

# LAMPIRAN



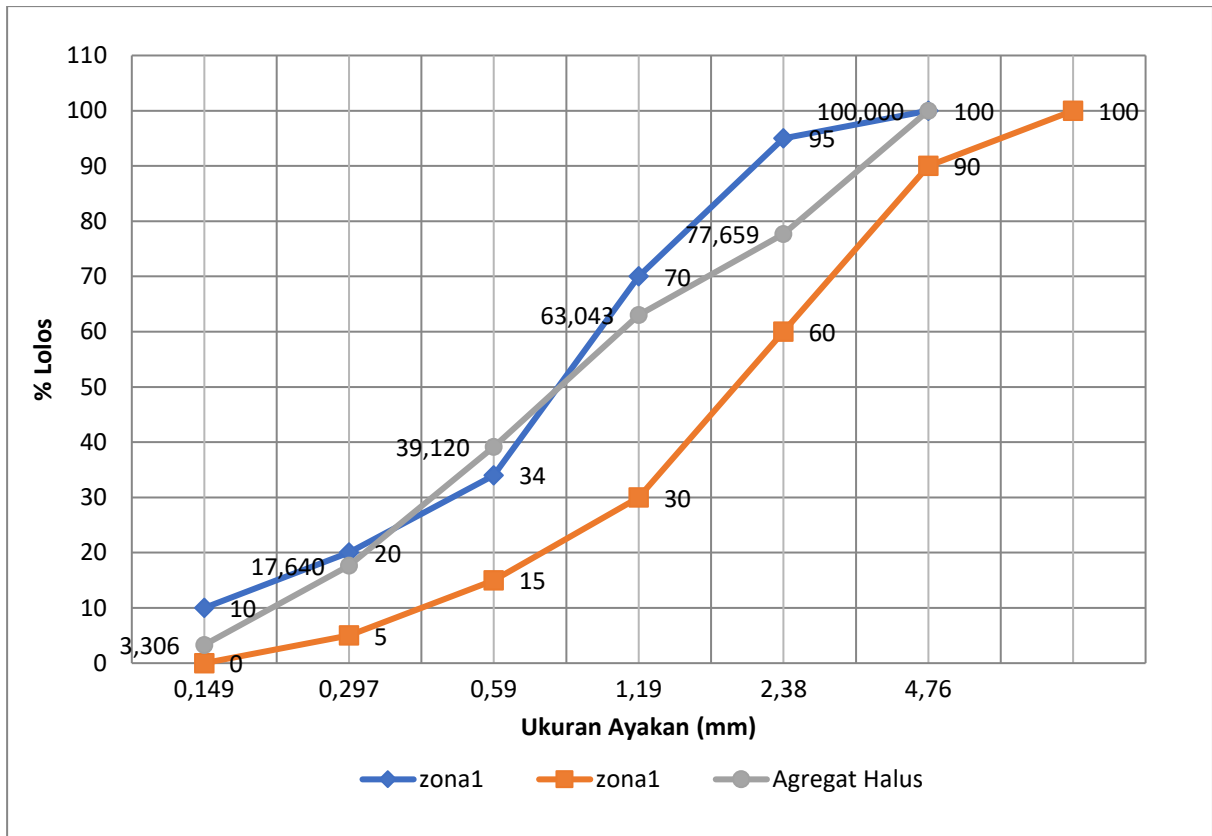
## LAMPIRAN 1

## DATA PENGUJIAN MATERIAL PEMBUATAN BETON NORMAL DAN ONYX

Tabel L 1.1 Analisis Gradasi Agregat Halus

Lubang Saringan		Pasir			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	-
2.5"	63,5	-	-	-	-
2"	50,8	-	-	-	-
1.5"	38,1	-	-	-	-
1"	25,4	-	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-	-
1/2"	12,7	-	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-	100
4	4,76	100	7,447	7,447	92,553
8	2,38	200,00	14,894	22,341	77,659
16	1,19	196,27	14,616	36,957	63,043
30	0,59	321,24	23,923	60,880	39,120
50	0,297	288,44	21,480	82,360	17,640
100	0,149	192,48	14,334	96,694	3,306
200	0,075	44,39	3,306	100,000	0,000
Pan				-	-
$\Sigma =$		1342,82	100	306,680	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus pasir} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/8'' \text{ sampai no } 100}{100} \\
 &= \frac{306,68}{100} \\
 &= 3,0668
 \end{aligned}$$



Gambar L 1.1 Grafik Lenngkung Ayakan Pasir

Tabel L 1.2 Kadar Air Agregat Halus

Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	31,9	105,5
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	31,2	104,9
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0,7	0,6
4	Berat Talam	(gr)	6,1	6,1
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	25,1	98,8
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0,0600	0,0040
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0,0500	

Tabel L 1.3 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

1	Berat takaran	(gr)	1640	1640
2	Berat takaran + air	(gr)	4800	4800
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3160	3160
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3160,0	3160
	<b>CARA</b>		<b>Shoveled</b>	<b>Rodded</b>
5	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	5560	6820
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	3920	5180
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,2405	1,6392
9	Berat isi agregat halus pakai	(gr/cc)	1,639	

Tabel 1.4 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

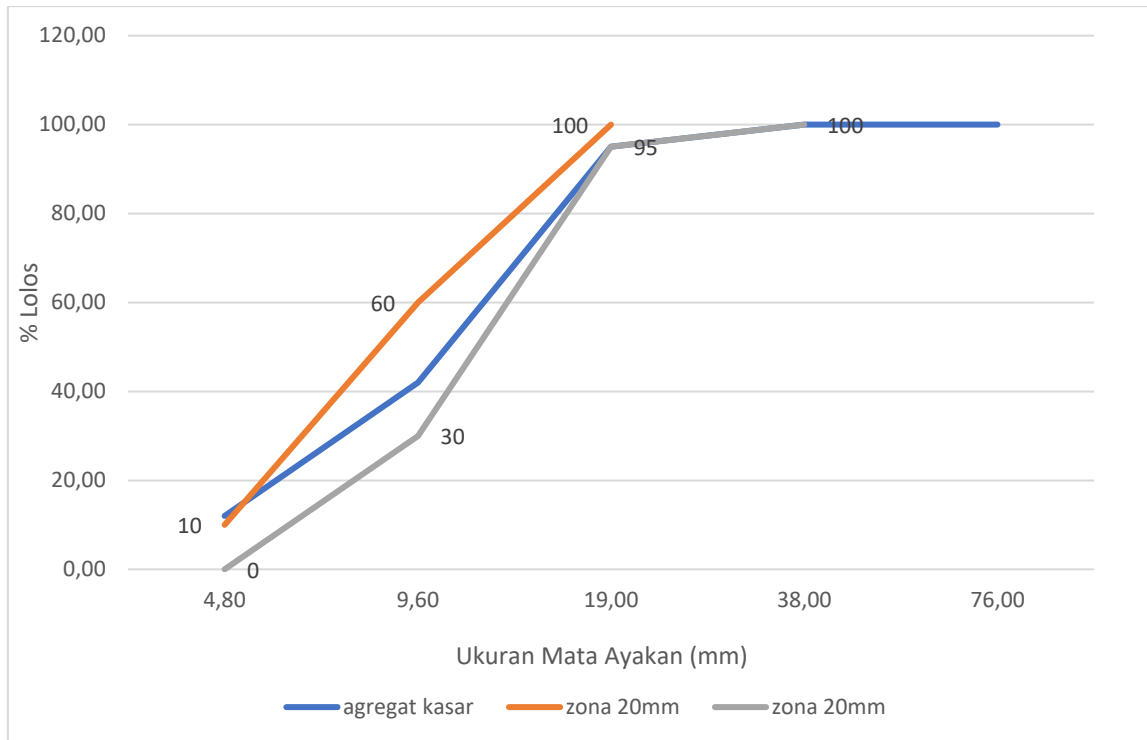
<b>NOMOR CONTOH</b>			<b>A</b>	<b>B</b>
Berat benda uji kering permukaan jenuh	500	(gr)	500	500
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	497,59	497,18
Berat benda uji dalam air	B	(gr)	681,2	658,4
Berat piknometer + benda uji (ssd) + air (pd suhu kamar)	Bt	(gr)	972,4	969,4

<b>NOMOR CONTOH</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Rata - rata</b>
Berat Jenis Curah	Bk/(B+500-Bt)	2,383	2,631	2,507
(Bulk Specific Grafity)				
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	500/(B+500-Bt)	2,395	2,646	2,520
(Bulk Specific Grafity Saturated Surface Dry)				
Berat Jenis Semu	Bk/(B+Bk-Bt)	2,411	2,670	2,541
Apparent Spesific Gravity)				
Penyerapan (%)	(500-Bk)/Bkx100%	0,484	0,567	0,526
(Absorption)				

Tabel 1.5 Analisis Gradasi Agregat Kasar Normal

Lubang Saringan		KERIKIL			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
0.75"	19,1	500,00	5,00	5,00	95,00
0.375"	9,5	5300,00	53,00	58,00	42,00
4	4,76	3000,00	30,00	88,00	12,00
8	2,38	700,00	7,00	95,00	-
16	1,19	-	-	95,00	-
30	0,59	-	-	95,00	-
50	0,297	-	-	95,00	-
100	0,149	-	-	95,00	-
200	0,075	-	-	95,00	-
Pan		-	-	95,00	-
$\Sigma =$		10000	95,0	626,00	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus agregat kasar} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4'' + 3/8'' \text{ sampai no } 100}{100} \\
 &= \frac{626}{100} \\
 &= 6,26
 \end{aligned}$$



Gambar L 1.2 Grafik Lenkung Ayakan Agregat Kasar Normal

Tabel L 1.6 Kadar Air Agregat Kasar Normal

Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	80,4	79,2
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	79,9	79
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0,5	0,2
4	Berat Talam	(gr)	5,7	6,1
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	74,2	72,9
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0,0067	0,0042
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0,00548	

Tabel L 1.7 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Normal

1	Berat takaran	(gr)	1640	1640
2	Berat takaran + air	(gr)	4800	4800
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3160	3160
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3160	3160
	<b>CARA</b>		<b>Shoveled</b>	<b>Rodded</b>
5	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6180	6700
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4540	5060
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,43	1,60
9	Berat isi agregat kasar pakai	(gr/cc)	1,60	

Tabel L 1.8 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Nomal

Nomor Contoh			A	B
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	4998,6	4995
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4952	4949,2
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3167	3162

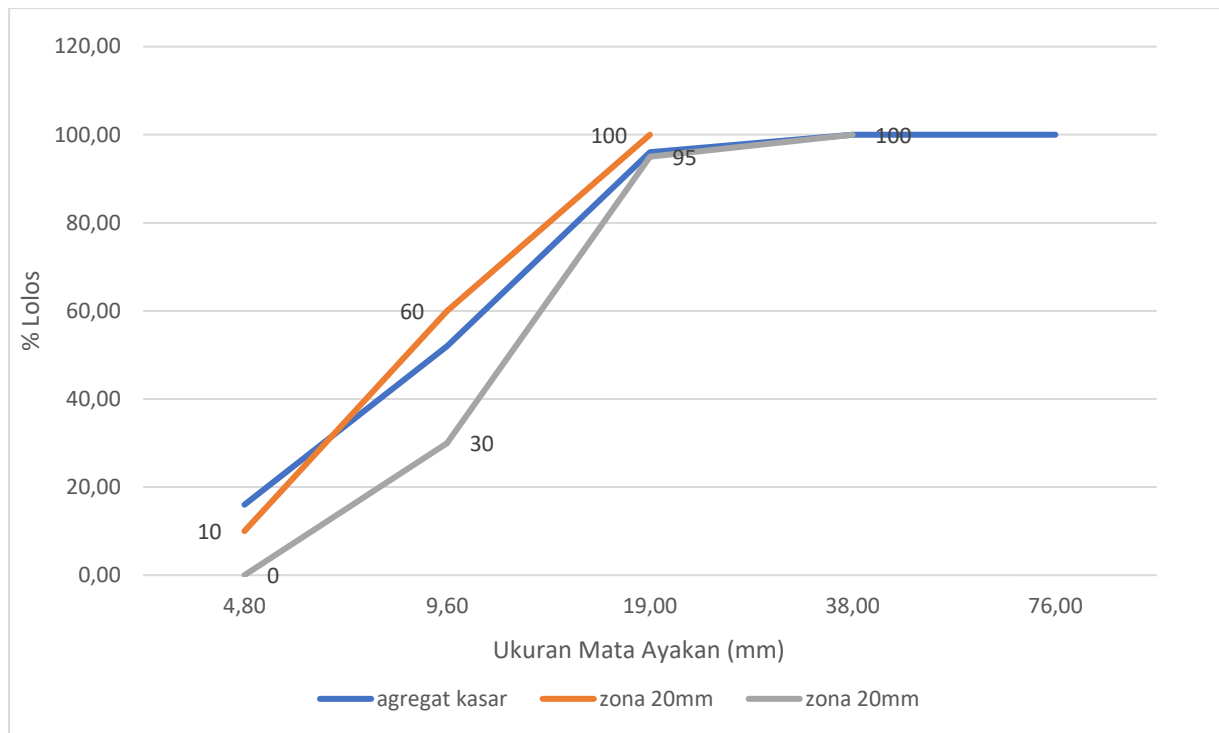
Nomor Contoh		A	B	Rata - Rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Grafity)	Bk/(Bj-Ba)	2,704	2,700	2,702
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (Bulk Specific Grafity Saturated Surface Dry)	Bj/(Bj-Ba)	2,729	2,725	2,727
Berat Jenis Semu Apparent Specific Gravity)	Bk/(Bk-Ba)	2,774	2,769	2,772
Penyerapan (%) (Absorption)	(Bj- Bk)/Bkx100%	0,941	0,925	0,933



Tabel 1.9 Analisis Gradasi Agregat Onyx

Lubang Saringan		ONYX			
		Tertinggal		%Kumulatif	
no	mm	gram	%	Tertinggal	Lolos
3"	76,2	-	-	-	100
2.5"	63,5	-	-	-	100
2"	50,8	-	-	-	100
1.5"	38,1	-	-	-	100
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
0.75"	19,1	400,00	4,00	4,00	96,00
0.375"	9,5	4400,00	44,00	48,00	52,00
4	4,76	3600,00	36,00	84,00	16,00
8	2,38	800,00	8,00	92,00	-
16	1,19	-	-	92,00	-
30	0,59	-	-	92,00	-
50	0,297	-	-	92,00	-
100	0,149	-	-	92,00	-
200	0,075	-	-	92,00	-
Pan		-	-	92,00	-
$\Sigma =$		10000	92,0	596,00	

$$\begin{aligned}
 \text{Modulus halus agregat kasar} &= \frac{\Sigma \% \text{ yang tertahan ayakan no } 3/4" + 3/8" \text{ sampai no } 100}{100} \\
 &= \frac{5,96}{100} \\
 &= 5,96
 \end{aligned}$$



Gambar L 1.3 Grafik Lenkung Ayakan Agregat Onyx

Tabel L 1.10 Pemeriksaan Kadar Air Agregat Onyx

Nomor Talam			A	B
1	Berat Talam + Contoh basah	(gr)	80,4	79,2
2	Berat Talam + Contoh kering	(gr)	79,9	79
3	Berat Air = (1)-(2)	(gr)	0,5	0,2
4	Berat Talam	(gr)	5,7	6,1
5	Berat Contoh Kering = (2)-(4)	(gr)	74,2	72,9
6	Kadar Air = (3)/(5)	(%)	0,0110	0,0072
7	Kadar Air rata-rata	(%)	0,00910	

Tabel L 1.11 Pemeriksaan Berat Isi Agregat Onyx

1	Berat takaran	(gr)	1640	1640
2	Berat takaran + air	(gr)	4800	4800
3	Berat air = (2)-(1)	(gr)	3160	3160
4	Volume air = (3)/(1)	(cc)	3160	3160
	<b>CARA</b>		<b>Shoveled</b>	<b>Rodded</b>
5	Berat Takaran	(gr)	1640	1640
6	Berat takaran + benda uji	(gr)	6000	6320
7	Berat benda uji = (6)-(5)	(gr)	4360	4680
8	Berat isi agregat halus = (7)/(4)	(gr/cc)	1,37	1,48
9	Berat isi agregat kasar rata-rata	(gr/cc)	1,48	

Tabel L. 12 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Onyx

<b>Nomor Contoh</b>			<b>A</b>	<b>B</b>
Berat benda uji kering permukaan jenuh	Bj	(gr)	4953,4	4989,6
Berat benda uji kering oven	Bk	(gr)	4943,2	4966
Berat benda uji dalam air	Ba	(gr)	3047,5	3082

<b>Nomor Contoh</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>Rata - Rata</b>
Berat Jenis Curah	Bk/(Bj-Ba)	2,594	2,603	2,598
(Bulk Specific Grafity)				
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh	Bj/(Bj-Ba)	2,599	2,616	2,607
(Bulk Specific Grafity Saturated Surface Dry)				
Berat Jenis Semu	Bk/(Bk-Ba)	2,608	2,636	2,622
Apparent Spesific Gravity)				
Penyerapan (%)	(Bj-Bk)/Bkx100%	0,206	0,475	0,341
(Absorption)				

Tabel L 1.13 Perencanaan Mix Desain

NO	URAIAN	AGREGAT ONYX		AGREGAT KERIKIL	
1	Kuat tekan yang disyaratkan (2 HR, 5%)	20	Mpa	20	Mpa
2	Deviasi standar	-		-	
3	Nilai Tambah (Margin)	12	Mpa	12	Mpa
4	Kuat tekan rata2 yg ditargetkan	32	Mpa	32	Mpa
5	Jenis Semen	PPC		PPC	
6	Jenis Agregat Kasar	Batu Onyx		Batu pecah	
	Jenis Agregat Halus	Pasir Lumajang		Pasir Lumajang	
7	Faktor Air semen Bebas	0,4		0,4	
8	Faktor air semen Maksimum	0,6		0,6	
9	Slump	60 - 180 mm		60 - 180 mm	
10	Ukuran Agregat Maksimum	20	mm	20	mm
11	Kadar Air Bebas	205	kg/m3	205	kg/m3
12	Jumlah semen	512,5	kg/m3	512,5	kg/m3
13	Jumlah Semen Maksimum	-		-	
14	Jumlah Semen Minimum	275	kg/m3	275	kg/m3
15	FAS yg disesuaikan	-		-	
16	Susunan besar butir agregat halus	Zona 1		Zona 1	
17	Persen agregat halus	0,44		0,44	
18	Berat jenis relatif agregat (SSD)	2,569	kg/m3	2,636	kg/m3
19	Berat isi beton	2310	kg/m3	2360	kg/m3
20	Kadar agregat gabungan	1592,5	kg/m3	1642,5	kg/m3
21	Kadar agregat halus	700,7	kg/m3	722,7	kg/m3
22	Kadar agregat kasar	891,8	kg/m3	919,8	kg/m3

Perencanaan campuran (*Mix design*) bertujuan untuk mengetahui komposisi atau proporsi bahan-bahan penyusun beton. Hal ini dilakukan agar proporsi campuran dapat memenuhi syarat teknis pengujian.

