} \\ &= \frac{1500}{360} \\ &= 4,167 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kontrol

$$\delta_{\text{eksperimental}} < \delta_{\text{izin}}$$

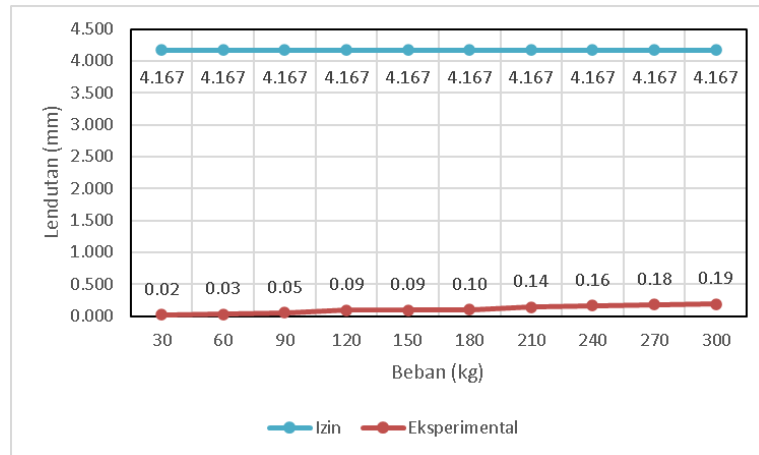
$$0,19 < 4,167 \text{ (Memenuhi)}$$

Dari perhitungan di atas didapat lendutan maksimum yang diizinkan sebesar 4,167 mm sedangkan lendutan pada saat pembebanan 300 kg didapat lendutan maksimum sebesar 0,19 mm. Maka dari itu, pelat beton normal dengan perkuatan tulangan baja memenuhi syarat lendutan izin.

Tabel 4. 29 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Normal

Beban (kg)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Eksperimental (mm)	Kontrol Lendutan
30	4,167	0,02	<i>Memenuhi</i>
60	4,167	0,03	<i>Memenuhi</i>
90	4,167	0,05	<i>Memenuhi</i>
120	4,167	0,09	<i>Memenuhi</i>
150	4,167	0,09	<i>Memenuhi</i>
180	4,167	0,10	<i>Memenuhi</i>
210	4,167	0,14	<i>Memenuhi</i>
240	4,167	0,16	<i>Memenuhi</i>
270	4,167	0,18	<i>Memenuhi</i>
300	4,167	0,19	<i>Memenuhi</i>

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 17 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Normal

Dari grafik 4.17 didapatkan hasil lendutan eksperimental lebih kecil dari lendutan izin oleh karena itu beban 30 kg hingga 300 kg memenuhi kontrol lendutan.

#### 4.6.2 Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

$$\begin{aligned} \Delta(ijin) &= \frac{Lt}{360} \\ &= \frac{1500}{360} \\ &= 4,167 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\delta_{eksperimental} < \delta_{izin}$$

$$1,18 < 4,167 \text{ (Menenuhi)}$$

Dari perhitungan di atas didapat lendutan maksimum yang diizinkan sebesar 4,167 mm sedangkan lendutan pada saat pembebanan 300 kg didapat lendutan maksimum sebesar 1,18 mm. Maka dari itu, pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0% memenuhi syarat lendutan izin.

Tabel 4. 30 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu  
0% (Benda Uji 1)

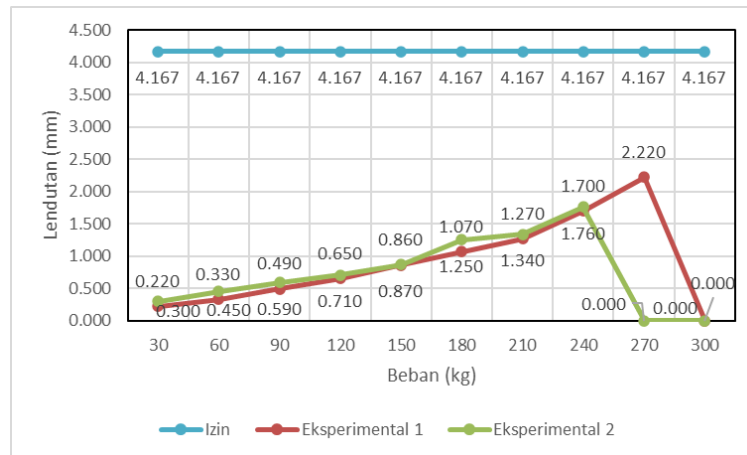
<b>Beban (kg)</b>	<b>Lendutan Izin (mm)</b>	<b>Lendutan Eksperimental (mm)</b>	<b>Kontrol Lendutan</b>
30	4,167	0.220	<i>Memenuhi</i>
60	4,167	0.330	<i>Memenuhi</i>
90	4,167	0.490	<i>Memenuhi</i>
120	4,167	0.650	<i>Memenuhi</i>
150	4,167	0.860	<i>Memenuhi</i>
180	4,167	1.070	<i>Memenuhi</i>
210	4,167	1.270	<i>Memenuhi</i>
240	4,167	1.700	<i>Memenuhi</i>
270	4,167	2.220	<i>Memenuhi</i>
300	4,167	-	<i>Tidak Memenuhi</i>

