

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pengujian Agregat

Hasil penelitian dan pembahasan terhadap hasil yang telah diperoleh sesuai dengan tinjauan peneliti akan disajikan pada bab ini. Sedangkan data rinci hasil pemeriksaan bahan dasar dan penyusun beton akan disajikan dalam lampiran I.

5.1.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kandungan lumpur, kandungan zat organik, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat jenis, dan gradasi butiran.

Dari hasil pengujian agregat halus yang dilakukan didapat:

- a. Kandungan lumpur yang terdapat dalam pasir sebesar 2 %. Syarat maksimal kandungan lumpur dalam pasir adalah 5 % menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (1998). Pasir dapat digunakan tanpa dicuci terlebih dahulu.
- b. Pemeriksaan zat organik yang terdapat dalam pasir, warna larutan yang dihasilkan sesuai dengan warna *Gardner Standart color* no. 8. Kandungan zat organik pada pasir tidak terlalu banyak, pasir langsung dapat digunakan tanpa harus dicuci.

- c. Pemeriksaan kadar air pasir adalah 3,0927 %, nilai ini lebih kecil dari penyerapan air yaitu 5% maka agregat dalam keadaan cukup kering .
- d. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan, dari hasil pengujian berat jenis pasir adalah 2,7735 gr/cm³. Umumnya berat jenis normal pasir berkisar 2,3-2,8 gr/cm³ sehingga hasil pengujian berat jenis agregat halus memenuhi persyaratan. Sedangkan hasil pengujian penyerapan pasir adalah 0,956 %, hasil pengujian memenuhi persyaratan pasir yang harus kuran dari 5%.

Tabel 5.1 Pemeriksaan gradasi pasir

No	Berat Tertahan (gr)	Presentase		
		Berat Tertahan (%)	∑ Berat Tertahan (%)	∑ Berat Lolos (%)
3/4	0	0	0	100
3/8	17	1,7	1,7	98,3
4	31	3,1	4,8	95,2
16	59	5,9	10,7	89,3
30	217	21,7	32,4	67,6
50	70	7	39,4	60,6
100	431	43,1	82,5	17,5
200	161	16,1	98,6	1,4
Pan	12	1,2	99,8	0,2
jumlah	998	99,8		

5.1.2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian terhadap agregat kasar atau kerikil yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi kandungan lumpur, kadar air, berat jenis, keausan (*Los Angeles Abration*) dan gradasi agregat kasar. Berikut merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian agregat kasar:

- a. Pemeriksaan kandungan lumpur dalam agregat kasar / *split* adalah 1,7 %. Menurut SK SNI S-04-1989-F kandungan lumpur dalam pasir tidak boleh melebihi 1%, maka hasil pengujian kadar lumpur dalam *split* tidak memenuhi persyaratan dan harus dicuci terlebih dahulu.
- b. Pemeriksaan kadar air dalam agregat kasar adalah 2,0408 %, nilai ini lebih kecil dari penyerapan air yaitu 5 % maka agregat dalam keadaan kering.
- c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar / *split*, dari penelitian diperoleh berat jenis adalah 2,4185 gr/cm³. Umumnya berat jenis normal agregat kasar / *split* berkisar 2,3-2,6 gr/cm³ sehingga hasil pengujian berat jenis agregat kasar memenuhi persyaratan. Dan hasil dari pengujian penyerapan agregat kasar / *split* adalah 4,8054 %, hasil pengujian memenuhi persyaratan penyerapan *split* yang harus dari 5%.
- d. Pemeriksaan keausan agregat kasar (*Los Angeles Abrasion*), dari penelitian diperoleh adalah 24,18 %. Menurut SK SNI M-02-1990-F syarat maksimum keausan *split* adalah 40 % sehingga hasil pengujian yang diperoleh memenuhi persyaratan.