1. Kuat tekan karakteristik yang ditetapkan yaitu 20 Mpa untuk umur 28 hari
2. Deviasi standar diabaikan karena data lapangan tidak tersedia sebelumnya atau data lapangan kurang dari 15 buah maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari  $f_{cr} = f_{cr} + 12$  Mpa
3. Nilai tambah kuat tekan sebesar 12 Mpa sesuai dengan rumus, karena tidak ada data lapangan sebelumnya
4. Kuat tekan target  $f_{cr} = f'_{cr} + 12 = 20 + 12 = 32$  Mpa
5. Jenis semen ditetapkan yaitu PPC (Portland Pozolan Cement)
6. Jenis agregat ditetapkan:
  - Agregat kasar untuk beton normal yaitu : batu pecah malang
  - Agregat kasar untuk beton onyx yaitu : pecahan limbah batu onyx
  - Agregat halus yaitu pasir lumajang
7. Faktor Air Semen bebas ditetapkan yaitu 0,4
8. Faktor air semen maksimum, dalam hal ini ditetapkan 0,6 sesuai tabel 4 pada SNI-03-2834-2000 untuk beton di dalam ruangan keadaan keliling non-korosif.
9. Slump ditetapkan setinggi 60-180 mm
10. Ukuran agregat maksimum ditetapkan yaitu 20 mm (dilihat dari ukuran butiran maksimum pada analisa gradasi ayakan).
11. Kadar air bebas adalah  $205 \text{ kg/m}^3$  dari ( perhitungan  $1/2W_h + 1/3W_k$  )
12. Kadar semen =  $\frac{\text{kadar air bebas}}{\text{faktor air semen bebas}} = \frac{205}{0,4} = 512,5 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen minimum yaitu  $275 \text{ kg/m}^3$  tabel 4 pada SNI-03-2834-2000 untuk beton di dalam ruangan keadaan keliling non-korosif.
14. Susunan butur agregat halus dari hasil analisis ayakan yaitu masuk zona 1
15. Persentase agregat halus (bahan yang lebih halus dari 4,8 mm), ditentukan pada grafik 13-15 atau grafik 14 untuk kelompok butir agregat maksimum 20 mm pada nilai slump 60-180 mm dan nilai faktor air semen bebas 0,4. Nilai yang dapat diambil persen agregat halus sebesar 0.44 (44%)
16. Berat isi relatif agregat, ini adalah berat jenis gabungan, artinya gabunga agregat halus dan kasar. Ditentukan dengan rumus berikut:

$$BJ = (\text{persentase agregat halus}) \times (\text{berat jenis agregat halus}) + (\text{persentase agregat kasar}) \times (\text{berat jenis agregat kasar})$$

$$\begin{aligned} BJ \text{ agregat batu pecah normal} &= (0,44 \times 2,52) + (0,56 \times 2,727) \\ &= 2,636 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BJ \text{ agregat limbah batu onyx} &= (0,44 \times 2,52) + (0,56 \times 2,607) \\ &= 2,569 \end{aligned}$$

17. Berat isi beton, diperoleh dari grafik 16 dengan cara membuat grafik linier baru yang sesuai dengan berat isi relatif gabungan untuk agregat normal yaitu sebesar  $2,636 \text{ kg/m}^3$ . Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini  $205 \text{ kg/cm}^3$ ), menunjukkan berat isi beton yang dicari yaitu  $2360 \text{ kg/m}^3$ .
18. Dan untuk berat isi relatif gabungan untuk agregat limbah batu onyx yaitu sebesar  $2,636 \text{ kg/m}^3$ . Titik potong grafik baru ini sesuai dengan garis tegak lurus yang menunjukkan kadar air bebas (dalam hal ini  $205 \text{ kg/cm}^3$ ), menunjukkan berat isi beton yang dicari yaitu  $2310 \text{ kg/m}^3$ .
19. Kadar agregat gabungan dengan agregat batu pecah normal adalah berat isi beton dikurangi kadar air bebas dikurangi kadar semen =  $2360 - 205 - 512,5 = 1642,5 \text{ kg/m}^3$ .
20. Kadar agregat gabungan dengan agregat limbah batu onyx adalah berat isi beton dikurangi kadar air bebas dikurangi kadar semen =  $2310 - 205 - 512,5 = 1592,5 \text{ kg/m}^3$ .
21. Kadar agregat halus beton normal = persen agregat halus x agregat gabungan  

$$= 44 \% \times 1642,5$$

$$= 722,7 \text{ kg/m}^3$$
22. Kadar agregat halus beton onyx = persen agregat halus x agregat gabungan  

$$= 44 \% \times 1592,5$$

$$= 700,7 \text{ kg/m}^3$$
23. Kadar agregat kasar beton normal = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus  

$$= 1642,5 - 722,7$$

$$= 919,8 \text{ kg/m}^3$$
24. Kadar agregat kasar beton normal = kadar agregat gabungan – kadar agregat halus  

$$= 1592,5 - 700,7$$

$$= 891,8 \text{ kg/m}^3$$

Tabel L 1.14 Kebutuhan Campuran Beton Normal

<b>Banyaknya Bahan</b>	<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Pasir</b>	<b>Kerikil</b>
	<b>( kg )</b>	<b>( kg/lt )</b>	<b>( kg )</b>	<b>( kg )</b>
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205	722,700	919,800
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	72,27	91,98
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	216,52	719,262	911,717
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,65	71,93	91,17
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,40	1,41	1,79
Proporsi (Aktual)	1,00	0,42	1,40	1,78

Tabel L 1.14 Kebutuhan Campuran Beton Onyx

<b>Banyaknya Bahan</b>	<b>Semen</b>	<b>Air</b>	<b>Pasir</b>	<b>Onyx</b>
	<b>( kg )</b>	<b>( kg/lt )</b>	<b>( kg )</b>	<b>( kg )</b>
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Teoritis)	512,50	205	700,700	891,800
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	20,50	70,07	89,18
Tiap m3 dg ketelitian 5kg (Aktual)	512,50	211,29	697,366	888,842
Tiap campuran uji 0,1 m3	51,25	21,13	69,74	88,88
Proporsi (Teoritis) (1/3)	1,00	0,40	1,37	1,74
Proporsi (Aktual)	1,00	0,41	1,36	1,73

**LAMPIRAN 2**  
**DATA PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON**

Tabel L 2.1 Uji Kuat Tekan Beton Normal

No	Kode Beton	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	Berat (kg)	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	N1-S1	16/08/2017	14/09/2017	13,25	176,78	30,80	35,72
2	N1-S2	16/08/2017	14/09/2017	13		25,77	
3	N2-S1	16/08/2017	14/09/2017	13,15		30,91	
4	N3-S1	16/08/2017	14/09/2017	13,25		23,11	
5	N4-S1	16/08/2017	14/09/2017	13		31,78	
6	N5-S1	18/08/2017	18/09/2017	13		40,16	
7	N5-S2	18/08/2017	18/09/2017	13,25		43,68	
8	N6-S1	18/08/2017	18/09/2017	13,65		41,78	
9	N6-S2	18/08/2017	18/09/2017	13,3		30,11	
10	N7-S1	18/08/2017	18/09/2017	13,2		38,77	
11	N7-S2	18/08/2017	18/09/2017	13,15		37,67	
12	N8-S1	18/08/2017	18/09/2017	13,1		37,56	
13	N8-S2	18/08/2017	18/09/2017	13,6		39,87	
14	N9-S1	21/08/2017	19/09/2017	13,25		38,71	
15	N10-S1	21/08/2017	19/09/2017	13,05		41,03	
16	N10-S2	21/08/2017	19/09/2017	13		39,87	



Tabel L 2.2 Uji Kuat Tekan Beton *Onyx*

No	Kode Beton	Tanggal Pengecoran	Tanggal Pengujian	Berat (kg)	Luas (Cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata Total (Mpa)
1	O1-S1	21/08/2017	19/09/2017	12,5	176,78	31,78	32,92
2	O1-S2	21/08/2017	19/09/2017	13,15		37,56	
3	O2-S1	21/08/2017	19/09/2017	13,05		32,94	
4	O2-S1	21/08/2017	19/09/2017	12,9		27,56	
5	O3-S1	23/08/2017	20/09/2017	13,15		35,02	
6	O3-S2	23/08/2017	20/09/2017	13,1		31,20	
7	O4-S1	25/08/2017	22/09/2017	13,35		34,67	
8	O5-S1	25/08/2017	22/09/2017	13,2		32,94	
9	O6-S1	26/08/2017	25/09/2017	12,9		32,36	
10	O6-S2	26/08/2017	25/09/2017	13		32,94	
11	O7-S1	26/08/2017	25/09/2017	12,9		37,27	
12	O7-S2	26/08/2017	25/09/2017	13,05		31,72	
13	O8-S1	26/08/2017	25/09/2017	13,25		33,86	
14	O8-S2	26/08/2017	25/09/2017	13,25		27,79	
15	O9-S1	26/08/2017	25/09/2017	13,2		32,53	
16	O9-S2	26/08/2017	25/09/2017	13		31,49	
17	O10-S1	26/08/2017	25/09/2017	13		32,99	
18	O10-S2	26/08/2017	25/09/2017	13,2		35,88	

**LAMPIRAN 3**  
**DATA PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA**

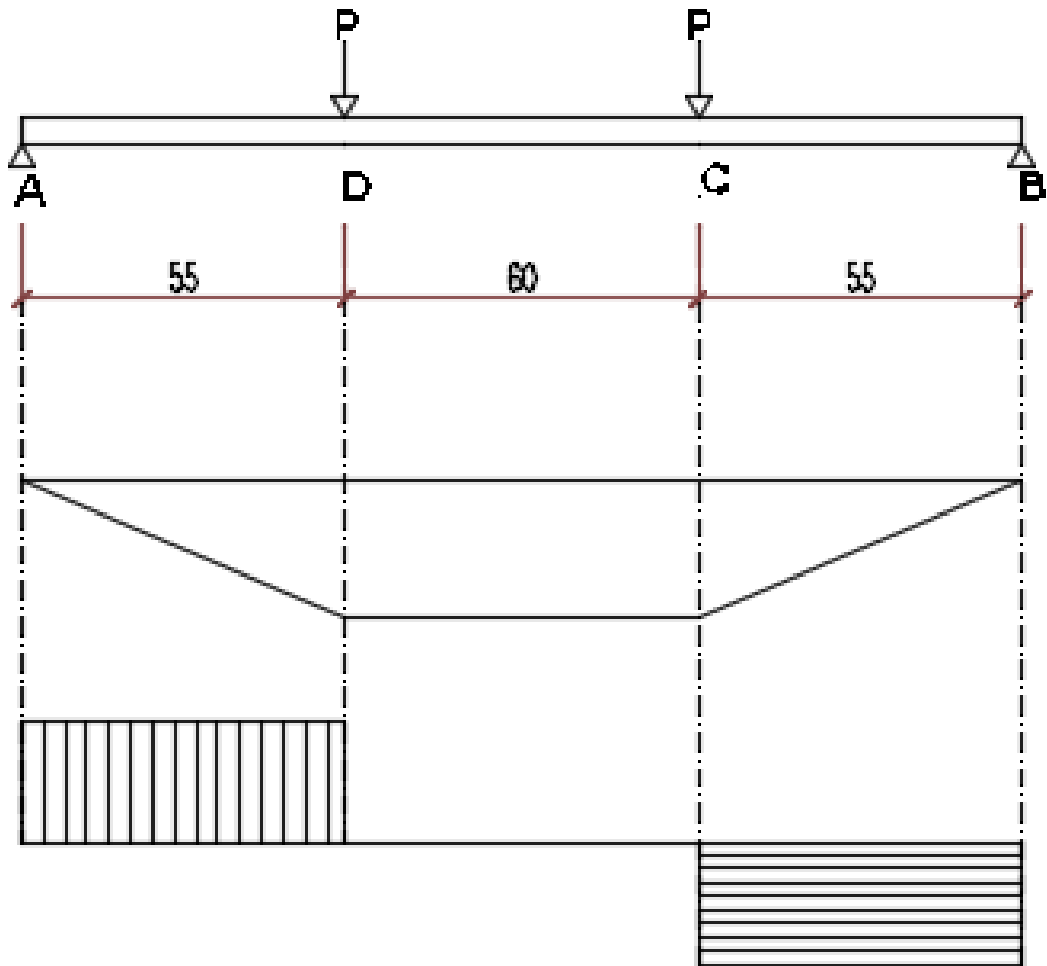
Tabel L 3.1 Pengujian Kuat Tarik Baja Ø8

Nama Pengukuran	Ø 8-1	Ø 8-2	Ø8-3	Ø8-4	Rata - Rata	Satuan
Diameter	7,67	7,69	7,45	7,45	7,565	mm
Panjang Awal	80	80	80	80	80,000	mm
Berat	362	364	342	342	352,500	gr/m
Luas Awal	46,16	46,42	43,61	43,61	44,950	mm <sup>2</sup>
Beban Leleh	17,5	17,6	17,5	17,4	17,500	KN
Pertambahan Panjang Leleh	3,5	3,75	3	3,5	3,438	mm
Beban Putus	19	19,2	19,2	18,8	19,050	KN
Pertambahan Panjang Putus	33,5	32	33	36,75	33,813	mm
Py	17500	17600	17500	17400	17500	N
εy	4,375	4,688	3,750	4,375	4,297	%
fy	379,116	379,147	401,284	398,991	389,635	MPa
Pu	19000	19200	19200	18800	19050	N
εu	41,875	40,000	41,250	45,938	42,266	%
fu	411,612	413,615	440,266	431,094	424,147	MPa

Tabel L 3.2 Pengujian Kuat Tarik Baja Ø12

Nama Pengukuran	Ø12-1	Ø12-2	Ø12-3	Ø12-4	Rata - Rata	Satuan
Diameter	11,770	11,790	11,840	11,830	11,808	mm
Panjang Awal	120,000	120,000	120,000	120,000	120,000	mm
Berat	853,330	855,830	863,330	861,600	858,523	gr/m
Luas Awal	108,847	109,140	110,100	109,890	109,494	mm <sup>2</sup>
Beban Leleh	36,700	37,000	37,300	37,200	37,050	KN
Pertambahan Panjang Leleh	7,000	5,000	6,000	6,000	6,000	mm
Beban Putus	38,500	39,000	39,200	39,300	39,000	KN
Pertambahan Panjang Putus	53,000	50,000	56,000	47,000	51,500	mm
Py	36700	37000	37300	37200	37050	N
εy	5,833	4,167	5,000	5,000	5,000	%
fy	337,170	339,014	338,783	338,520	338,372	MPa
Pu	38500	39000	39200	39300	39000	N
εu	44,167	41,667	46,667	39,167	42,917	%
fu	353,707	357,339	356,040	357,630	356,179	MPa

