

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melaksanakan penelitian dan pengujian dilaboratorium didapat hasil yang akan dibahas dalam bab ini.

5.1 Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Beton

Sebelum tahap pembuatan adukan dilakukan serangkaian pengujian bahan-bahan yang akan digunakan dalam adukan beton yaitu meliputi : pengujian berat jenis, kandungan Lumpur, berat volume dan modulus halus butir.

Tanah liat dan lumpur biasanya tercampur pada kerikil dan deposit pasir. Dalam jumlah yang cukup banyak dapat mengurangi kekuatan beton (Murdock dan Brook, 1979). Dari pengujian yang dilakukan di laboratorium didapatkan hasil bahwa agregat halus yang digunakan yaitu pasir dari Merapi, memiliki prosentase kandungan lumpur sebesar 1,42 % (lampiran B). Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering) yang dapat diartikan bahwa lumpur adalah bagian pasir yang dapat melalui ayakan no.200 . Apabila kadar lumpur melampaui 5 % maka agregat halus harus dicuci (PBBI, 1971). Hal ini menunjukkan bahwa pasir tersebut dapat digunakan sebagai campuran adukan beton dan tidak perlu dicuci terlebih dahulu.

Berat jenis didefinisikan sebagai rasio antara massa padat agregat dan massa air dengan volume sama pada suhu yang sama. dari pengujian yang dilakukan di laboratorium bahwa agregat halus yang digunakan yaitu dari merapi memiliki berat jenis jenuh kering muka (SSD) sebesar $2,36 \text{ gr/cm}^3$ (lampiran B) sedangkan pada agregat kasar yang berasal dari Clereng sebesar $2,41 \text{ gr/cm}^3$ (lampiran B) dalam hitungan digunakan berat jenis SSD karena keadaan SSD merupakan keadaan dimana tingkat kebasahan agregat hampir sama dengan agregat dalam beton sehingga agregat tidak akan menambah atau mengurangi jumlah air dari pastanya ke dalam kecampuran pastanya. Sedangkan pada pemeriksaan berat volume untuk agregat halus dan kasar didapat $1,53 \text{ gr/cm}^3$ dan $1,358 \text{ gr/cm}^3$ (lampiran B)

Modulus halus butir/MHB (*finnes modulus*) ialah suatu indek yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Kardiyono, 1992). MHB didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal di atas 1 set ayakan (40; 20; 10; 4,8; 2,4; 1,2; 0,6; 0,3; dan 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Kardiyono, 1992). Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya (Mulyono, 2004). Umumnya agregat halus mempunyai MHB sekitar 1,5 – 3,8 dan kerikil mempunyai nilai MHB 5 – 8. Berdasarkan hasil pengujian didapat hasil nilai MHB untuk agregat halus adalah 2,8982 sedangkan agregat kasar adalah 6,6446 (lampiran B). Dari tabel pada lampiran 2 didapatkan hasil bahwa agregat halus tersebut masuk pada daerah II, yaitu jenis pasir agak kasar.

Seluruh rangkain pengujian pada bahan penyusun beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UIH dapat disimpulkan bahwa semua bahan telah memenuhi persyaratan sebagai penyusun beton. Hasil pengujian untuk keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.

5.2 Pengujian Waktu Ikat

Pengujian waktu ikat dilakukan dengan menggunakan alat vicat dan benda uji berupa pasta semen dengan penambahan gula pasir dengan kadar gula 0.05%; 0.1%; 0.15%; 0.2%; 0.25%; 0.3%; 0.35%; 0.4%. Masing-masing pasta semen dibuat 3 sampel.

Pengujian waktu ikat ini bertujuan untuk mengetahui waktu ikat awal (*initial setting time*) dan waktu ikatan akhir (*final setting time*) suatu pasta semen dengan variasi kadar gula yang sudah ditentukan. Ikatan awal tercapai apabila ujung jarum vicat (beban 300 gram) pada pesawat vicat, setelah dilepas bebas menembus pasta semen selama 30 detik dan berhenti pada jarak 5-7 mm (Antono, 1978). Sedangkan ikatan akhir terjadi pada saat ujung jarum vicat tidak bisa menembus pasta semen atau nilai vicat maksimum (40mm).

Hasil pengujian waktu ikatan sesudah dirata-rata dapat dilihat pada tabel 5.1 dan gambar 5.1. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat pada lampiran D. Pengujian dilakukan selama 3x24 jam. Bila selama 3x24 jam pasta semen belum mengalami ikatan akhir maka pengujian waktu ikat pasta semen dihentikan.