Tabel 5.2 Pemeriksaan gradasi besar butiran *split*

No	Berat Tertahan (gr)	Presentase		
		Berat Tertahan (%)	\sum Berat Tertahan (%)	\sum Berat Lolos (%)
50	0	0	0	100
31,5	0	0	0	100
25	93	9,3	9,3	90,7
19	456	45,6	54,9	45,1
12,5	425	42,5	97,4	2,6
9,5	26	2,6	100	0
4,75	0	0	0	0
2,36	0	0	0	0
1,18	0	0	0	0
0,6	0	0	0	0
0,3	0	0	0	0
0,15	0	0	0	0
0,075	0	0	0	0
pan	0	0	0	0
jumlah	1000			

5.2. Pengujian *Slump*

Sesudah adukan dicampur dilakukan pengujian *slump* untuk mengetahui kelecakan adukan beton. Hasil pengujian *slump* disajikan dalam bentuk tabel yaitu: tabel 5.3.

Berdasarkan *mix design* yang dibuat persyaratan nilai *slump* penelitian ini adalah antara 7,5 – 15 cm, dengan demikian nilai *slump* hasil pengujian memenuhi syarat tersebut, sehingga adukan beton dapat digunakan. *Mix design* dapat dilihat dalam lampiran II.

Tabel 5.3 Hasil pengujian *slump*

No	Benda Uji	Tanggal Pembuatan	Nilai Slump (cm)
1	bkk 0%	09/05/2016	9
2	bkk 5%	10/05/2016	10
3	bkk 10%	11/05/2016	8,5
4	bkk 15%	12/05/2016	9

Keterangan :

- bkk 0% = Beton dengan penambahan kalsium karbonat 0%
- bkk 5% = Beton dengan penambahan kalsium karbonat 5%
- bkk 10% = Beton dengan penambahan kalsium karbonat 10%
- bkk 15% = Beton dengan penambahan kalsium karbonat 15%

5.3. Berat Jenis Beton

Jenis-jenis beton dapat dikelompokkan berdasarkan dari berat jenis beton tersebut. Berdasarkan pada berat jenisnya beton dikelompokkan menjadi 4 bagian dan dapat dilihat pada tabel 5.4. Berat jenis masing-masing beton pada penelitian ini ditampilkan pada tabel 5.5 sampai dengan tabel 5.8 serta gambar 5.1.

Tabel 5.4 Berat jenis beton dan pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (gr/cm^3)	Pemakaian
Beton Sangat Ringan	<1,00	Non Struktural
Beton Ringan	1,00-2,00	Struktur Ringan
Beton Normal	2,30-2,50	Struktur
Beton Berat	>3,00	Perisia sinar

Sumber : Tjokrodimuljo, 1992

Tabel 5.5 Berat jenis rata-rata beton substitusi kalsium karbonat 0%

Umur Beton (hari)	Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata berat jenis (gr/cm ³)
7	1	15.5	30.33	12513	2.186430901	2.194157262
	2	15.5	30.1	12424	2.187467803	
	3	15.2	30.1	12063	2.208573083	
14	1	14.89	31.5	11607	2.116070602	2.087190968
	2	14.82	33	11704	2.056051954	
	3	14.78	33	11830	2.089450347	
28	1	14.75	30.11	11912	2.315261272	2.285265942
	2	14.91	30.24	11927	2.258937755	
	3	14.79	30.18	11830	2.2815988	