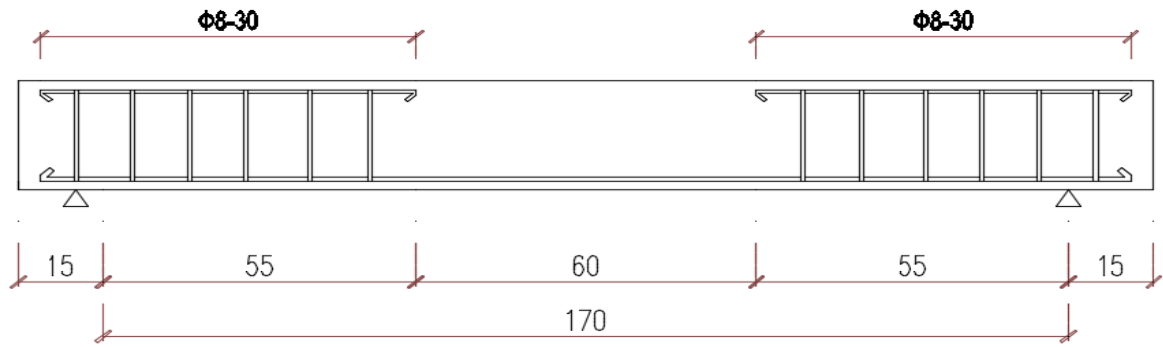
**LAMPIRAN 4**  
**ANALISIS BALOK**



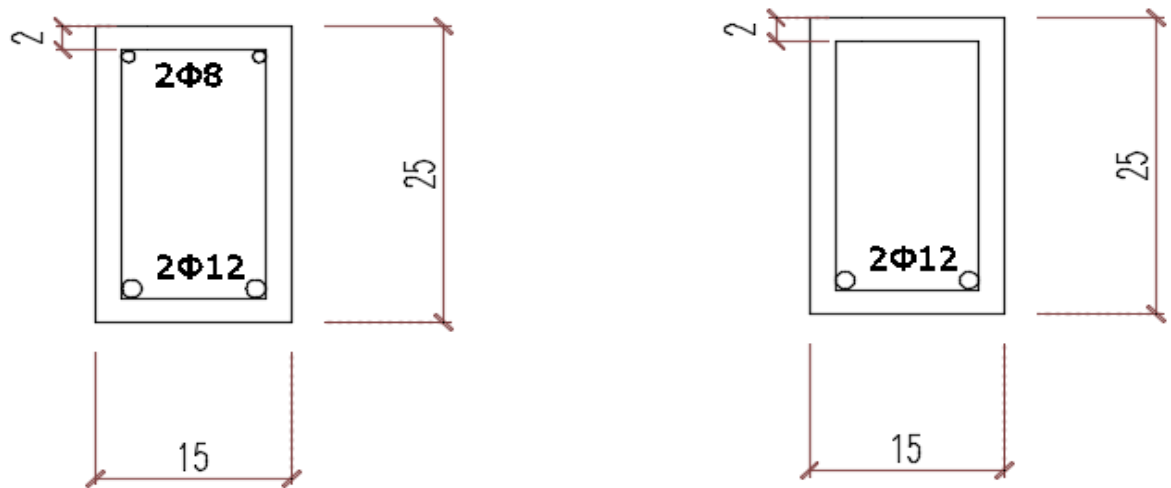
*Gambar 4.1* Bidang Momen dan Bidang Gaya Normal

$$\begin{aligned} \Sigma MA &= 0 \\ &= + 55 P - 170 P + RB \times 170 \\ RB &= P \\ &= RA \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= MD \\ &= RA \times 55 \\ &= 55 P \end{aligned}$$

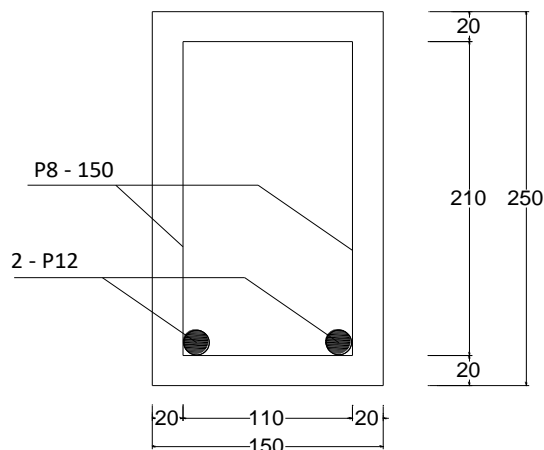


Gambar 4.2 Penulangan Balok



Gambar 4.3 Potongan Balok ujung bentang dan tengah bentang

## Perencanaan Balok



Gambar 4.4 Penampang melintang balok

**Data Perencanaan**

$$f'_c = 32 \text{ MPa}$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Bentang Balok (L)} = 2000 \text{ mm}$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan utama} = \phi 12$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = \phi 8$$

$$d = h - (d' + \text{tulangan}) = 250 - (150 + 80 + 60) = 216 \text{ mm}$$

$$P \text{ (beban)} = 2000 \text{ kg}$$

Maka,

$$\text{Mu Lapangan} = 2000 * 0,55 = 1100 \text{ kgm}$$

$$V_u = P = 2000 \text{ kg}$$

**Penulangan Lapangan**

$$\text{Mu Lapangan} = 2000 * 0,55 = 1100 \text{ kgm}$$

Diasumsikan terkontrol tarik  $\phi = 0,9$  (SNI 2847 : 2013)

$$A_s - \phi 12 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,0058$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left( 0,85 \frac{f'_c}{f_y} \beta_1 \frac{600}{f_y + 600} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \left( 0,85 \frac{32}{240} 0,85 \frac{600}{240 + 600} \right) = 0,0516$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{1100}{0,9} = 1222,222 \text{ kgm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{1222,222 \times 10^4}{150 \cdot 216^2} = 1,7464 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{240}{0,85 \times 32} = 8,824$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{8,824} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 8,824 \times 1,7464}{240}} \right)$$

$$\rho = 0,0075$$

$$0,0058 < 0,0075 < 0,0516 \rightarrow \rho_{min} < \rho < \rho_{maks} \text{ (digunakan } \rho = 0,0075)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0075 \times 150 \times 216 = 243,866 \text{ mm}^2$$

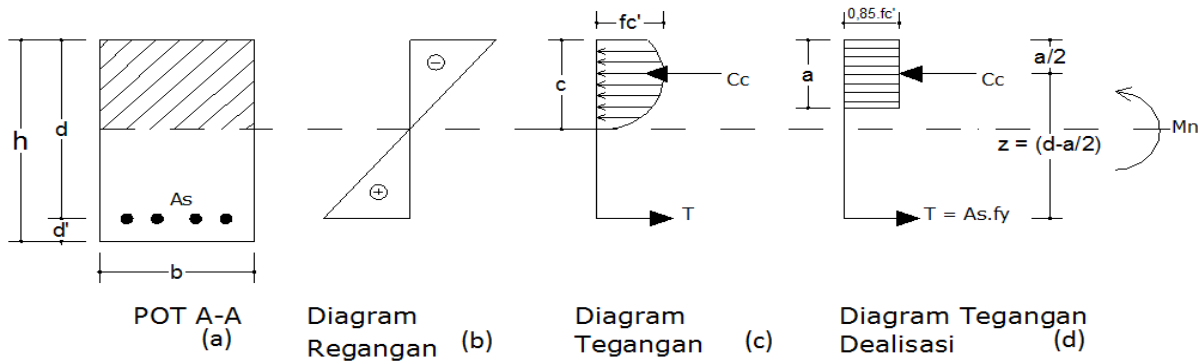
$$\text{Syarat Luas tulangan} = \frac{1,4 b_w \cdot d}{f_y} \leq A_s \text{ min} \leq A_s$$

$$\frac{1,4 b_w \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 150 \cdot 216}{240} = 189 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_w \cdot d = \frac{0,25 \sqrt{32}}{240} 150 \cdot 216 = 190,919 \text{ mm}^2$$

$$\text{Karena } \frac{1,4 b_w \cdot d}{f_y} \leq A_s \text{ min} \leq A_s \text{ maka digunakan } A_s = 226 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan 2-  $\phi 12$



Gambar 4.5 Diagram Tegangan Regangan Balok

### Kontrol

#### a. Keseimbangan Gaya

$$\begin{aligned}
 C &= T \\
 C_c &= T \\
 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b &= A_s \cdot f_y \\
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} \\
 &= \frac{226 \cdot 240}{0,85 \cdot 32 \cdot 150} \\
 &= 13,294 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Letak Garis Netral

$$\begin{aligned}
 f_c &= 32 \text{ Mpa} \\
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \cdot ((f_c - 28) / 7) \\
 &= 0,82 \\
 c &= a / \beta_1 = 13,294 / 0,82 \\
 &= 16,184 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### b. Regangan Baja

$$\begin{aligned}
 e_s &= e_c \cdot \frac{d - c}{c} \\
 &= 0,003 \cdot \frac{216 - 16,184}{16,184} \\
 &= 0,0370 > 0,005 \quad (\text{Tulangan terkontrol tarik, sesuai asumsi awal})
 \end{aligned}$$

### Penulangan Geser Balok

#### a. Gaya geser tumpuan

$$\begin{aligned}
 V_u &= P \\
 &= 2000 \quad \text{Kg}
 \end{aligned}$$



b. Gaya geser yang disumbangkan beton

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 30547,0213 \text{ N} \\ &= 3054,70213 \text{ kg} \end{aligned}$$

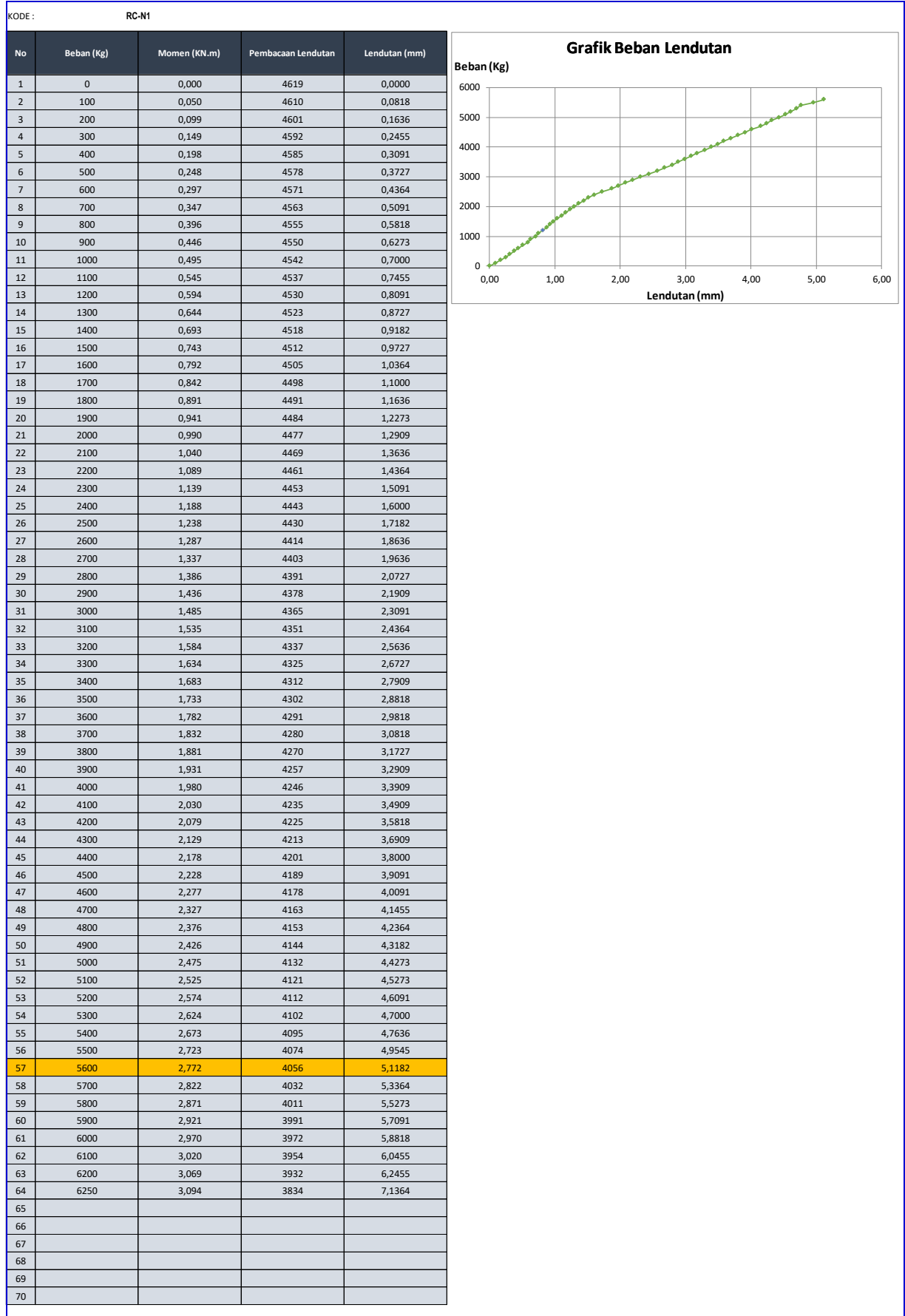
c. Syarat perlu tidaknya sengkang

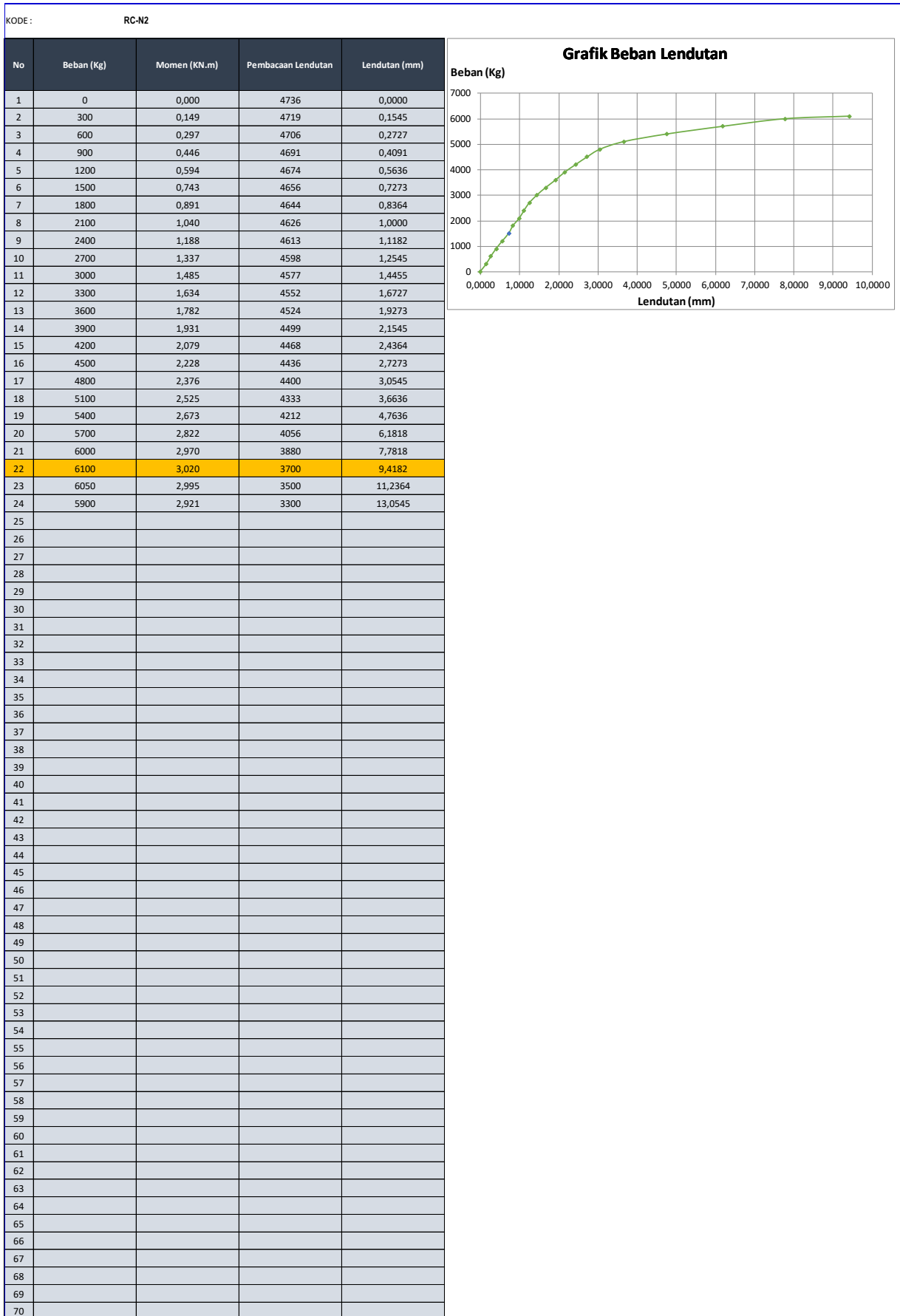
$$\begin{aligned} V_c &= 3054,70213 \text{ kg} \\ V_u &= 2000 \text{ kg} > \Phi V_c = 2291,026 \text{ kg} \end{aligned}$$