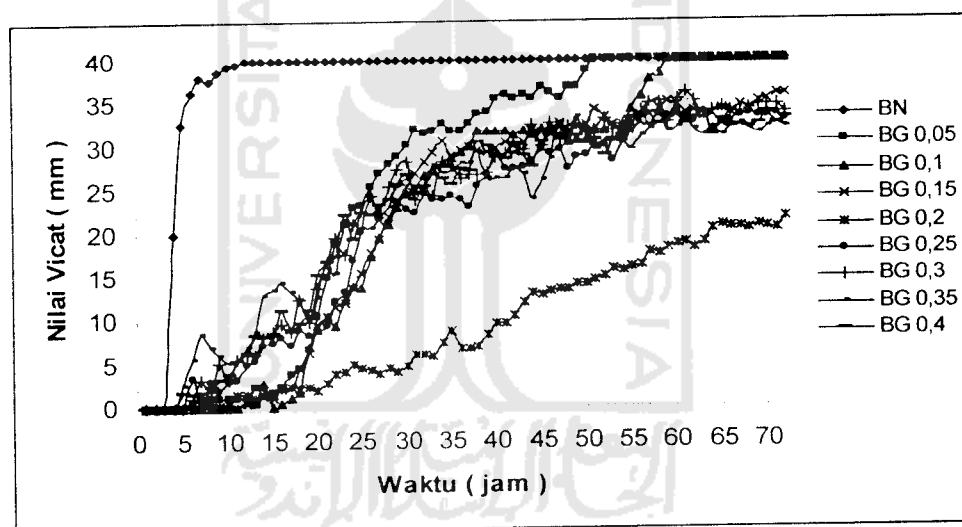
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Waktu Ikatan Pasta Semen selama 72 jam (mm) Pada Berbagai Proposi

Setelah jam ke -	Kadar Gula (%)								
	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	32.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	1.7
6	36.3	0.3	0.0	0.0	0.0	3.5	1.0	5.7	1.5
7	38.0	1.0	0.0	0.0	0.3	0.0	3.3	8.5	1.8
8	37.7	1.0	0.0	0.0	0.7	3.0	2.0	7.0	2.5
9	38.7	1.0	0.0	0.0	0.2	2.0	5.2	6.0	3.3
10	39.3	1.0	0.0	0.0	0.3	3.0	3.3	5.2	4.0
11	39.7	1.0	0.0	0.0	1.5	3.3	5.7	5.3	5.5
12	40.0	1.2	0.8	0.3	1.5	5.0	6.3	7.0	6.3
13	40.0	2.3	0.7	0.8	1.2	5.5	6.2	8.7	8.3
14	40.0	2.3	2.8	1.3	1.5	7.3	8.0	12.8	8.0
15	40.0	1.7	0.0	1.0	1.5	7.3	8.7	13.5	8.3
16	40.0	2.5	0.3	2.3	2.2	8.0	9.7	14.3	11.0
17	40.0	3.8	1.2	2.5	2.3	7.2	8.7	13.3	8.8
18	40.0	4.5	1.7	4.7	2.2	8.8	12.5	12.3	9.5
19	40.0	6.7	7.0	6.3	2.5	8.2	9.8	10.5	11.0
20	40.0	10.3	9.0	9.3	2.0	8.8	13.7	12.7	15.2
21	40.0	15.0	10.3	10.3	2.8	9.3	16.8	17.0	16.8
22	40.0	19.0	9.3	11.5	4.0	12.3	19.5	15.3	17.5
23	40.0	21.0	12.5	12.0	4.2	13.3	17.7	21.5	22.2
24	40.0	23.0	14.0	13.7	5.0	17.0	21.2	21.0	19.3
25	40.0	23.3	13.7	15.3	4.5	20.2	22.7	20.7	22.3
26	40.0	25.3	17.3	17.8	4.3	24.3	24.3	20.7	22.2
27	40.0	27.0	19.7	19.3	4.0	21.8	22.5	21.8	23.3
28	40.0	28.0	21.0	22.0	4.5	21.0	25.3	23.0	24.0
29	40.0	29.0	23.0	23.7	4.2	23.7	27.3	25.3	25.7
30	40.0	30.2	24.7	25.3	4.8	22.8	28.3	26.3	26.7
31	40.0	32.0	25.0	27.0	6.2	22.3	23.8	25.3	24.7
32	40.0	31.5	26.7	28.3	6.2	24.7	25.7	25.3	25.3
33	40.0	31.8	27.3	29.3	5.3	24.0	24.3	27.8	26.7
34	40.0	32.7	28.0	30.7	7.3	24.0	28.2	27.0	26.3