Tabel 5.6 Berat jenis rata-rata beton substitusi kalsium karbonat 5%

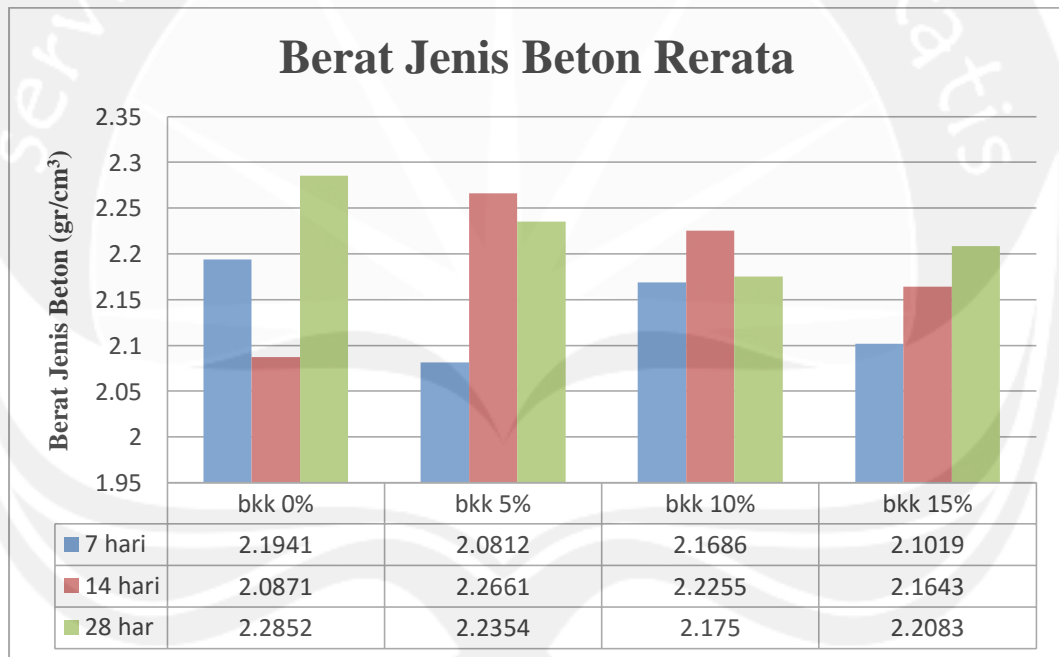
Umur Beton (hari)	Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata berat jenis (gr/cm ³)
7	1	14.96	34	12290	2.056458252	2.081295188
	2	15	31	11680	2.13210579	
	3	15.18	31.4	11680	2.055321523	
14	1	14.89	30.3	11821	2.240434811	2.266198852
	2	14.87	30.2	11948	2.278119243	
	3	14.8	30.17	11834	2.280042501	
28	1	15.12	30.25	11953	2.200685981	2.235493425
	2	15.14	30.06	11911	2.200987706	
	3	15.09	30.34	12506	2.30480659	

Tabel 5.7 Berat jenis rata-rata beton substitusi kalsium karbonat 10%

Umur Beton (hari)	Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata berat jenis (gr/cm ³)
7	1	14.97	30.02	11468	2.170418659	2.168689851
	2	15.33	30.18	12061	2.16515948	
	3	15.31	30.59	12223	2.170491413	
14	1	14.75	30.05	11558	2.250941933	2.225567364
	2	14.86	30.07	11518	2.208595311	
	3	14.78	30.25	11507	2.217164849	
28	1	15.03	30.2	11639	2.172205368	2.175091753
	2	15.15	30.04	11681	2.157073525	
	3	15.13	30.31	11967	2.195996367	

Tabel 5.8 Berat jenis rata-rata beton substitusi kalsium karbonat 15%

Umur Beton (hari)	Benda Uji	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Jenis (gr/cm ³)	Rata-rata berat jenis (gr/cm ³)
7	1	15.01	32	11821	2.087627327	2.101988235
	2	14.83	32.4	11734	2.09666425	
	3	14.88	31.6	11659	2.121673128	
14	1	15.09	30.01	11600	2.161342697	2.164331271
	2	15.13	30.06	11616	2.14931411	
	3	15.06	30.29	11775	2.182337007	
28	1	15.28	30.24	12070	2.176651465	2.208392078
	2	15.13	30.24	11902	2.189124299	
	3	15.23	30.24	12447	2.25940047	



Gambar 5.1 Grafik Berat Jenis Beton

5.4. Hasil Pengujian Beton

5.4.1. Pengujian Kuat Desak Beton

Pengujian ini dilakukan saat umur beton silinder mencapai umur 7, 14, dan 28 hari. Pengujian dilakukan dengan bantuan mesin desak merek CTM *ELE*, data hasil pengujian kuat desak beton untuk semua variasi substitusi ditunjukkan pada tabel 5.9 serta grafik hasil pengujian kuat desak pada umur 7, 14, dan 28 hari ditunjukkan pada gambar 5.2. Dari tabel 5.9 didapat nilai kuat desak beton, sebagai berikut:

1. Untuk silinder beton tanpa penambahan kalsium karbonat nilai kuat desak dengan umur 7, 14, dan 28 hari didapat nilai sebesar 19,24743 Mpa, 20,74396 Mpa, dan 22,42589 Mpa.
2. Sedangkan untuk silinder beton substitusi semen dengan kalsium karbonat sebesar 5% diperoleh nilai kuat desak untuk umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 20,89375 Mpa, 22,02288 Mpa, dan 23,12373 Mpa
3. Sedangkan untuk silinder beton substitusi semen dengan kalsium karbonat sebesar 10% diperoleh nilai kuat desak untuk umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 15,89051 Mpa, 16,96032 Mpa, dan 18,51066 Mpa.
4. Sedangkan untuk silinder beton substitusi semen dengan kalsium karbonat sebesar 15% diperoleh nilai kuat desak untuk umur 7, 14, dan 28 hari sebesar 13,65906 Mpa, 14,25549 Mpa, dan 15,49578 Mpa.

Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa penggunaan kalsium karbonat sebagai bahan substitusi semen pada beton mengalami penurunan kuat tekan pada substitusi lebih dari 5% terhadap semen.

Tabel 5.9 Kuat tekan silinder beton umur 7 hari

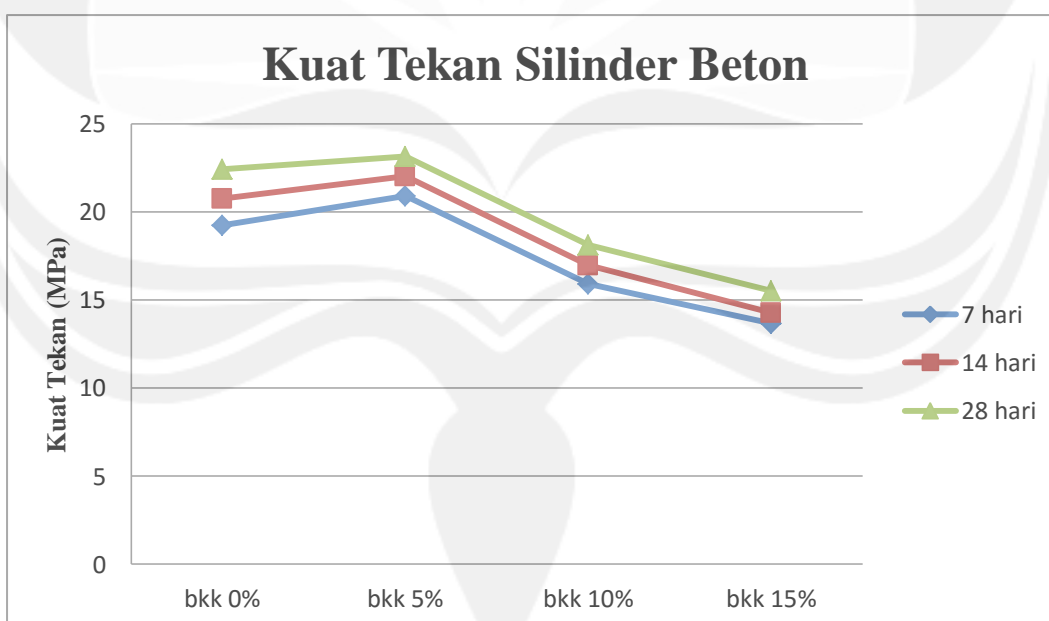
Umur (hari)	Variabel		Data Pengujian Silinder					
			d (mm)	h (mm)	w (g)	kN	MPa	
7 Hari	0%	1	155	303.3	12513	360	19.07872	
		2	155	301	12424	350	18.54876	
		3	152	301	12063	365	20.1148	
	Rata - rata							19.24743
	5%	1	149.6	340	12290	370	21.04983	
		2	150	310	11680	350	19.80595	
		3	151.8	314	11680	395	21.82547	
	Rata - rata							20.89375
	10%	1	149.7	300.2	11468	290	16.47648	
		2	153.3	301.8	12061	275	14.89905	
		3	153.1	305.9	12223	300	16.296	
	Rata - rata							15.89051
	15%	1	150.1	320	11821	230	12.998	
		2	148.3	324	11734	230	13.31544	
3		148.8	316	11659	255	14.66373		
Rata - rata							13.65906	