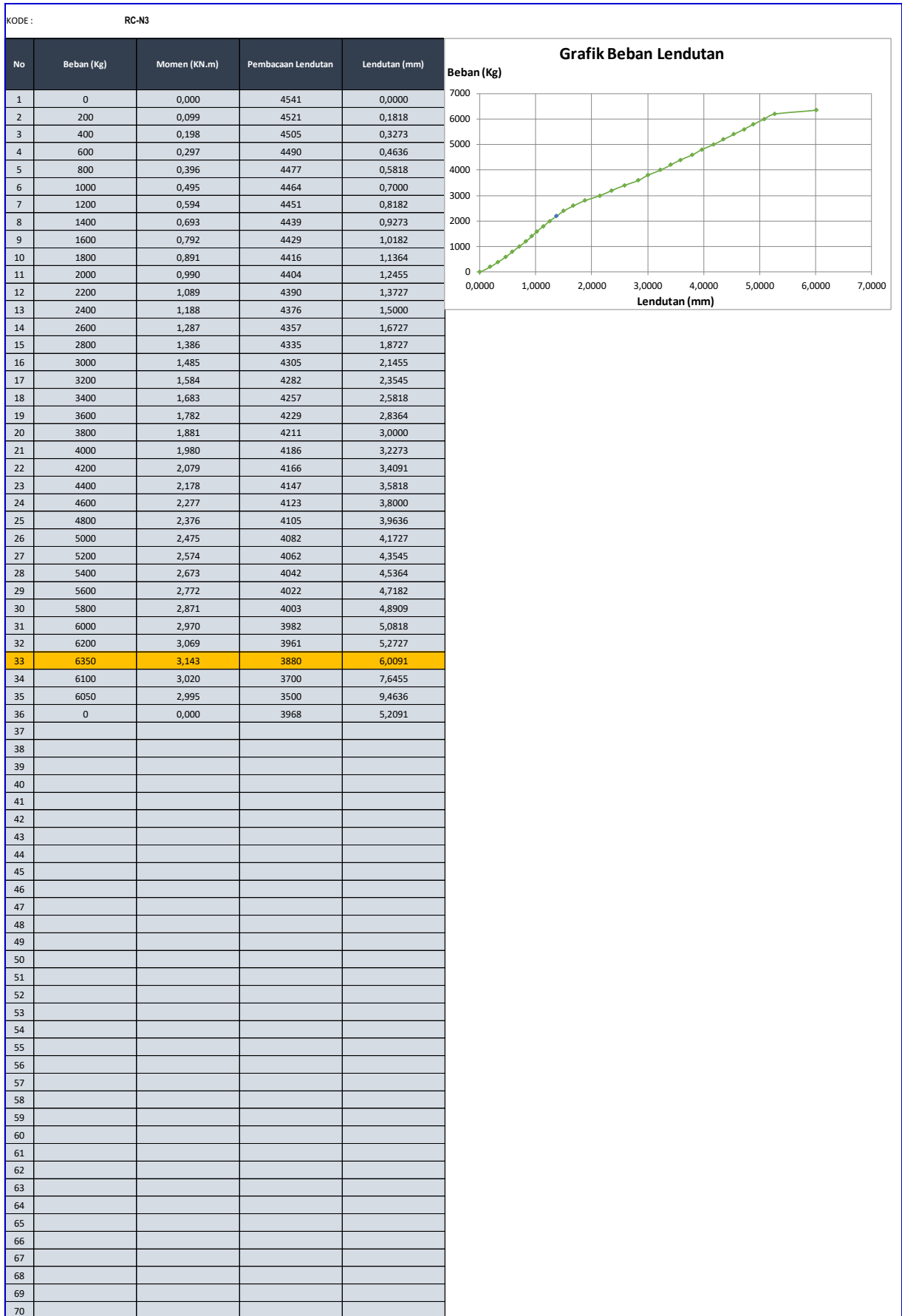
∴ Maka tidak diperlukan tulangan geser, dipakai sengkang praktis  $\emptyset$  8-300