35	40.0	31.8	28.0	29.0	8.7	24.3	28.2	27.2	25.7
36	40.0	31.7	29.3	29.7	6.8	24.0	26.3	28.0	27.5
37	40.0	32.7	30.0	30.0	6.7	23.0	26.7	28.0	27.2
38	40.0	33.7	31.7	29.7	7.0	25.3	26.8	29.3	30.3
39	40.0	33.8	31.7	29.3	8.2	26.7	27.0	26.3	30.0
40	40.0	35.3	31.7	29.8	9.5	29.3	28.7	26.3	28.8
41	40.0	35.8	31.7	30.5	9.7	27.3	29.2	26.3	28.5
42	40.0	35.3	31.3	30.0	10.3	27.3	30.5	27.3	29.2
43	40.0	35.8	31.7	30.3	12.0	27.7	29.7	26.7	28.8
44	40.0	35.5	31.3	31.7	13.0	28.2	32.3	24.0	27.7
45	40.0	36.7	32.0	31.5	12.9	29.5	30.0	26.2	30.3
46	40.0	36.2	31.5	31.5	13.3	29.2	32.7	28.5	31.2
47	40.0	35.5	31.0	32.7	13.5	29.7	30.7	32.7	32.0
48	40.0	36.8	30.3	31.5	13.5	27.3	32.2	30.0	31.0
49	40.0	36.8	30.7	32.2	14.2	28.7	32.3	33.3	31.0
50	40.0	38.7	30.7	32.5	14.2	28.8	31.5	31.0	30.5
51	40.0	40.0	31.7	34.2	14.7	30.0	31.7	29.7	30.7
52	40.0	40.0	31.7	33.2	15.0	30.0	33.0	30.3	29.0
53	40.0	40.0	32.2	32.5	15.8	28.3	31.8	30.3	30.7
54	40.0	40.0	32.0	32.3	15.7	30.3	32.3	30.3	31.0
55	40.0	40.0	34.2	32.5	16.0	31.3	32.2	29.7	33.0
56	40.0	40.0	35.7	33.3	16.3	32.7	34.0	31.0	33.7
57	40.0	40.0	37.7	33.5	17.8	33.8	34.8	31.8	32.2
58	40.0	40.0	38.3	34.2	17.7	33.5	35.0	33.7	32.5
59	40.0	40.0	40.0	35.0	18.2	33.2	32.7	31.5	33.0
60	40.0	40.0	40.0	34.7	18.7	33.7	35.2	32.0	33.2
61	40.0	40.0	40.0	33.7	18.8	33.2	36.0	32.8	32.5
62	40.0	40.0	40.0	34.0	18.2	32.7	35.0	31.8	33.0
63	40.0	40.0	40.0	33.3	19.0	33.7	33.5	31.0	33.7
64	40.0	40.0	40.0	33.5	20.3	31.3	33.8	32.0	31.0
65	40.0	40.0	40.0	34.2	20.8	32.3	34.3	31.2	32.8
66	40.0	40.0	40.0	33.7	20.7	32.7	33.8	32.0	32.0
67	40.0	40.0	40.0	34.7	20.7	33.3	33.7	32.5	32.2
68	40.0	40.0	40.0	34.2	20.3	33.5	34.2	31.8	32.0
69	40.0	40.0	40.0	35.0	20.8	33.3	34.7	31.3	32.3
70	40.0	40.0	40.0	35.2	20.7	33.2	34.7	32.0	33.7
71	40.0	40.0	40.0	35.8	20.3	33.5	34.5	32.3	32.3
72	40.0	40.0	40.0	35.8	21.7	32.8	33.7	32.0	33.0



Secara grafis hubungan antar waktu setelah pencampuran dan pembacaan Vicat untuk variasi kadar gula 0%; 0,05%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%; 0,3%; 0,35% dan 0,4% disajikan dalam Gambar 5.1. Pada gambar tersebut, BN merupakan kode untuk pasta semen dengan kadar gula 0% (pasta semen normal), BG 0,05; BG 0,1; BG 0,15; BG 0,2; BG 0,25; BG 0,3; BG 0,35 dan BG 0,4 merupakan kode untuk pasta semen dengan kadar gula 0,05%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%; 0,3%; 0,35% dan 0,4% secara berurutan.



Gambar 5.1 Grafik nilai vicat untuk berbagai kadar gula

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa pasta semen dengan kadar gula 0% mengalami ikatan akhir pada jam ke-12. Penambahan gula dengan kadar 0,15% sampai dengan 0,4% tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap waktu pencapaian ikatan akhir dari pasta semen. Sedangkan dengan penambahan gula sebesar 0,05% dan 0,1% memberikan efek cukup