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4. 31 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu  
0% (Benda Uji 2)

<b>Beban (kg)</b>	<b>Lendutan Izin (mm)</b>	<b>Lendutan Eksperimental (mm)</b>	<b>Kontrol Lendutan</b>
30	4,167	0.300	<i>Memenuhi</i>
60	4,167	0.450	<i>Memenuhi</i>
90	4,167	0.590	<i>Memenuhi</i>
120	4,167	0.710	<i>Memenuhi</i>
150	4,167	0.870	<i>Memenuhi</i>
180	4,167	1.250	<i>Memenuhi</i>
210	4,167	1.340	<i>Memenuhi</i>
240	4,167	1.760	<i>Memenuhi</i>
270	4,167	-	<i>Tidak Memenuhi</i>
300	4,167	-	<i>Tidak Memenuhi</i>

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 18 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

Dari grafik 4.18 didapatkan hasil lendutan eksperimental lebih kecil dari lendutan izin oleh karena itu beban 30 kg hingga 300 kg memenuhi kontrol lendutan.

#### 4.6.3 Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

$$\begin{aligned} \Delta(ijin) &= \frac{Lt}{360} \\ &= \frac{1500}{360} \\ &= 4,167 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol

$$\delta_{eksperimental} < \delta_{izin}$$

$$1,57 < 4,167 \text{ (Menenuhi)}$$

Dari perhitungan di atas didapat lendutan maksimum yang diizinkan sebesar 4,167 mm sedangkan lendutan pada saat pembebanan 300 kg didapat ledutan maksimum sebesar 1,57 mm. Maka dari itu, pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5% memenuhi syarat lendutan izin.

Tabel 4. 32 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5% (Benda Uji 1)

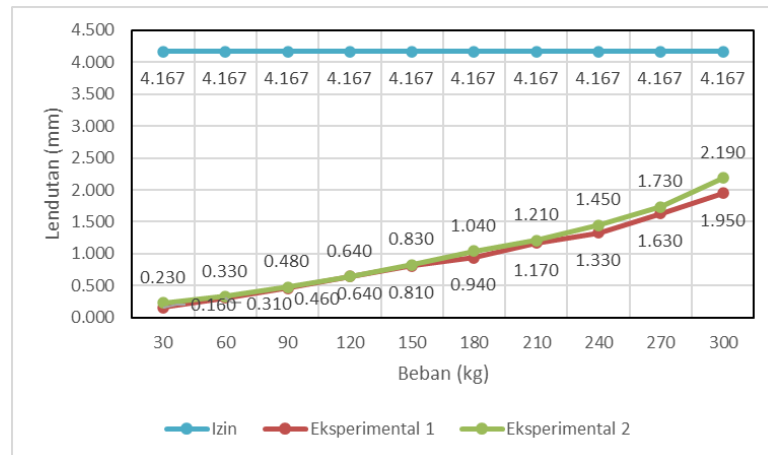
<b>Beban (kg)</b>	<b>Lendutan Izin (mm)</b>	<b>Lendutan Eksperimental (mm)</b>	<b>Kontrol Lendutan</b>
30	4,167	0.160	<i>Memenuhi</i>
60	4,167	0.310	<i>Memenuhi</i>
90	4,167	0.460	<i>Memenuhi</i>
120	4,167	0.640	<i>Memenuhi</i>
150	4,167	0.810	<i>Memenuhi</i>
180	4,167	0.940	<i>Memenuhi</i>
210	4,167	1.170	<i>Memenuhi</i>
240	4,167	1.330	<i>Memenuhi</i>
270	4,167	1.630	<i>Memenuhi</i>
300	4,167	1.950	<i>Memenuhi</i>

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4. 33 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5% (Benda Uji 2)

<b>Beban (kg)</b>	<b>Lendutan Izin (mm)</b>	<b>Lendutan Eksperimental (mm)</b>	<b>Kontrol Lendutan</b>
30	4,167	0.230	<i>Memenuhi</i>
60	4,167	0.330	<i>Memenuhi</i>
90	4,167	0.480	<i>Memenuhi</i>
120	4,167	0.640	<i>Memenuhi</i>
150	4,167	0.830	<i>Memenuhi</i>
180	4,167	1.040	<i>Memenuhi</i>
210	4,167	1.210	<i>Memenuhi</i>
240	4,167	1.450	<i>Memenuhi</i>
270	4,167	1.730	<i>Memenuhi</i>
300	4,167	2.190	<i>Memenuhi</i>

Sumber : Hasil Pengujian



Grafik 4. 19 Kontrol Lendutan Izin Pelat Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Dari grafik 4.19 didapatkan hasil lendutan eksperimental lebih kecil dari lendutan izin oleh karena itu beban 30 kg hingga 300 kg memenuhi kontrol lendutan.