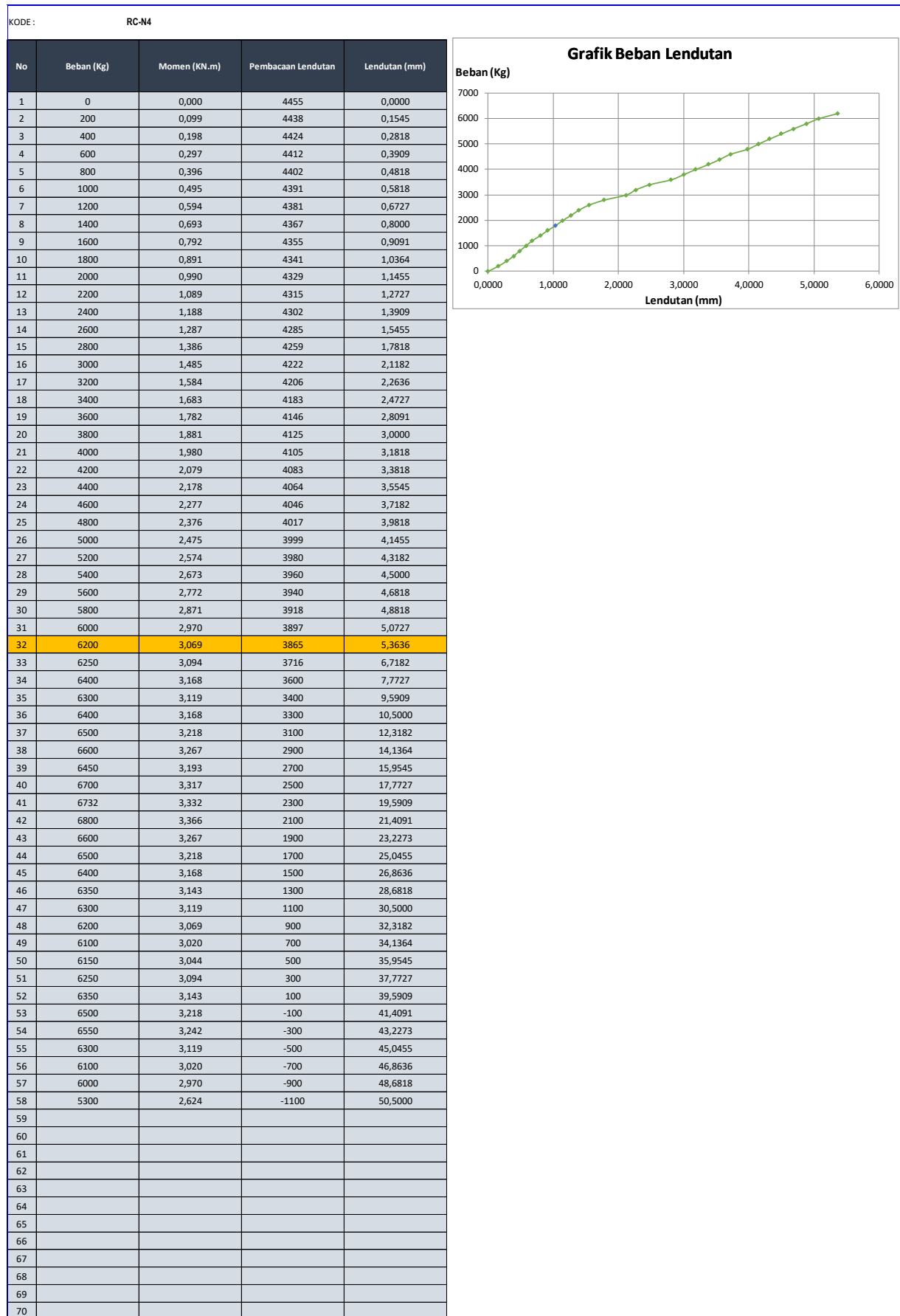
**LAMPIRAN 5**

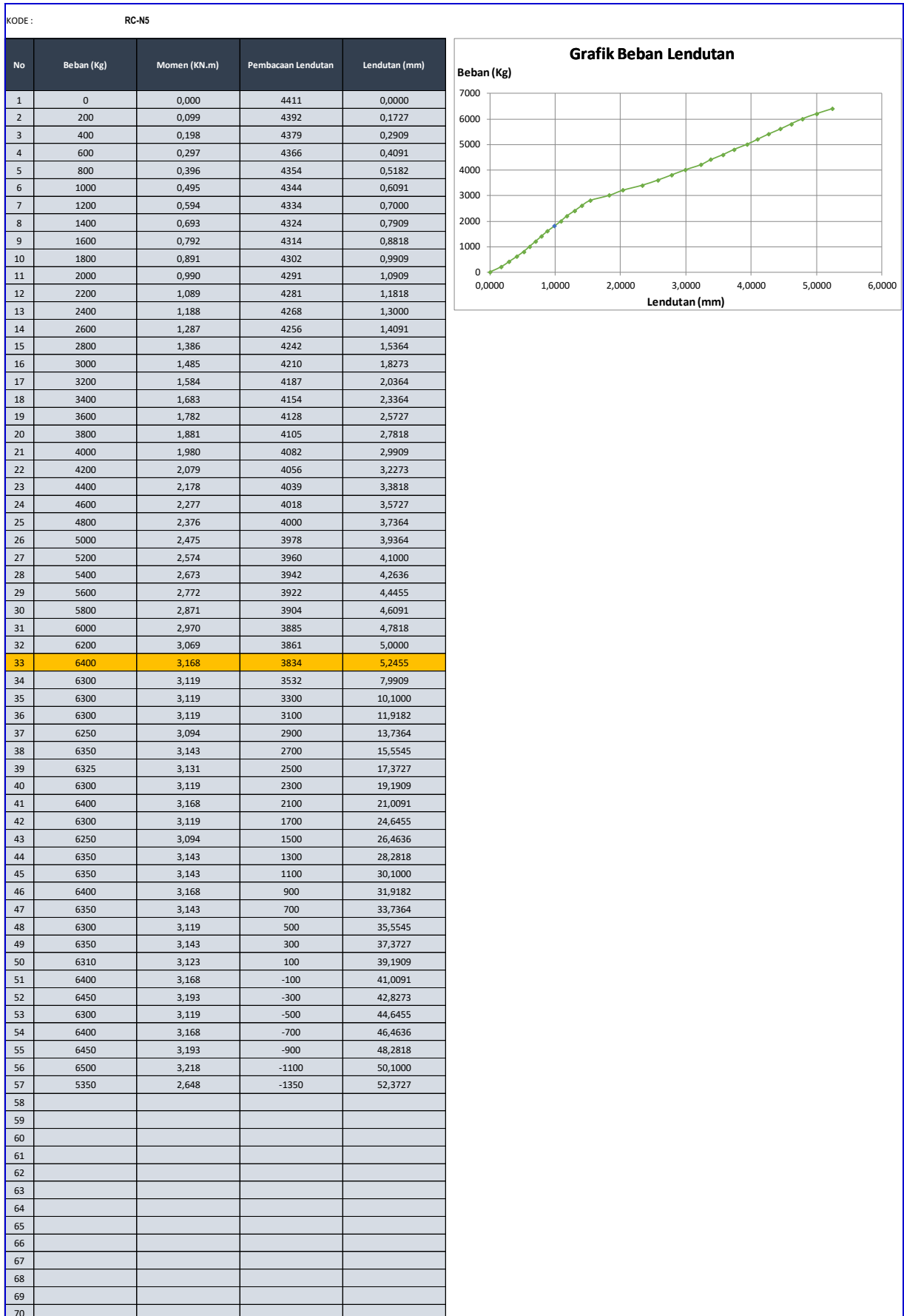
**LENDUTAN BALOK BETON BERTULANG NORMAL DAN *ONYX***

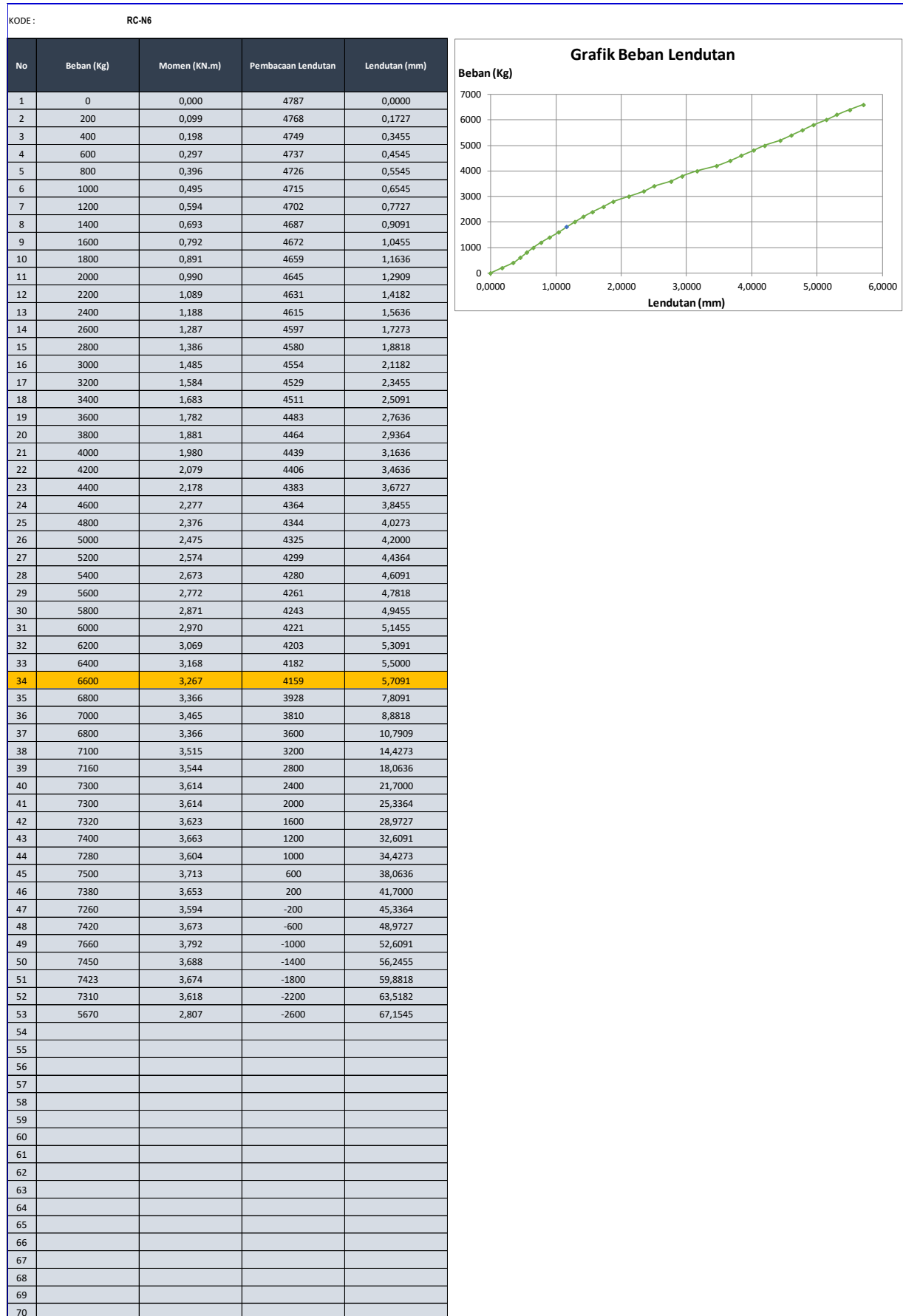




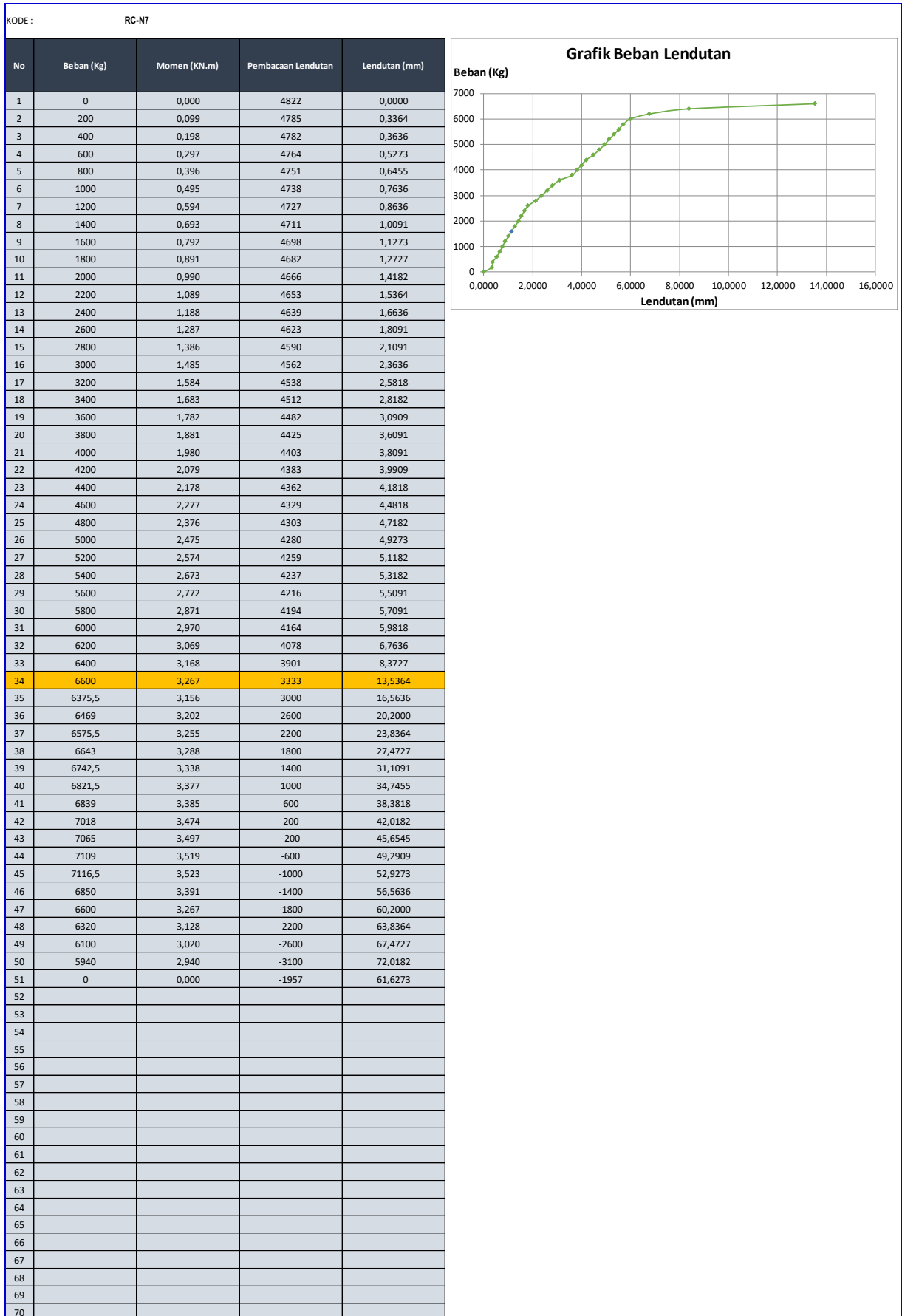


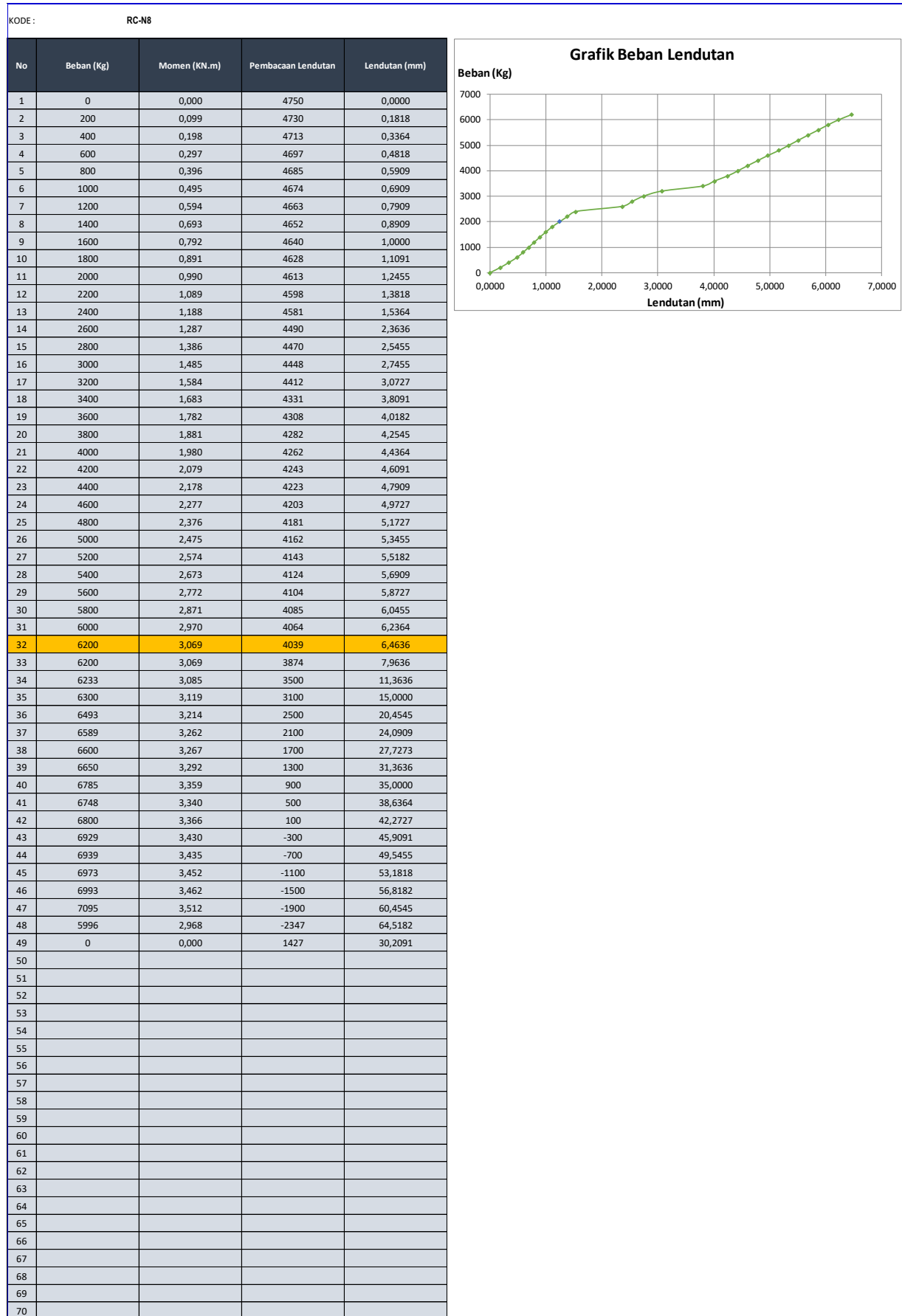


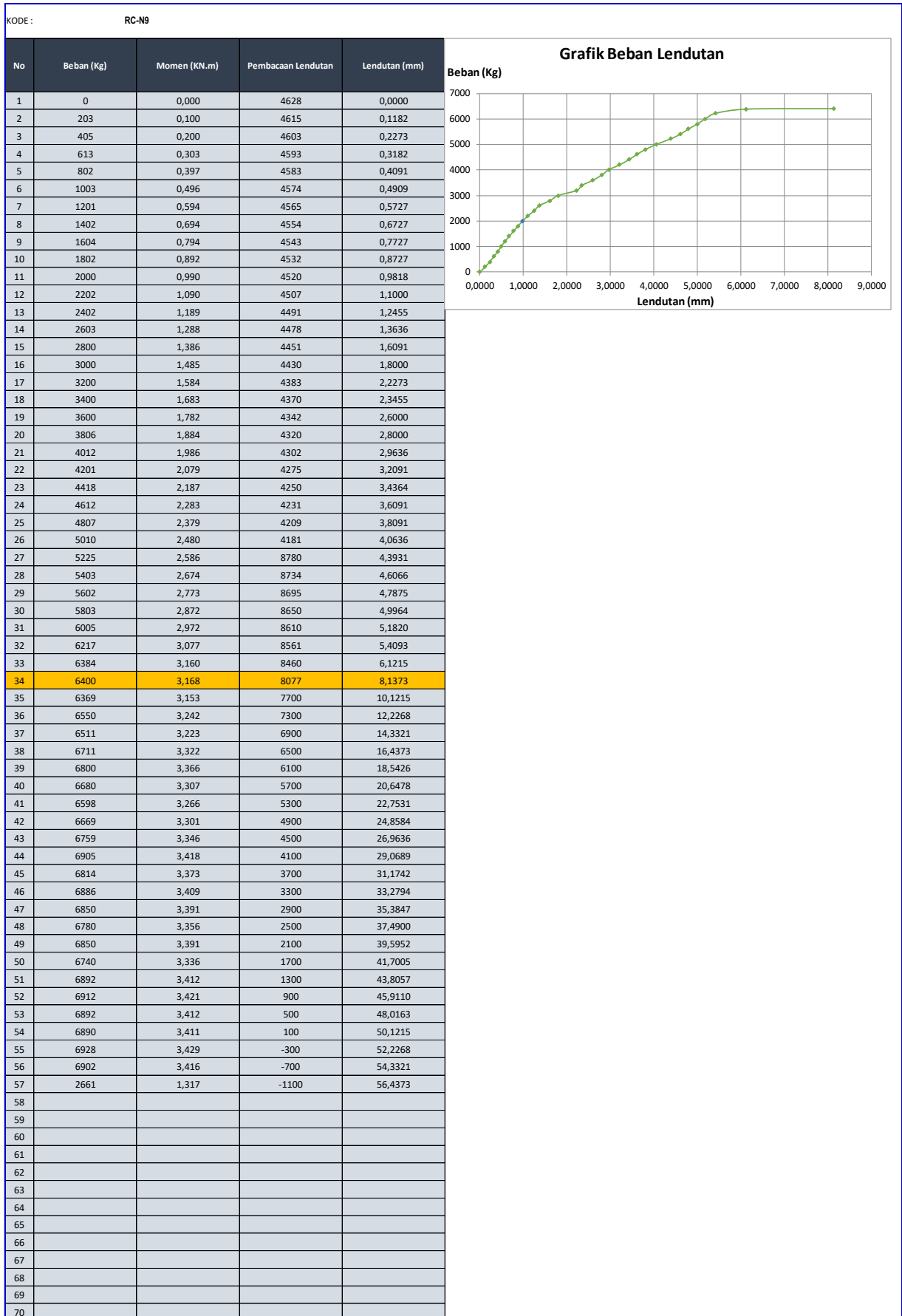




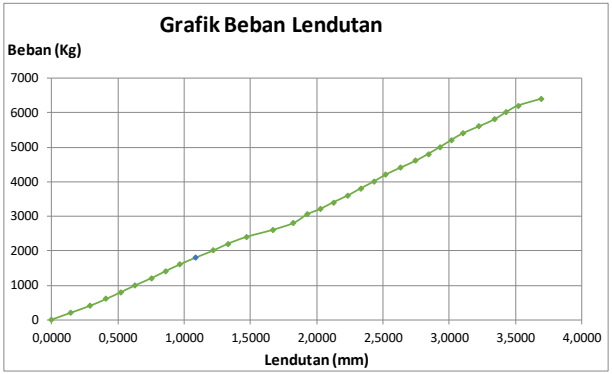


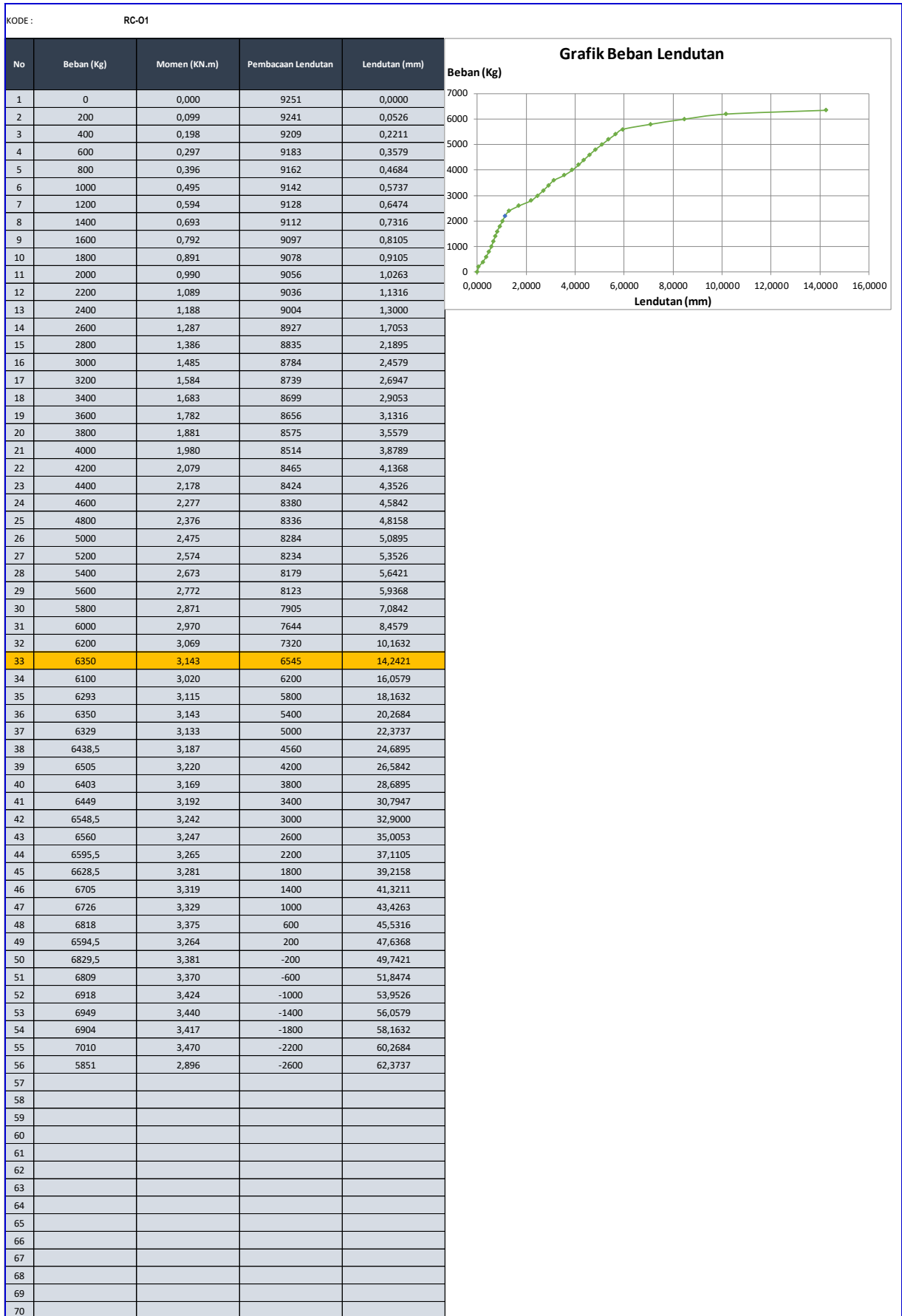


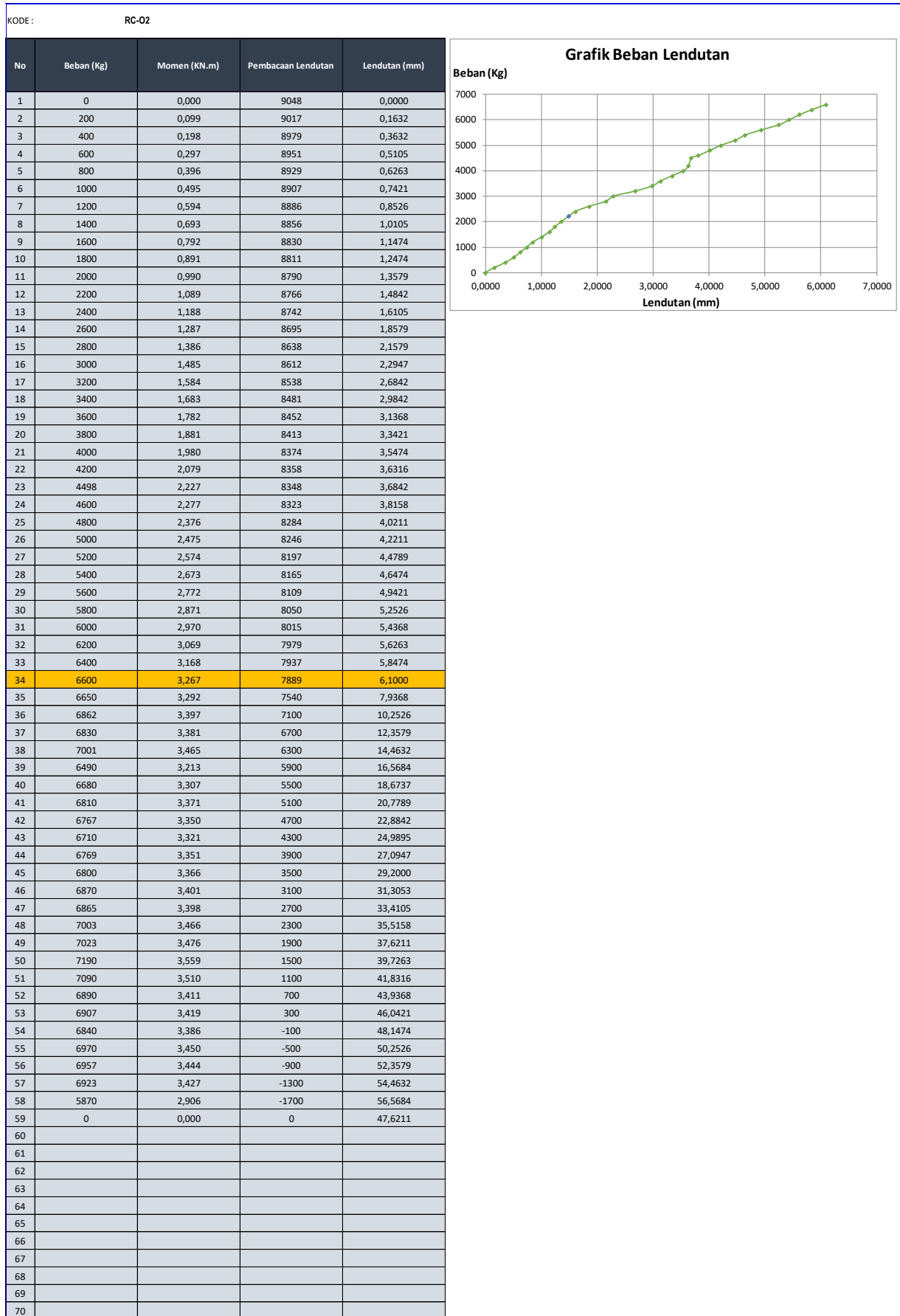


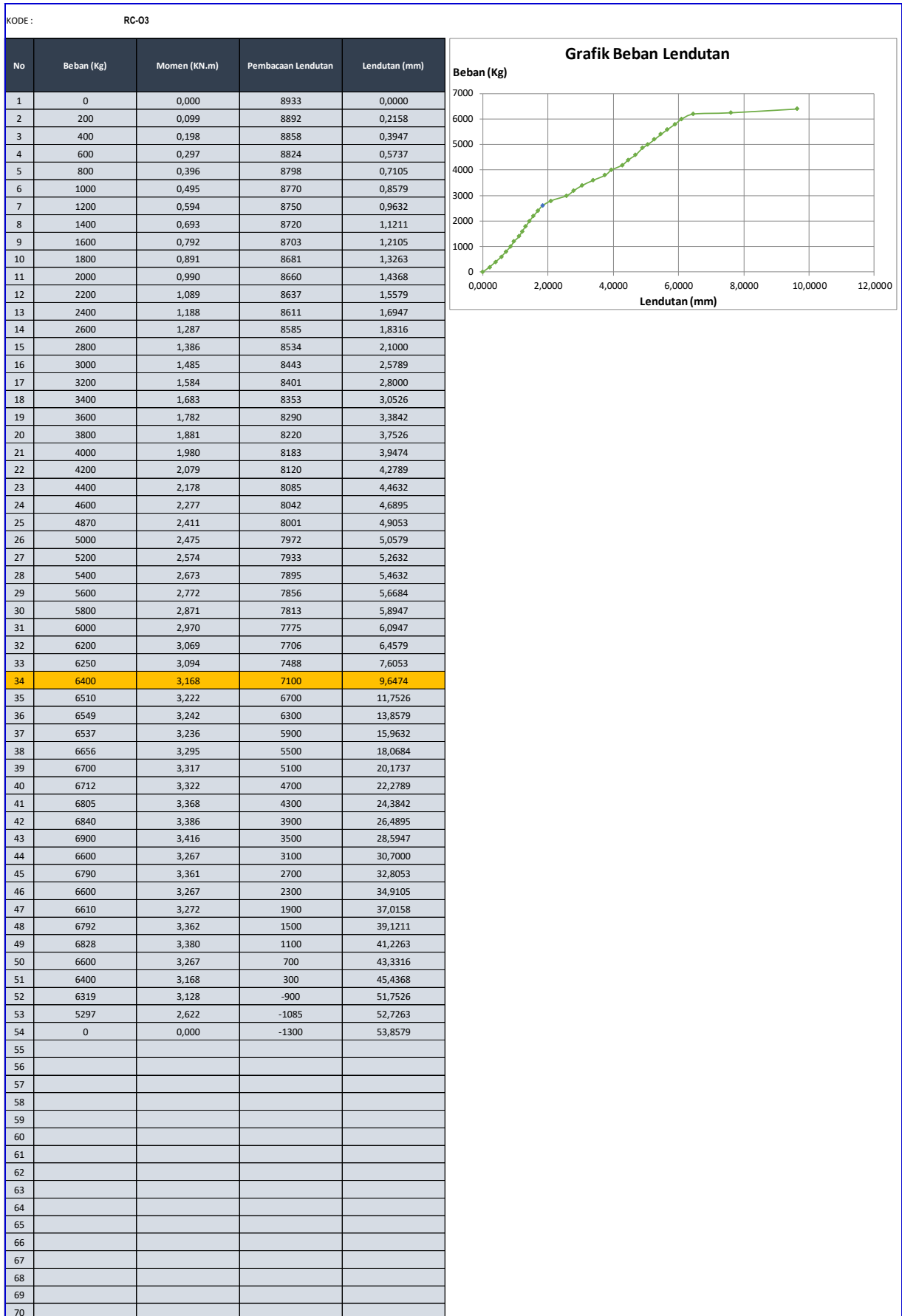


KODE : RC-N10				
No	Beban (Kg)	Momen (KN.m)	Pembacaan Lendutan	Lendutan (mm)
1	0	0,000	9491	0,0000
2	196	0,097	9464	0,1421
3	400	0,198	9436	0,2895
4	597	0,296	9413	0,4105
5	793	0,393	9392	0,5211
6	995	0,493	9371	0,6316
7	1200	0,594	9348	0,7526
8	1400	0,693	9328	0,8579
9	1600	0,792	9307	0,9684
10	1800	0,891	9284	1,0895
11	2002	0,991	9259	1,2211
12	2200	1,089	9238	1,3316
13	2400	1,188	9211	1,4737
14	2600	1,287	9174	1,6684
15	2800	1,386	9144	1,8263
16	3054	1,512	9124	1,9316
17	3204	1,586	9106	2,0263
18	3400	1,683	9087	2,1263
19	3600	1,782	9066	2,2368
20	3800	1,881	9048	2,3316
21	4000	1,980	9029	2,4316
22	4200	2,079	9012	2,5211
23	4400	2,178	8991	2,6316
24	4600	2,277	8969	2,7474
25	4800	2,376	8951	2,8421
26	5000	2,475	8934	2,9316
27	5200	2,574	8918	3,0158
28	5400	2,673	8901	3,1053
29	5600	2,772	8878	3,2263
30	5800	2,871	8856	3,3421
31	6000	2,970	8840	3,4263
32	6200	3,069	8822	3,5211
33	6400	3,168	8789	3,6947
34	6589	3,262	8577	4,8105
35	6420	3,178	8200	6,7947
36	6460	3,198	7800	8,9000
37	6560	3,247	7400	11,0053
38	6680	3,307	7000	13,1105
39	6646	3,290	6560	15,4263
40	6660	3,297	6200	17,3211
41	6710	3,321	5800	19,4263
42	6680	3,307	5400	21,5316
43	6665	3,299	5000	23,6368
44	6690	3,312	4600	25,7421
45	6930	3,430	4200	27,8474
46	7007	3,468	3800	29,9526
47	7003	3,466	3400	32,0579
48	7080	3,505	3000	34,1632
49	7006	3,468	2600	36,2684
50	7190	3,559	2200	38,3737
51	7200	3,564	1800	40,4789
52	7170	3,549	1400	42,5842
53	7238	3,583	1000	44,6895
54	7295	3,611	600	46,7947
55	7385	3,656	200	48,9000
56	7454	3,690	-200	51,0053