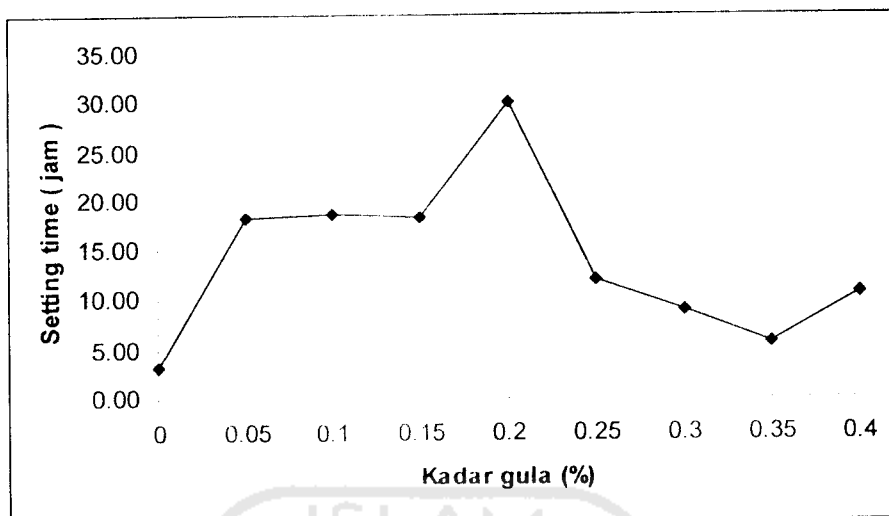
banyak, yaitu pasta semen tersebut mengalami ikatan akhir pada jam ke-51 dan 58 dimana karakteristik yang dapat dilihat adalah, setelah pasta semen mencapai ikatan awal, nilai vicat kemudian meningkat dalam waktu yang relatif singkat, namun akan kembali memperlambat pada waktu akan mencapai ikatan akhir untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran D.

Penambahan gula pasir dengan kadar diatas 0.1% akan mengakibatkan pasta semen tidak mengalami ikatan akhir pada jam ke-72. Bahkan pada kadar gula 0.2%, pasta semen tersebut baru mengalami ikatan awal pada jam ke 30.

Ikatan awal untuk berbagai kadar gula dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2. Ikatan awal dalam tabel tersebut diperhitungkan ketika jarum vicat mencapai 5 mm dari bawah/dasar.

Tabel 5.2 Hasil *Initial Setting Time* Pasta Semen Untuk Berbagai Kadar Gula

Kadar Gula (%)	Waktu (jam)
0.00	3,25
0.05	18,23
0.10	18,62
0.15	18,19
0.20	30,14
0.25	12,00
0.30	8,94
0.35	5,77
0.40	10,67



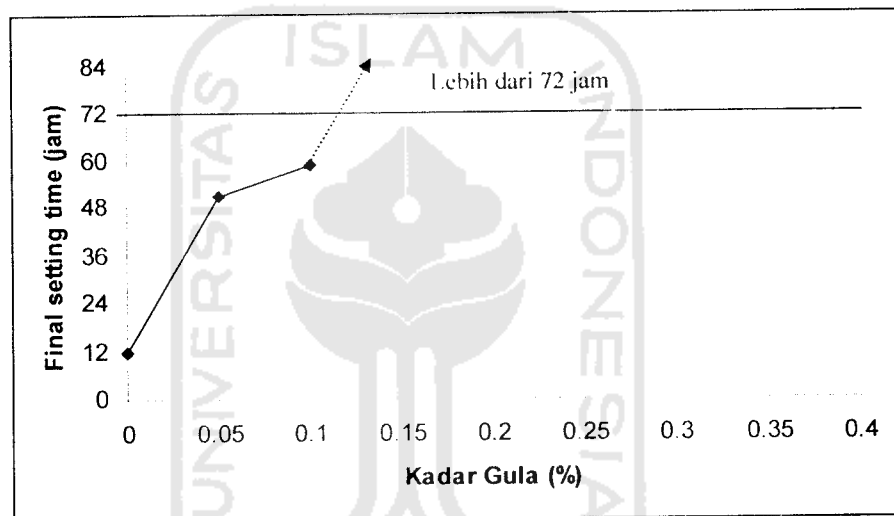
Gambar 5.2 Grafik *Initial Setting time* pasta semen untuk berbagai kadar gula

Berdasarkan grafik *initial setting time* tersebut terlihat bahwa semakin besar kadar gula pada pasta semen akan mengakibatkan *initial setting time* yang semakin besar, hal ini disebabkan karena gula akan menyelubungi butiran semen sehingga proses hidrasi tertunda. Setelah beberapa waktu, selubung gula rusak sehingga proses hidrasi berlangsung kembali. Namun setelah kadar gula 0.2% keadaan menjadi terbalik, yaitu setiap penambahan gula akan menurunkan waktu ikatan awal.

Sedangkan pada akhir pengujian, yaitu setelah pengujian mencapai 72 jam, hanya benda uji yang memiliki kadar gula 0%; 0,05% dan 0,1% yang telah mencapai ikatan akhir, sedangkan benda uji yang lainnya belum mencapai ikatan akhir. Nilai vicat pada saat jam ke-72 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.3.