Tabel 5.10 Kuat tekan silinder beton umur 14 hari

Umur (hari)	Variabel		Data Pengujian Silinder					
			d (mm)	h (mm)	w (g)	kN	MPa	
14 Hari	0%	1	148.9	315	11607	360	20.67394	
		2	148.2	330	11704	370	21.44941	
		3	147.8	330	11830	345	20.10853	
	Rata - rata							20.74396
	5%	1	148.9	303	11821	385	22.10963	
		2	148.7	302.7	11948	400	23.03288	
		3	148	301.7	11834	360	20.92614	
	Rata - rata							22.02288
	10%	1	147.5	300.5	11558	290	16.97165	
		2	148.6	300.7	11518	300	17.29791	
		3	147.8	302.5	11507	285	16.6114	
	Rata - rata							16.96032
	15%	1	150.9	300.1	11600	270	15.09717	
		2	151.3	300.6	11616	230	12.79264	
3		150.6	302.9	11775	265	14.87668		
Rata - rata							14.25549	

Tabel 5.11 Kuat tekan silinder beton umur 28 hari

Umur (hari)	Variabel		Data Pengujian Silinder					
			d (mm)	h (mm)	w (g)	kN	MPa	
28 Hari	0%	1	147.5	301.1	11912	385	22.53133	
		2	149.1	302.4	11927	390	22.33672	
		3	147.9	301.8	11830	385	22.40962	
	Rata - rata							22.42589
	5%	1	151.2	302.5	11953	400	22.2775	
		2	151.4	300.6	11911	420	23.32962	
		3	150.9	303.4	12506	425	23.76406	
	Rata - rata							23.12373
	10%	1	150.3	302	11639	320	18.03608	
		2	151.5	300.4	11681	325	18.02886	
		3	151.3	303.1	11967	350	19.46706	
	Rata - rata							18.51066
	15%	1	152.8	302.4	12070	290	15.81472	
		2	151.3	302.4	11902	285	15.85175	
3		152.3	302.4	12447	270	14.82088		
Rata - rata							15.49578	



Gambar 5.2 Grafik Kuat Tekan Silinder Beton

Dari gambar 5.2 beton dengan substitusi kalsium karbonat lebih dari 5% mengalami penurunan yang cukup besar. Kemudian dapat dilihat lagi

dengan variable yang sama, kuat tekan mengalami peningkatan dengan kurun waktu yang berbeda. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil penelitian, beberapa kemungkinannya adalah kurang rapatnya interval penggantian semen dengan serbuk kapur karbonat, kurang homogennya pengadukan campuran beton karena ketidak stabilan kecepatan dari mesin pengaduk (mollen).

Penggunaan aditif kalsium karbonat dengan senyawa kimia CaCO_3 , dari senyawa kimia CaCO_3 dapat dipaparkan bahwa kalsium karbonat juga mengandung CaO (oksida kalsium) dan CO_2 (karbon dioksida). Pada saat CaO tercampur dengan beton akan mengalami pengerasan melalui kristal – kristal asing untuk memperkecil pori-pori sehingga dapat memperkuat daya lekat terhadap agregat pada saat proses pengeringan, Danjushevsky (1980). Fungsi kalsium karbonat pada beton selain untuk mengurangi pemakaian semen Portland adalah untuk mengurangi kerusakan pada beton yang disebabkan oleh pengaruh asam. Kalsium karbonat (CaCO_3) apabila ditambahkan pada semen sebesar 5% maka akan mempengaruhi proses hidrasi semen (Matschei., T, et. Al, 2007).

Peningkatan terhadap kuat tekan beton tidak hanya terjadi pada penelitian ini, tetapi pada penelitian sebelumnya juga mengalami peningkatan pada kuat tekan beton. Seperti yang telah diteliti oleh Wijaya, D., dan Sumiyanto, J (2013) memperoleh hasil kuat tekan dengan menggunakan campuran 5% kalsium karbonat sebesar 35,519 MPa, hasil tersebut meningkat sebesar 17% dari beton dengan kandungan kalsium karbonat 0% sebesar 30,234 MPa. Dan juga dengan penelitian oleh Nurjayanti. E., (2012) memperoleh hasil kuat tekan dengan campuran 4% kalsium karbonat sebesar

21,46 Mpa, dari hasil ini dapat dilihat kuat tekan mengalami peningkatan sebesar 6,45% dari beton dengan campuran kalsium karbonat 0% sebesar 20,16 MPa. Jadi dapat disimpulkan penelitian ini mengalami keberhasilan seperti penelitian-penelitian terdahulu.