57	7512	3,718	-600	53,1105
58	7568	3,746	-1000	55,2158
59	7452	3,689	-1400	57,3211
60	7502	3,713	-1800	59,4263
61	7592	3,758	-2200	61,5316
62	7572	3,748	-2600	63,6368
63	7510	3,717	-3000	65,7421
64	7660	3,792	-3400	67,8474
65	7660	3,792	-3800	69,9526
66	6200	3,069	-4000	71,0053
67	0	0,000	-1814	59,5000
68				
69				
70				

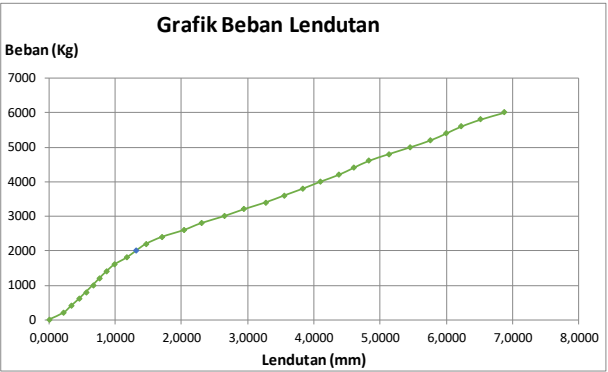




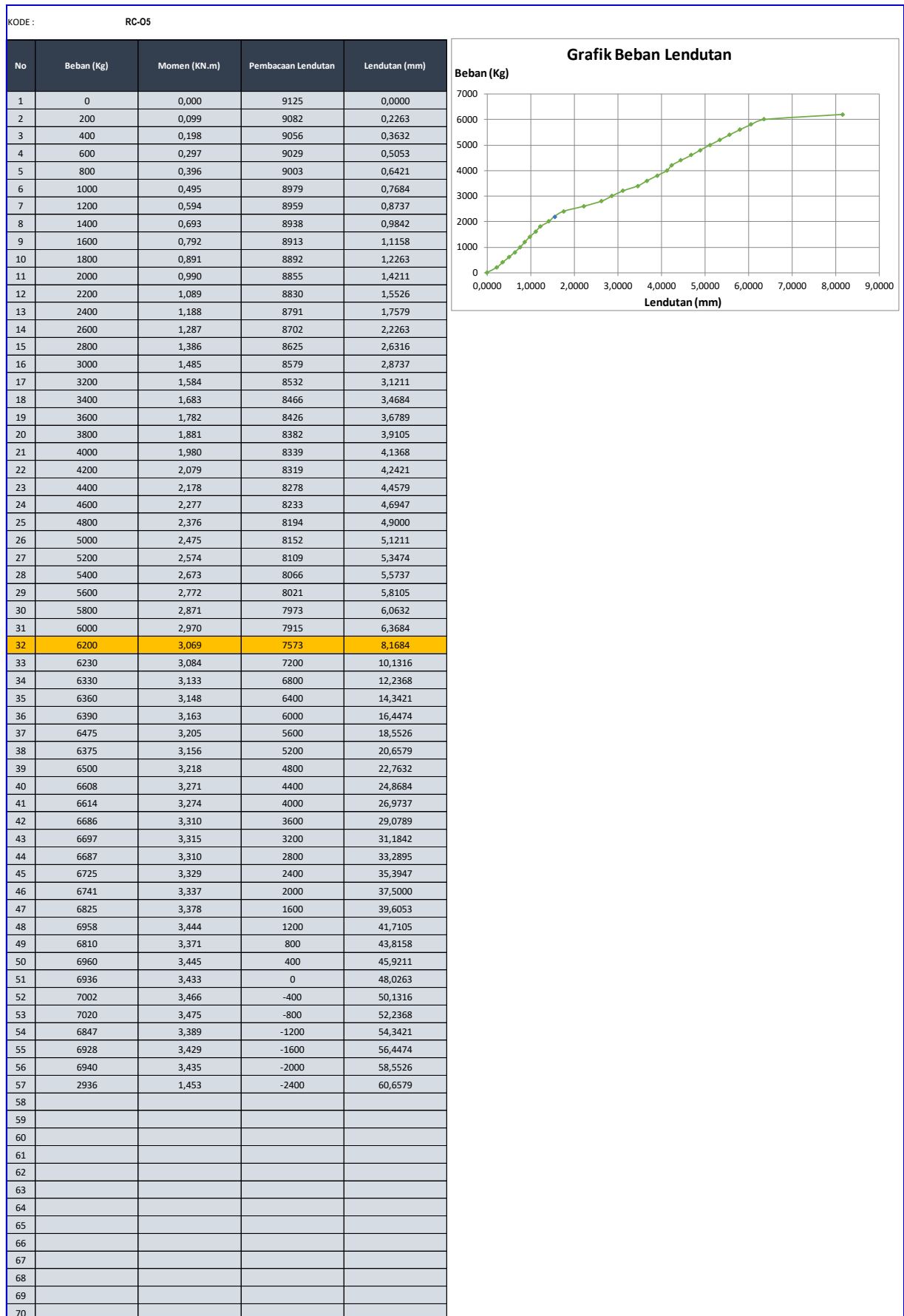




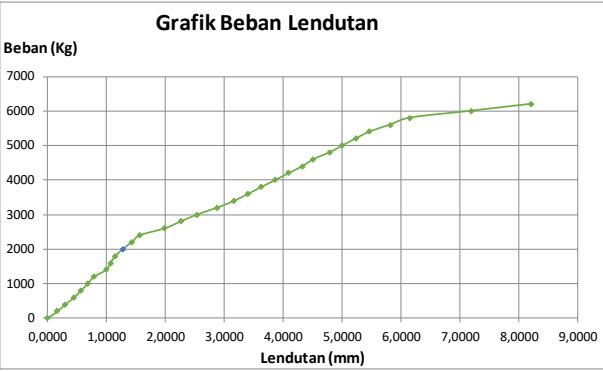
KODE :		RC-04		
No	Beban (Kg)	Momen (KN.m)	Pembacaan Lendutan	Lendutan (mm)
1	0	0,000	9441	0,0000
2	200	0,099	9399	0,2211
3	400	0,198	9377	0,3368
4	600	0,297	9355	0,4526
5	800	0,396	9335	0,5579
6	1000	0,495	9315	0,6632
7	1200	0,594	9296	0,7632
8	1400	0,693	9276	0,8684
9	1600	0,792	9253	0,9895
10	1800	0,891	9218	1,1737
11	2000	0,990	9191	1,3158
12	2200	1,089	9162	1,4684
13	2400	1,188	9117	1,7053
14	2600	1,287	9054	2,0368
15	2800	1,386	9004	2,3000
16	3000	1,485	8939	2,6421
17	3200	1,584	8883	2,9368
18	3400	1,683	8820	3,2684
19	3600	1,782	8767	3,5474
20	3800	1,881	8713	3,8316
21	4000	1,980	8663	4,0947
22	4200	2,079	8610	4,3737
23	4400	2,178	8568	4,5947
24	4600	2,277	8525	4,8211
25	4800	2,376	8467	5,1263
26	5000	2,475	8405	5,4526
27	5200	2,574	8347	5,7579
28	5400	2,673	8302	5,9947
29	5600	2,772	8259	6,2211
30	5800	2,871	8204	6,5105
31	6000	2,970	8136	6,8684
32	6200	3,069	7224	11,6684
33	6250	3,094	6800	13,9000
34	6190	3,064	6400	16,0053
35	6308	3,122	6000	18,1105
36	6370	3,153	5600	20,2158
37	6420	3,178	5200	22,3211
38	6517	3,226	4800	24,4263
39	6520	3,227	4400	26,5316
40	6550	3,242	4000	28,6368
41	6570	3,252	3600	30,7421
42	6613	3,273	3200	32,8474
43	6780	3,356	2800	34,9526
44	6790	3,361	2400	37,0579
45	6800	3,366	2000	39,1632
46	6843	3,387	1600	41,2684
47	6901	3,416	1200	43,3737
48	6879	3,405	800	45,4789
49	6924	3,427	400	47,5842
50	6970	3,450	0	49,6895
51	6980	3,455	-400	51,7947
52	7094	3,512	-800	53,9000
53	7089	3,509	-1200	56,0053
54	7105	3,517	-1600	58,1105
55	5730	2,836	-1832	59,3316
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				