Tabel 5.3 Tabel *Final Setting Time*

Kadar Gula (%)	Waktu (jam)
0.00	12
0.05	51
0.10	59
0.15	-
0.20	-
0.25	-
0.30	-
0.35	-
0.40	-

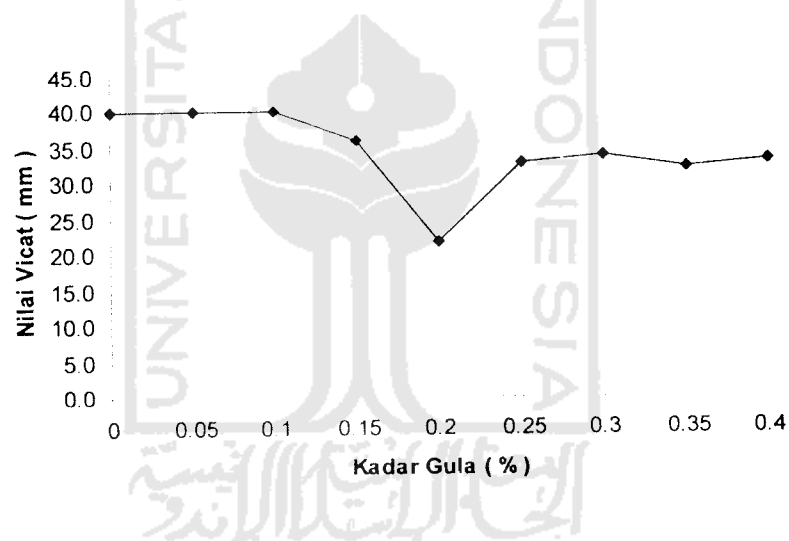
Gambar 5.3 Grafik *final setting time*

Dari grafik tersebut dapat diketahui *final setting time* untuk beberapa kadar gula, yaitu 0%; 0,05%; dan 0,1%. Sedangkan untuk kadar gula 0,15% – 0,4% tidak diketahui *final setting time*-nya, karena hingga jam ke-72 beberapa kadar gula tersebut belum mencapai nilai vicat maksimum (40 mm). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa untuk pembuatan beton dengan kadar gula lebih dari 0,15% maka beton tersebut tidak akan mengeras dalam waktu 72 jam. Nilai vicat

pada jam ke – 72 dapat dilihat pada Tabel 5.3 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 4.7

Tabel 5.4 Hasil Nilai Vicat Pada Saat Jam ke-72

Kadar Gula (%)	Nilai Vicat (mm)
0.00	40
0.05	40
0.10	40
0.15	35.8
0.20	21.7
0.25	32.8
0.30	33.7
0.35	32
0.40	33

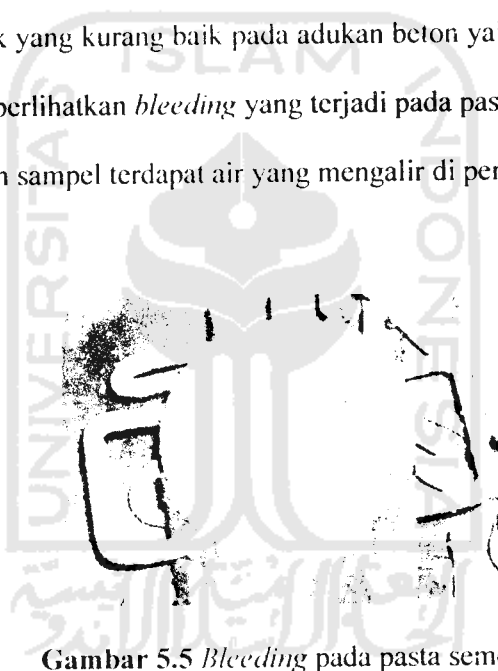


Gambar 5.4 Grafik nilai vicat pada saat jam ke-72

Penelitian yang dilakukan oleh Ardani (2001) dan Setyoasih (2001) mengatakan bahwa dengan bertambahnya kadar gula, waktu ikatanpun akan menjadi lebih lama. Begitu pula dengan penelitian yang dilakukan oleh Robert Asworth yang menunjukkan penambahan gula mampu menurunkan kecepatan *setting mortar*. Waktu untuk mencapai perlawanan penetrasi (dihitung dari saat pencampuran), semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar gula.

Namun berdasarkan penelitian ini, tidak setiap penambahan gula akan menurunkan waktu ikatan, selama masih dalam batas dosis campuran semakin tinggi kadar gula semakin lama pula waktu ikatan awal maupun ikatan akhir terjadi, namun setelah melewati batas dosis maksimum penambahan gula justru akan menurunkan waktu ikatan awal, terlihat jelas pada Gambar 5.4. Pada penelitian ini diperoleh dosis maksimumnya adalah sebesar 0.2%.

Penambahan gula terhadap pasta semen dengan kadar gula diatas 0,2% menimbulkan efek yang kurang baik pada adukan beton yaitu terjadinya *bleeding*. Gambar 5.5 memperlihatkan *bleeding* yang terjadi pada pasta semen yang ditandai setelah pencetakan sampel terdapat air yang mengalir di permukaan.