5.4.2. Pengujian Modulus Elastisitas

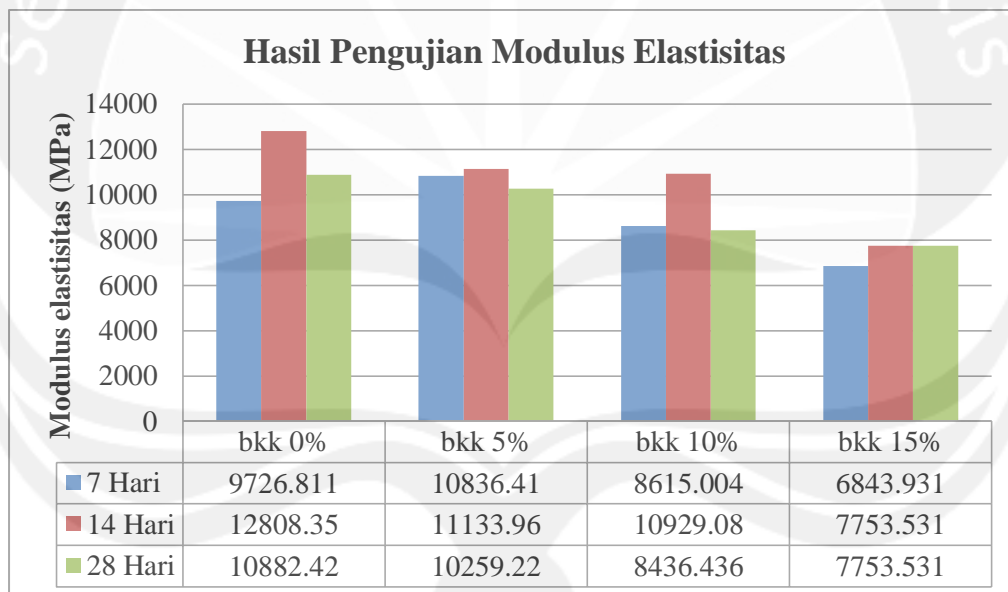
Modulus elastisitas merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan per satuan panjang sebagai akibat dari tekanan yang diberikan pada saat pengujian. Modulus elastisitas digunakan sebagai tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan. (Murdock dan Brook, 1986).

Modulus elastisitas merupakan salah satu sifat dari beton yang berhubungan dengan mudah tidaknya beton mengalami deformasi saat menerima beban yang diberikan. Semakin besar nilai modulus yang diperoleh maka semakin kecil regangan yang terjadi. Biasanya modulus sekan mempunyai nilai 25 – 50% dari kuat tekan (f) yang diambil sebagai modulus elastisitas. (Wang dan Salmon, 1986).

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, maka diperoleh hasil pengujian modulus elastisitas beton seperti data berikut. Data penelitian selengkapnya terdapat pada tabel 5.12 dan gambar 5.3 berikut ini:

Tabel 5.12 Hasil pemeriksaan modulus elastisitas

Umur (hari)	Kode Benda Uji	Pengujian (MPa)
7	bkk 0%	9726.811
	bkk 5%	10836.41
	bkk 10%	8615.004
	bkk 15%	6843.931
14	bkk 0%	12808.35
	bkk 5%	11133.96
	bkk 10%	10929.08
	bkk 15%	7753.531
28	bkk 0%	10882.42
	bkk 5%	10259.22
	bkk 10%	8436.436
	bkk 15%	7753.531



Gambar 5.3 Grafik Modulus Elastisitas Silinder Beton

Peningkatan jumlah substitusi aditif kalsium karbonat lebih dari 5% mengalami penurunan yang signifikan dikarenakan jumlah pori pada beton dan berkurangnya kepadatan beton sehingga berefek pada penurunan kuat tekan dan modulus elastisitas betonnya, dengan grafik modulus elastisitas

seperti pada gambar diatas dapat dikatakan relative menurun dengan penambahan aditif kalsium karbonat.