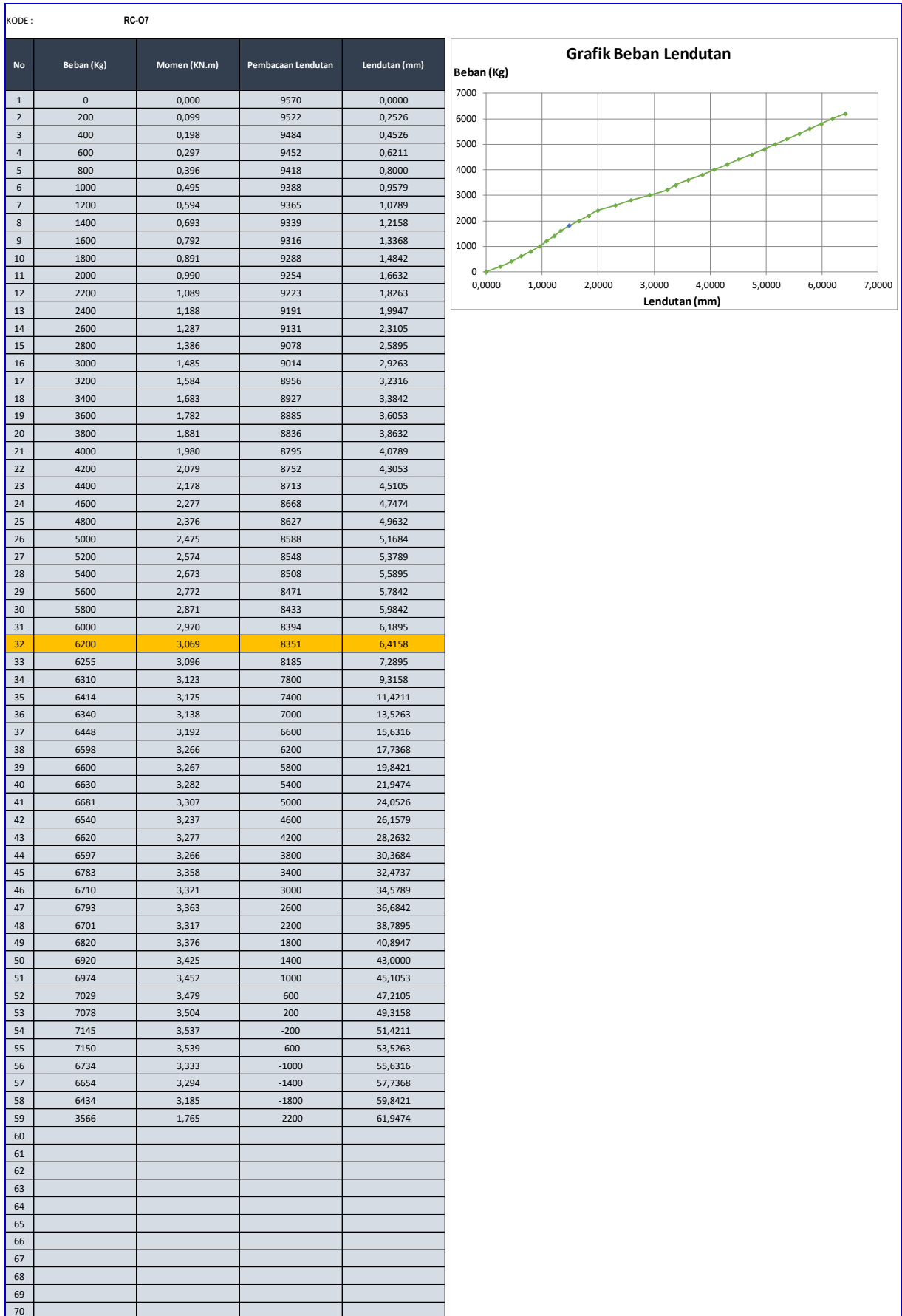


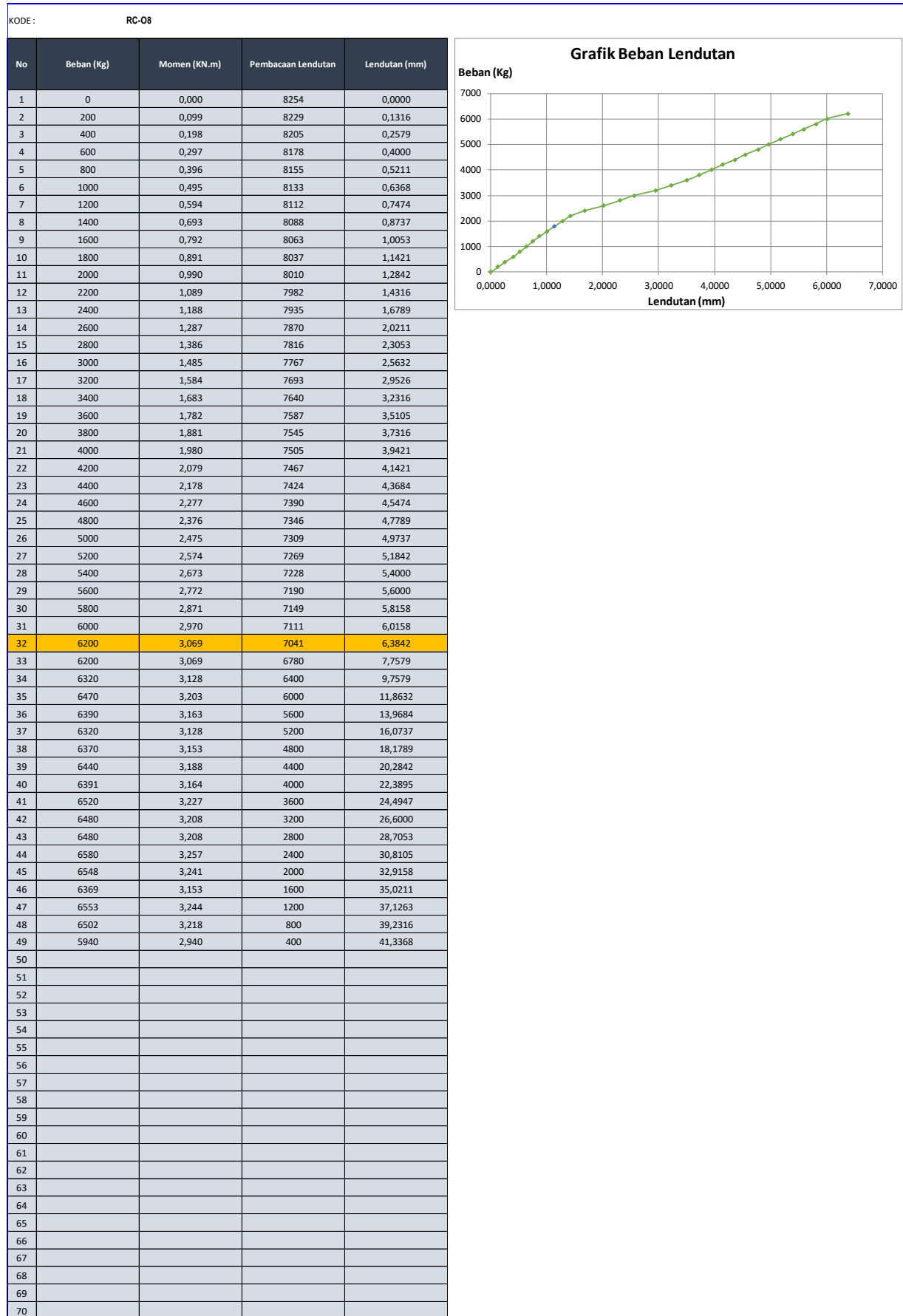




KODE :		RC-06		
No	Beban (Kg)	Momen (KN.m)	Pembacaan Lendutan	Lendutan (mm)
1	0	0,000	8667	0,0000
2	200	0,099	8636	0,1632
3	400	0,198	8610	0,3000
4	600	0,297	8582	0,4474
5	800	0,396	8560	0,5632
6	1000	0,495	8538	0,6789
7	1200	0,594	8518	0,7842
8	1400	0,693	8479	0,9895
9	1600	0,792	8465	1,0632
10	1800	0,891	8449	1,1474
11	2000	0,990	8425	1,2737
12	2200	1,089	8396	1,4263
13	2400	1,188	8370	1,5632
14	2600	1,287	8290	1,9842
15	2800	1,386	8238	2,2579
16	3000	1,485	8185	2,5368
17	3200	1,584	8120	2,8789
18	3400	1,683	8065	3,1684
19	3600	1,782	8020	3,4053
20	3800	1,881	7977	3,6316
21	4000	1,980	7932	3,8684
22	4200	2,079	7889	4,0947
23	4400	2,178	7845	4,3263
24	4600	2,277	7810	4,5105
25	4800	2,376	7757	4,7895
26	5000	2,475	7716	5,0053
27	5200	2,574	7673	5,2316
28	5400	2,673	7628	5,4684
29	5600	2,772	7562	5,8158
30	5800	2,871	7499	6,1474
31	6000	2,970	7300	7,1947
32	6200	3,069	7107	8,2105
33	6358	3,147	6700	10,3526
34	6405	3,170	6300	12,4579
35	6423	3,179	5900	14,5632
36	6584	3,259	5500	16,6684
37	6576	3,255	5100	18,7737
38	6592	3,263	4700	20,8789
39	6643	3,288	4300	22,9842
40	6743	3,338	3900	25,0895
41	6810	3,371	3500	27,1947
42	6849	3,390	3100	29,3000
43	6800	3,366	2700	31,4053
44	6898	3,415	2300	33,5105
45	6876	3,404	1900	35,6158
46	7001	3,465	1500	37,7211
47	7010	3,470	1100	39,8263
48	7014	3,472	700	41,9316
49	7163	3,546	300	44,0368
50	7125	3,527	-100	46,1421
51	7241	3,584	-500	48,2474
52	7153	3,541	-900	50,3526
53	7301	3,614	-1300	52,4579
54	7350	3,638	-1700	54,5632
55	7367	3,647	-2100	56,6684
56	3254	1,611	-2500	58,7737
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				

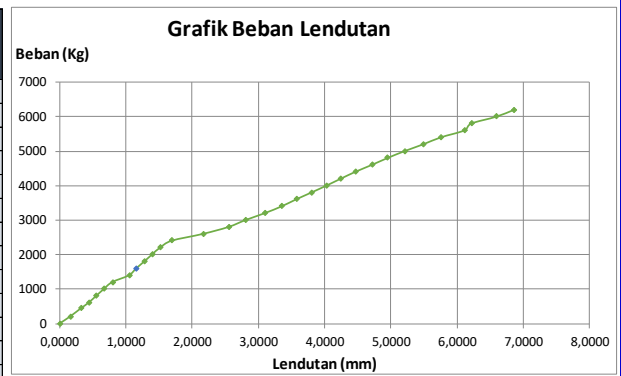


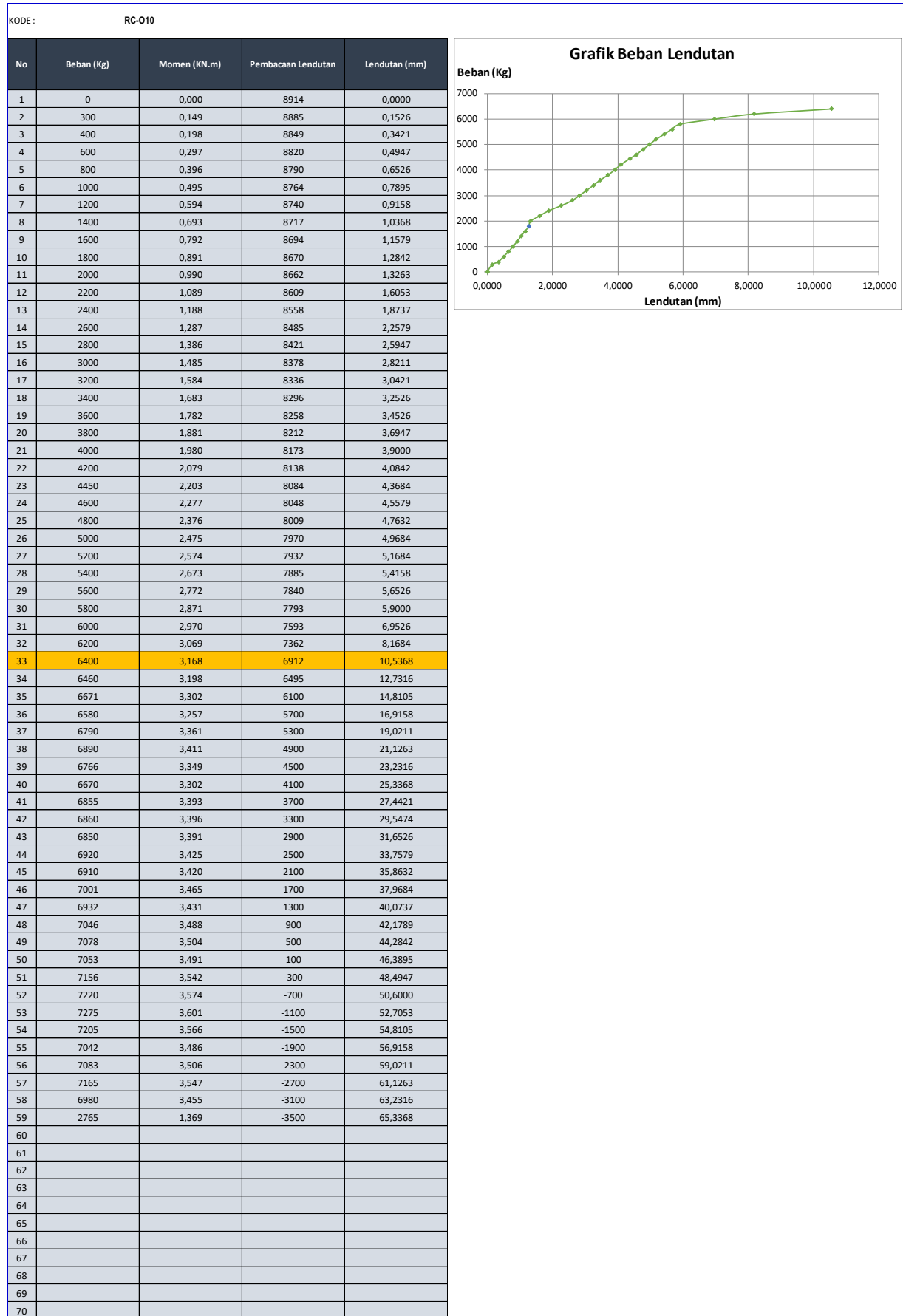




KODE : RC-09

No	Beban (Kg)	Momen (KN.m)	Pembacaan Lendutan	Lendutan (mm)
1	0	0,000	7618	0,0000
2	200	0,099	7588	0,1579
3	446	0,221	7556	0,3263
4	600	0,297	7535	0,4368
5	800	0,396	7513	0,5526
6	1000	0,495	7491	0,6684
7	1200	0,594	7467	0,7947
8	1400	0,693	7419	1,0474
9	1600	0,792	7398	1,1579
10	1800	0,891	7375	1,2789
11	2000	0,990	7353	1,3947
12	2200	1,089	7330	1,5158
13	2400	1,188	7297	1,6895
14	2600	1,287	7207	2,1632
15	2800	1,386	7134	2,5474
16	3000	1,485	7085	2,8053
17	3200	1,584	7030	3,0947
18	3400	1,683	6981	3,3526
19	3600	1,782	6940	3,5684
20	3800	1,881	6896	3,8000
21	4000	1,980	6853	4,0263
22	4200	2,079	6812	4,2421
23	4400	2,178	6770	4,4632
24	4600	2,277	6723	4,7105
25	4800	2,376	6678	4,9474
26	5000	2,475	6629	5,2053
27	5200	2,574	6575	5,4895
28	5400	2,673	6525	5,7526
29	5600	2,772	6458	6,1053
30	5800	2,871	6438	6,2105
31	6000	2,970	6366	6,5895
32	6200	3,069	6315	6,8579
33	6250	3,094	6090	8,0421
34	6350	3,143	5700	10,0947
35	6200	3,069	5300	12,2000
36	6300	3,119	4900	14,3053
37	6450	3,193	4500	16,4105
38	6529	3,232	4100	18,5158
39	6459	3,197	3700	20,6211
40	6540	3,237	3300	22,7263
41	6540	3,237	2900	24,8316
42	6600	3,267	2500	26,9368
43	6800	3,366	2100	29,0421
44	6700	3,317	1700	31,1474
45	6650	3,292	1300	33,2526
46	6720	3,326	900	35,3579
47	6818	3,375	500	37,4632
48	6780	3,356	100	39,5684
49	6886	3,409	-300	41,6737
50	6906	3,418	-700	43,7789
51	6880	3,406	-1100	45,8842
52	6800	3,366	-1500	47,9895
53	6900	3,416	-1900	50,0947
54	7076	3,503	-2300	52,2000
55	5743	2,843	-2700	54,3053
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				





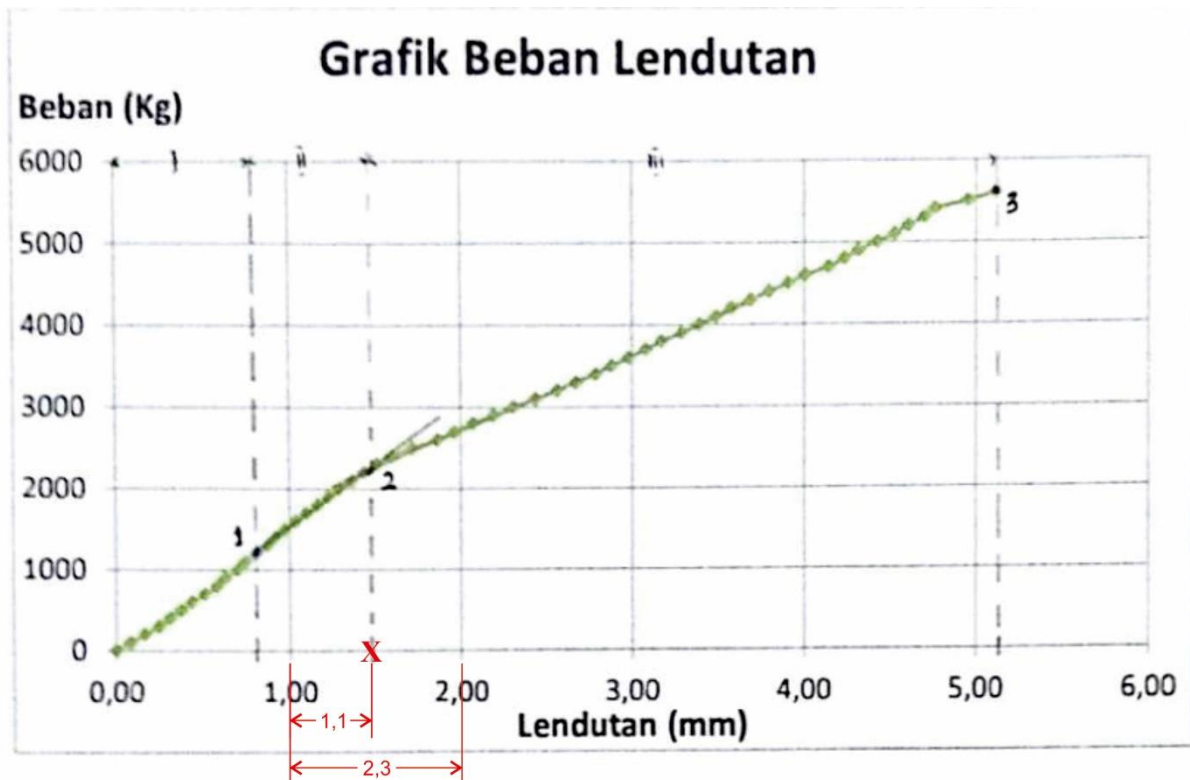
## LAMPIRAN 6

### ANALISA LENDUTAN BALOK BETON BERTULANG NORMAL DAN ONYX

Dari grafik Pengamatan lendutan, grafik beban-lendutan dibagi menjadi tiga daerah untuk mendapatkan tiga titik yang mewakili kurva trilinear.