Gambar 5.5 *Bleeding* pada pasta semen

Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahan tambah Gula tebu bersifat *retarder* (penunda waktu ikatan). Menurut Mindess dan Young (1981) pengaruh *retarder* adalah memperpanjang periode *dormant* atau tahap pencapaian *initial set*, sehingga waktu ikatan semen menjadi lebih panjang. Pada proses pengikatan akhir lebih cepat sehingga peningkatan kekuatan tidak lebih rendah dari pada pasta yang

tidak diperlambat. Perpanjangan periode *dormant* sesuai dengan jumlah bahan tambah *retarder* yang digunakan, dan ketika dosis melebihi titik kritis, hidrasi C_3S tidak akan bertambah melebihi tahap proses pengikatan dan pasta semen tidak akan berikatan. Pada penelitian ini titik kritis *retarder* gula adalah ketika kadar gula mencapai 0.2%.

5.3 Workabilitas

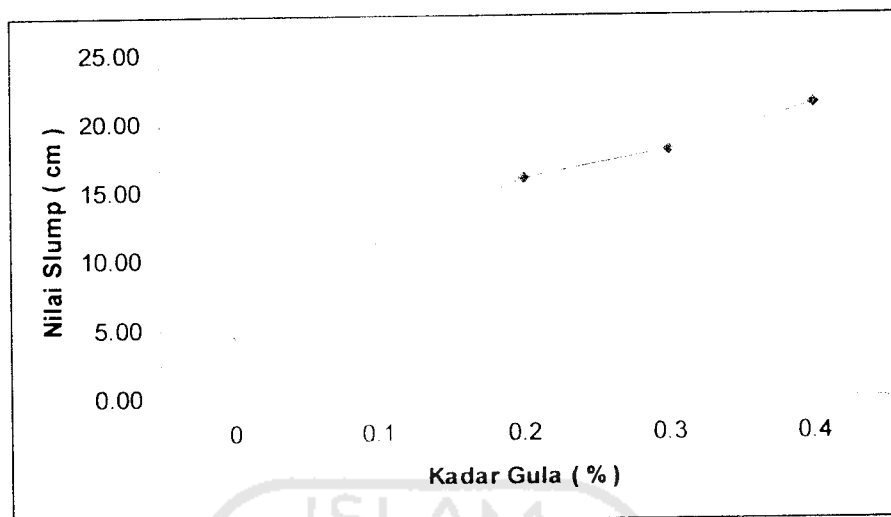
Salah satu petunjuk umum yang paling berguna pada saat ini untuk menentukan tingkat workabilitas atau tingkat kemudahan pengerjaan beton adalah dengan mengukur nilai *slump*.

Pengukuran nilai *slump* dilakukan pada benda uji untuk setiap kadar gula. Pengukuran dilakukan segera setelah pencampuran bahan-bahan penyusun beton pada *concrete mixer* yang telah diaduk selama kurang lebih 15 menit sehingga menunjukkan adukan beton yang homogen.

Berdasarkan pengukuran nilai *slump* yang disajikan dalam nilai rerata pada Tabel 5.5, tampak bahwa dengan penambahan gula pasir akan meningkatkan workabilitas adukan beton.

Tabel 5.5. Hasil Pengamatan Nilai *Slump*

Kadar Gula (%)	Tinggi (cm)
0.00	4.50
0.10	11.33
0.20	15.83
0.30	18.00
0.40	21.33



Gambar 5.6 Grafik Nilai *Slump*

Berdasarkan data diatas penambahan gula dapat meningkatkan workabilitas. Semakin tinggi kadar gula, maka akan semakin bertambah kelecakan adukan betonnya. Namun pada penelitian ini peningkatan nilai *slump* diatas campuran 0,3% memberikan efek yang cukup tinggi pada kelecakan adukan, yang menyebabkan terjadinya *segradasi*/pemisahan butiran dari bahan – bahan utamanya dan menimbulkan *bleeding* pada beton sehingga menurunkan kuat tekan.

Selain itu workabilitas juga diiringi oleh waktu ikatan awal hal ini nampak pada waktu yang diperlukan untuk membuka cetakan silinder beton, dimana untuk beton normal cuma diperlukan waktu 1 hari, sedangkan untuk kadar 0,1% diperlukan waktu 2 hari dan pada kadar 0,2%; 0,3% dan 0.4% diperlukan waktu 4 hari. Fenomena ini sesuai dengan hasil uji vicat yang menunjukkan bahwa *final setting time* untuk kadar gula lebih dari 0.1% adalah lebih dari 72 jam.