#### 4.7 Momen Kapasitas Pelat Beton

##### 4.7.1 Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0%

Luas Tulangan ada

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n \\
 &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 20^2 \times 8 \\
 &= 160 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya  $C_c = T_s$  dapat diperoleh nilai a.

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times 190}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{201,1 \times 190}{0,85 \times 3,78 \times 500} \\
 &= 22,493 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gaya daerah tekan pada beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \\
 &= 0,85 \times 3,78 \times 22,493 \times 500 \\
 &= 30399,285 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya daerah tarik pada tulangan

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \times f_y \\ &= 160 \times 190 \\ &= 30400 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol keseimbangan gaya

$$\begin{aligned} C_c &= T_s \\ 30399,285 &= 30400 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1 Diagram Gaya Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0%

Maka momen nominal kapasitas penampang pelat

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 30400 \times \left( 56 - \frac{22,493}{2} \right) \\ &= 1451706,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 4.7.2 Beton Ringan dengan Kadar Serat Bambu 0,5%

Luas Tulangan ada

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times n \\ &= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 20^2 \times 8 \\ &= 160 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan prinsip keseimbangan gaya  $C_c = T_s$  dapat diperoleh nilai a.

$$\begin{aligned} C_c &= T_s \\ 0,85 \times f_c' \times a \times b &= A_s \times f_y \\ a &= \frac{A_s \times 190}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{201,1 \times 190}{0,85 \times 3,78 \times 500} \\ &= 22,493 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gaya daerah tekan pada beton

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f_c' \times a \times b \\ &= 0,85 \times 3,78 \times 22,493 \times 500 \end{aligned}$$



$$= 30399,285 \text{ N}$$

Gaya daerah tarik pada tulangan

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \times f_y \\ &= 160 \times 190 \\ &= 30400 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol keseimbangan gaya

$$\begin{aligned} C_c &= T_s \\ 30399,285 &= 30400 \end{aligned}$$



Gambar 4. 2 Diagram Gaya Pelat Beton Ringan dengan Kandungan Serat Bambu 0,5%

Maka momen nominal kapasitas penampang pelat

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 30400 \times \left( 56 - \frac{22,493}{2} \right) \\ &= 1451706,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pelat Beton

Rekapitulasi hasil pengujian pelat beton normal, pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0%, dan pelat beton ringan dengan kadar serat bambu 0,5%.

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Hasil Benda Uji

Variasi	BJ Normal (kg/m <sup>3</sup> )	BJ Kering (kg/m <sup>3</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Lentur (MPa)	Lendutan Izin (mm)	Lendutan Maksimal (mm)	Beban Maksimum (kg)
Beton Ringan 0% Serat (1)	1677.76	1474.84	3.78	1.159	4.167	2.22	270
Beton Ringan 0% Serat (2)	1677.76	1474.84	3.78	1.159	4.167	1.76	270
Beton Ringan 0,5% Serat (1)	1662.90	1459.98	3.40	1.288	4.167	1.95	300
Beton Ringan 0,5% Serat (2)	1662.90	1459.98	3.40	1.288	4.167	2.19	300

Sumber : Hasil Pengujian

Dari table 4.34 dapat disimpulkan bahwa lendutan yang terjadi pada pelat beton ringan sampel 1 dan 2 dengan serat bambu 0% mengalami retak pada saat pemberian beban ke 270 kg akan tetapi nilai yang didapat tidak melebihi dari nilai lendutan izin. Sedangkan pada pelat beton ringan sampel 1 dan 2 dengan serat bambu 0,5% mampu menahan hingga beban maksimum sebesar 300 kg dan didapatkan hasil lendutan tidak melebihi lendutan izin.

Terjadinya penurunan pada kuat tekan beton dapat disebabkan dari presentase tambahan bahan styrofoam sebagai pengganti sebagian agregat, akibatnya beton semakin ringan namun kuat tekannya akan berkurang. Dikarenakan sifat awal agregat yang keras digantikan dengan styrofoam yang lunak dan styrofoam yang licin juga mengakibatkan daya lekat dari semen berkurang.