Contoh perhitungan:

#### Balok RC-N1



- Titik 1 didapatkan dari pengamatan langsung yakni pada saat terjadi retak pertama dengan beban 1200kg didapatkan lendutan sebesar 0,8091 mm
- Titik 2 didapatkan dari pendekatan grafis dengan melakukan interpolasi sederhana :

$$X = 1 + \left( \frac{1,1}{2,3} \times 1 \right)$$

$$= 1,4783 \text{ mm}$$

Untuk mendapatkan beban pada titik 2 (saat leleh) didekati dengan persamaan garis yakni:

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

$$y = \left( \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} \cdot (y_2 - y_1) \right) + y_1$$

Diketahui:

$$X = 1,4783 \text{ mm}$$

$$X1 = 1,4364 \text{ mm}$$

$$X2 = 1,5091 \text{ mm}$$

$$Y1 = 2200 \text{ kg}$$

$$Y2 = 2300 \text{ kg}$$

$$y = \left( \frac{1,4783 - 1,4364}{1,5091 - 1,4364} \cdot (2300 - 2200) \right) + 2200$$

$$y = 2257,6087 \text{ kg}$$

- Titik 3 didapatkan dari pengamatan langsung yakni pada saat beban maksimum sebesar 5600 kg didapatkan lendutan sebesar 5,1182 mm.

Dari contoh perhitungan diatas didapat rekapitulasi perhitungan lendutan dari balok normal dan balok onyx sebagai berikut:

Tabel rekapitulasi lendutan pada balok normal

Balok	Titik 1		Titik 2		Titik 3	
	Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)
RC-N1	0,8091	1200	1,4783	2257,6087	5,1182	5600
RC-N2	0,6455	1600	1,3571	2861,2245	9,4182	6100
RC-N3	1,3727	2200	2,7750	3551,7857	6,0091	6350
RC-N4	1,0364	1800	2,5435	3442,0682	5,3636	6200
RC-N5	0,9909	1800	2,9565	3967,1078	5,2455	6400
RC-N6	1,1636	1800	2,2826	2344,6957	5,7091	6600
RC-N7	1,1273	1600	3,5294	3769,2466	13,5364	6600
RC-N8	1,2455	2000	3,2250	3241,3580	6,4636	6600
RC-N9	0,9818	2000	2,3548	3407,3733	8,1373	6200
RC-N10	1,0895	1800	1,7714	2730,4762	3,6947	6400
Rata-rata	1,0462	1780	2,4274	3157,2945	6,8696	6305

Tabel rekapitulasi lendutan pada balok onyx

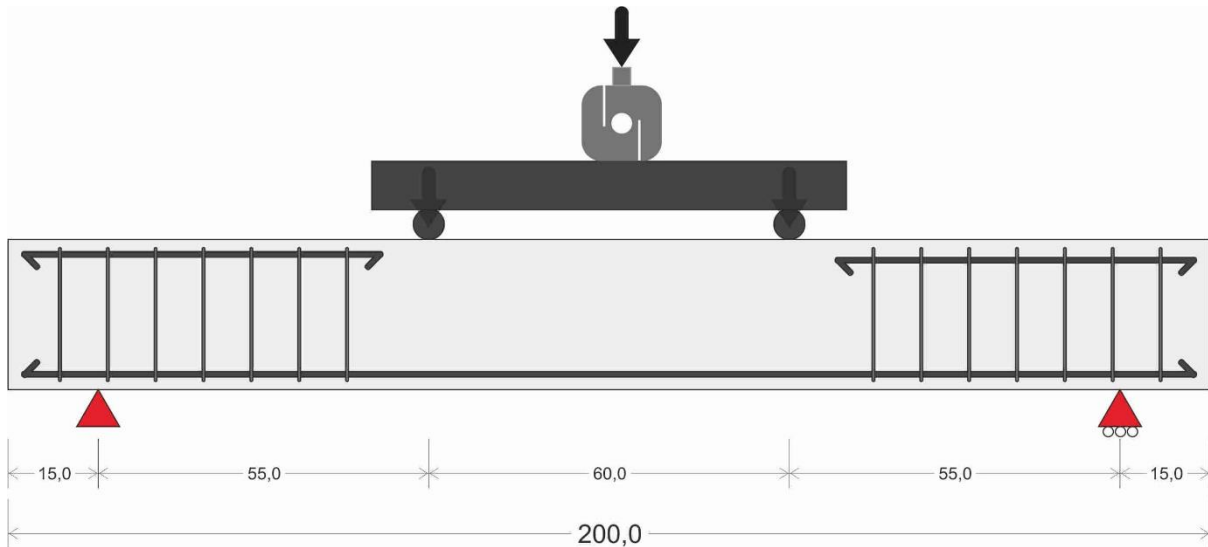
Balok	Titik 1		Titik 2		Titik 3	
	Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)	Lendutan (mm)	Beban (kg)
RC-O1	1,1316	2200	3,8824	4002,6411	14,2421	6350
RC-O2	1,4842	2200	3,6000	4125,0000	6,1000	6600
RC-O3	1,8316	2600	4,0870	4084,1960	9,6474	6400



RC-O4	1,3158	2000	3,8857	3841,1429	11,6684	6000
RC-O5	1,5526	2200	2,9032	3023,8847	8,1684	6200
RC-O6	1,2737	2000	3,3613	3562,8674	8,2105	6200
RC-O7	1,4842	1800	3,0500	3081,0345	6,4158	6200
RC-O8	1,1421	1800	3,4750	3574,5283	6,3842	6200
RC-O9	1,1579	1600	2,5600	2809,7959	6,8579	6200
RC-O10	1,2842	1800	2,6087	2812,3357	10,5368	6400
Rata-rata	1,3658	2020	3,3413	3491,7426	8,8232	6275

**LAMPIRAN 7**  
**ANALISA LENDUTAN TEORITIS**  
**BALOK BETON BERTULANG NORMAL DAN ONYX**

Pada Pengujian balok kondisi pembebanan adalah sebagai berikut



Sehingga untuk menyederhanakannya diubah menjadi



Dengan nilai lendutan maksimum

$$\Delta_{maks} = \frac{P' a}{24 E_c I_{gt}} (3L^2 - 4a^2)$$

Keterangan :

$P'$  =  $\frac{1}{2}$  dari beban  $P$  (Kg)

$L$  = Panjang bentang (cm)

$a$  = Jarak dari tumpuan ke  $P'$  (cm)

$E_c$  = Modulus Elastisitas beton (Kg/cm<sup>2</sup>)

$I_{gt}$  = Momen inersia penampang transformasi (cm<sup>4</sup>)

$$I_{gt} = \frac{1}{12} bh^3 + bh \left( y - \frac{h}{2} \right)^2 + (n-1)As(d-y)^2$$

Keterangan:

- y = kedalaman sumbu pusat gravitasi (cm)  

$$= \frac{\frac{bh^2}{2} + (n-1)As.d}{bh + (n-1)As}$$
- b = Lebar balok (cm)  
h = Tinggi balok (cm)  
n = Rasio modular ( $E_s/E_c$ )  
 $E_c$  = Modulus Elastisitas beton (Mpa)  
 $= 4700 \sqrt{f'c}$
- $E_s$  = Modulus Elastisitas besi (Mpa)  
 $= 200000$  Mpa
- d = Kedalaman balok diukur dari serat tekan terluar ke pusat baja (cm)  
 $A_s$  = Luas tulangan ( $cm^2$ )

Untuk membandingkan besarnya lendutan hasil perhitungan teoritis dengan lendutan hasil penelitian pada beban P yang sama maka pada perhitungan lendutan maksimum yang diijinkan pada beban (P) ditentukan pada saat kondisi elastis dengan beban luar sebesar  $P = 1000$  kg, dan beban sendiri diabaikan. Perhitungan  $E_c$  (Modulus Elastis Beton) menurut SNI-2847-2013 untuk  $E_c$  Beton Normal sebesar  $4700 \sqrt{f'c}$  dan nilai  $E_s$  izin dengan tulangan non prategang sebesar  $200000$  Mpa.

Contoh Perhitungan:

### **Balok Normal**

Diketahui :

- $P'$  = 500 kg
- L = 200 cm
- a = 55 cm
- b = 15 cm
- h = 25 cm
- $f'c$  rata-rata = 35,72 Mpa
- $E_s$  = 200000 Mpa
- $E_c$  =  $4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{35,72} = 28090,1193$  Mpa
- N =  $E_s/E_c = 200000/28090,1193 = 7,1199$
- d =  $25 - (2+0,8+0,06) = 22,14$  cm
- $A_s$  =  $2 \times (1/4\pi d^2) = 2 \times (1/4 \cdot \pi \cdot 0,12^2) = 0,0226$  cm

$$\begin{aligned}
 - y &= \frac{\frac{bh^2}{2} + (n-1)As \cdot d}{bh + (n-1)As} \\
 &= \frac{\frac{15,25^2}{2} + (7,1199-1)0,0226 \cdot 22,14}{15,25 + (7,1199-1)0,0226} \\
 &= 12,5036 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Momen inersia :

$$I_{gt} = \frac{1}{12} bh^3 + bh \left( y - \frac{h}{2} \right)^2 + (n-1)As(d-y)^2$$

$$\begin{aligned}
 I_{gt} &= \frac{1}{12} 15,25^3 + 15,25 \left( 12,5036 - \frac{25}{2} \right)^2 + (7,1199 - 1)0,0226(22,14 - 12,5036)^2 \\
 &= 19544,1147 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Lendutan :

$$\begin{aligned}
 \Delta \text{ tengah} &= \frac{P \cdot a}{24 E_c I_{gt}} (3L^2 - 4a^2) \\
 \Delta \text{ tengah} &= \frac{500 \times 10 \cdot 55}{24 \cdot 28090,1193 \cdot 19544,1147} (3 \cdot 200^2 - 4 \cdot 55^2) \\
 &= 0,0156 \text{ cm} = 0,156 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan diatas didapat rekapitulasi perhitungan lendutan teoritis dari balok normal dan balok onyx sebagai berikut:

Lendutan Balok Normal Rata-rata dengan balok onyx rata-rata

	Balok Normal rata-rata	Balok Onyx rata-rata	Satuan
Ec	28090,1193	26966,6980	Mpa
Es	200000	200000	Mpa
n	7,1199	7,4166	-
b	15	15	cm
h	25	25	cm
As	0,0226	0,0226	cm <sup>2</sup>
d	22,1400	22,1400	cm
y	12,5036	12,5037	cm
Igt	19544,1147	19544,7379	cm <sup>4</sup>
lendutan (Teoritis)	0,0156	0,0162	cm
	0,1557	0,1622	mm



**LAMPIRAN 8**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



*Gambar L 8.1* Limbah Batu *Onyx*



*Gambar L 8.2* Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar dan Halus



*Gambar L 8.3* Pengayakan Agregat *Onyx*



*Gambar L 8.4 Pengayakan Agregat Normal*



*Gambar L 8.5 Agregat Halus*



*Gambar L 8.6 Penimbangan Air*



*Gambar L 8.7* Penimbangan Semen PPC



*Gambar L 8.8* Pemberian minyak pada bekisting silinder



*Gambar L 8.9* Pengukuran diameter baja





*Gambar L 7.10 Uji tarik beton*



*Gambar L 8.10 Bekisting balok dan tulangan*



*Gambar L 8.11 Pengecoran Beton*



*Gambar L 8.12 Uji Slump*



*Gambar L 8.13 Pematatan beton menggunakan vibrator*



*Gambar L 8.14 Beton segar silinder*



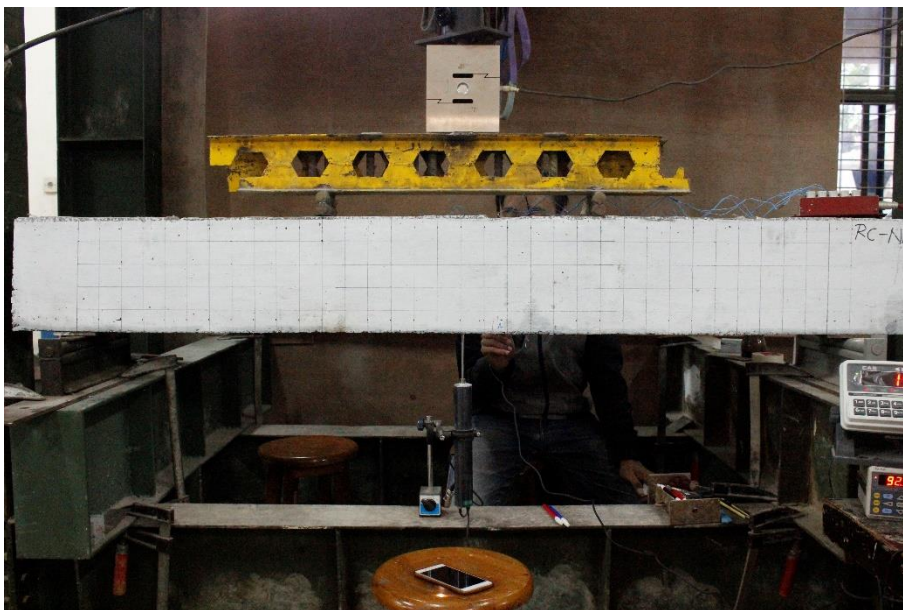
*Gambar L 8.15* Benda uji silinder dan balok beton bertulang

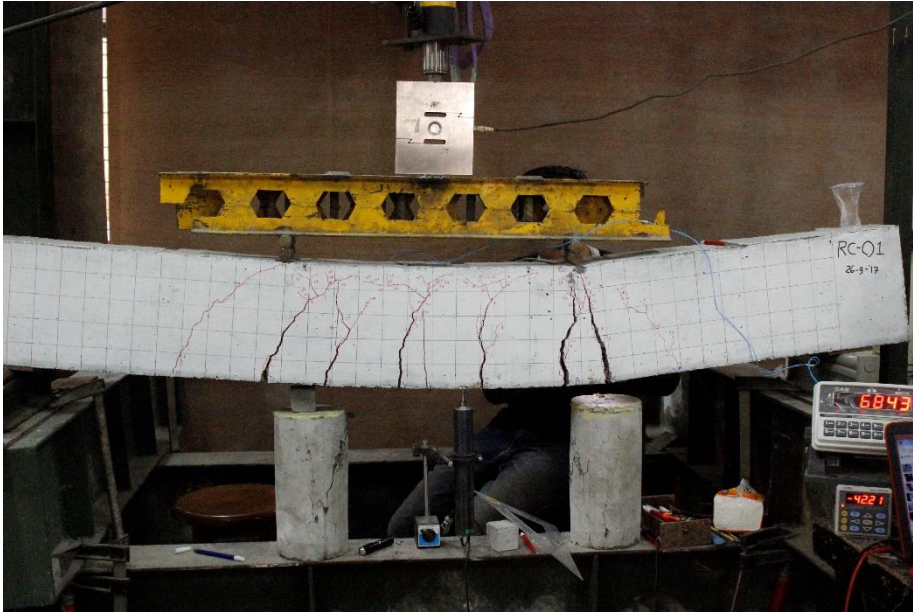


*Gambar L 8.16* Pengujian kuat tekun silinder Onyx dan Normal



Gambar L 8.17 Persiapan pengujian Pembebanan





*Gambar L 8.18* Pengamatan Lentutan Balok Bertulang



*Gambar L 8.19* Pembersihan Area Kerja