Peningkatan nilai *slump* terjadi karena gula yang tercampur secara homogen dalam adukan beton akan membentuk semacam lapisan atau selubung disekeliling partikel semen yang akan mengurangi hubungan antar partikel semen, sehingga partikel semen akan terpisah yang mengurangi gesekan antar partikel (Asworth, 1965, dalam Ardani, 2001). Selanjutnya partikel semen akan menjadi lebih besar untuk bereaksi dengan air. Pada waktu yang sama, air yang kemungkinan terjebak dalam sekelompok partikel semen yang melekat satu sama lain akan bebas. Pendapat lain menyatakan bahwa gula yang menyelubungi partikel semen akan mencegah bercampurnya semen dan air sehingga reaksi hidrasi semen akan terjadi secara berangsur-angsur. Peristiwa ini mengakibatkan mobilitas partikel semen semakin besar dan meningkatkan workabilitas.

Sehingga dapat disimpulkan selain sebagai *retarder* (penunda waktu ikatan) kadar gula juga mampu meningkatkan tingkat workabilitas, namun penambahan kadar gula yang melebihi dosis akan menyebabkan *segregation* (pemisahan kerikil) dan *bleeding* (pemisahan air). Kadar gula yang baik yaitu 0,2%.

5.4 Analisis Kuat Desak Beton

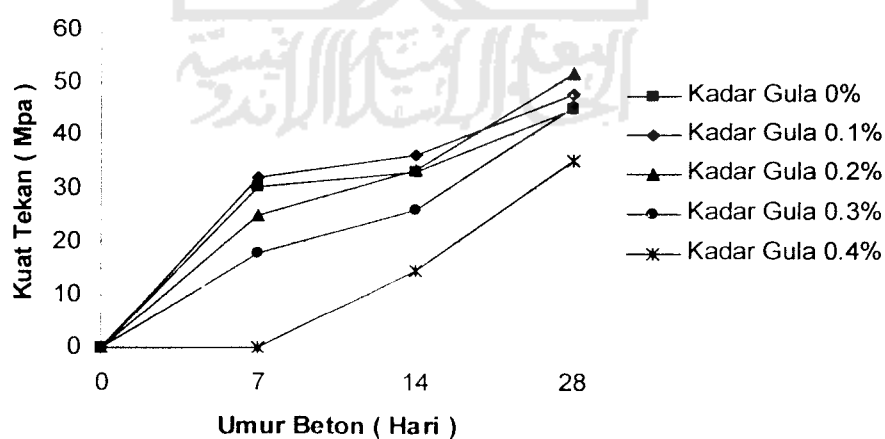
Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan benda uji silinder beton dengan diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Kuat tekan didapat dengan membagi beban yang ditahan oleh benda uji terhadap permukaan beton yang ditekan.

Pada pengujian ini digunakan silinder dengan tinggi 200 mm dan diameter 100 mm digunakan faktor koreksi yaitu 1,04 (Murdock and Brook, 1986).

Pengujian ini dilakukan pada saat beton telah berumur 7, 14 dan 28 hari dengan masing-masing 15 buah benda uji untuk kadar gula (0,1%; 0.2%; 0.3%; dan 0.4%) terhadap berat semen. Hasil pengujian dapat dilihat secara lengkap pada lampiran E dan rerata dari kuat tekan untuk berbagai umur beton dan kadar gula dapat dilihat pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.7.

Tabel 5.6 Rerata Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Variasi Kadar Gula (MPa)

Umur (hari)	Kadar Gula (%)				
	0	0.10	0.20	0.30	0.40
7	30.04	32.11	24.92	17.84	0
14	33.14	36.30	33.42	25.86	14.61
28	45.20	48.03	52.01	45.38	35.02



Gambar 5.7 Grafik uji kuat tekan beton pada berbagai kadar gula

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa pada umur 7 hari, kuat tekan beton yang memiliki kadar gula melebihi kuat tekan beton normal pada umur 7 hari dicapai oleh beton dengan kadar gula 0.1%. Namun beton dengan kadar gula 0.2%, 0.3%, mengalami penurunan kuat tekan dibanding dengan beton berkadar gula 0.1% dan beton dengan kadar gula 0,4% belum bisa diuji ini disebabkan beton belum kering dan pada penelitian yang kami lakukan pada kadar gula 0,4% beton bisa direndam pada umur 9 hari yang dapat diartikan beton dengan kandungan 0,4% kadar gula belum layak untuk menerima beban pada umur 7 hari.

Sedangkan pada umur 14 hari terlihat beton mengalami perubahan kuat tekan seiring perubahan umur beton yaitu pada campuran 0.1% mengalami kenaikan dibanding beton normal dan 0.2% mengalami kenaikan dibanding dengan beton normal tetapi mengalami penurunan dibanding beton 0,1% ini disebabkan proses hidrasi pada beton yang dipengaruhi oleh kadar gula belum maksimal. Sedangkan pada campuran 0.3% dan 0,4% tidak mengalami kenaikan kuat tekan ini disebabkan kadar gula yang lebih besar dan beton masih basah.

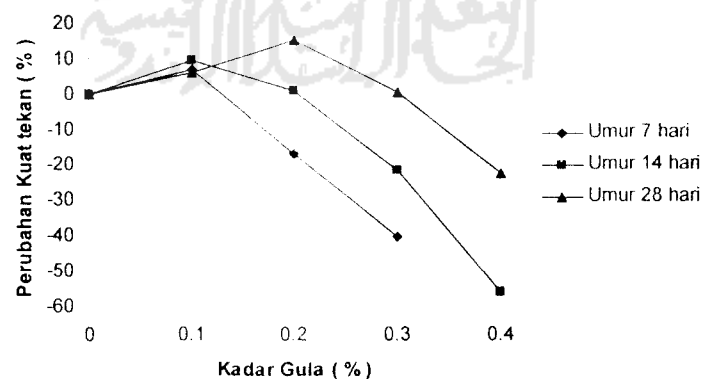
Ketika silinder beton berumur 28 hari, tidak semua silinder beton dengan kadar gula mengalami peningkatan kuat tekan. Beton dengan kadar gula 0.1% mengalami kenaikan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal pada umur 28 hari. Beton dengan kadar gula 0.2% mengalami peningkatan kuat tekan. Sedangkan Silinder beton dengan kadar gula 0.3% memiliki kuat tekan yang lebih rendah daripada beton dengan kadar gula 0.1% dan 0,2%, tetapi lebih tinggi daripada beton normal dan pada campuran 0,4% dalam percobaan ini tidak mengalami kenaikan kuat tekan dibanding beton normal dan campuran kadar gula

dibawah campuran 0,4%. Hal ini disebabkan kadar Gula terlalu tinggi sehingga beton belum bisa mengering pada umur 28 hari, selain itu Beton mengalami *bleeding*, sehingga bagian atas silinder beton akan memiliki kadar air yang lebih besar daripada fas rencana yang disebabkan campuran kada gula yang besar, hal ini menyebabkan kuat tekan beton menjadi lebih rendah.

Secara keseluruhan, dengan penambahan gula sebagai bahan *set retarder* akan meningkatkan kuat tekan beton normal. Perubahan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 5.8.

Tabel 5.7 Persentase perubahan kuat tekan beton pada berbagai kadar gula

Umur (hari)	Kadar Gula (%)				
	0	0.10	0.20	0.30	0.40
7	0.00	6.89	-16.98	-40.62	0
14	0.00	9.55	0.84	-21.95	-55.91
28	0.00	6.25	15.06	0.40	-22.51



Gambar 5.8 Grafik perubahan kuat tekan beton pada berbagai kadar gula

Persentase kuat tekan pada beton dengan penambahan gula 0.1% untuk umur 7 hari sebesar 6,89% terhadap beton normal. Pada umur yang sama untuk kadar gula 0,2%, 0,3% dan 0,4% tidak mengalami kenaikan kuat tekan. Pada umur 14 hari beton dengan kadar gula 0,1% dan 0,2% mengalami kenaikan kuat tekan sebesar 9,55% dan 0,84% dibandingkan dengan beton normal sedangkan pada beton dengan kadar gula 0,3% dan 0,4% tidak mengalami peningkatan kuat tekan. Sedangkan pada umur 28 hari peningkatan kuat tekan maksimum didapat pada campuran 0,2% dengan peningkatan sebesar 15,06%. Sedangkan pada campuran Gula 0,1% dan 0,3% mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 6,25% dan 0,40% Pada beton dengan campuran kadar gula 0,4% tidak mengalami peningkatan kuat tekan.

Dari hasil tersebut beton dengan fas 0,35 sesuai dengan persentase kekuatan pada umur maksimum yaitu pada umur 28 hari didapat kekuatan maksimum seiring dengan bertambahnya *initial setting time* yang dihasilkan pada uji waktu ikatan (*vicat test*) pada kadar gula yang sama yaitu pada kadar gula 0,2%, sebesar 52,01 Mpa (meningkat 15,06%). Sehingga dapat diartikan bahwa tidak semua penambahan gula akan meningkatkan kuat tekan, hal ini disebabkan penambahan gula diatas 0,2%, melebihi dosis optimum yang mengakibatkan proses pengikatan yang lama dan tingkat kelecakan pada beton sangat tinggi yang diakibatkan oleh kadar gula yang tinggi sehingga mengakibatkan campuran beton mengalami *bleeding* yang akan menurunkan kuat tekan.

5.5 Analisis Modulus Elastisitas

Pengujian tegangan-regangan tidak dilakukan terhadap seluruh benda uji disebabkan keterbatasan biaya yang tersedia, sehingga hanya diambil 3 sampel dari satu variasi berjumlah 15 sampel. Seluruh pengujian tegangan-regangan dilaksanakan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik, FTSP UII. Kurva hubungan tegangan-regangan benda uji untuk masing-masing umur beton ditunjukkan pada Lampiran F.

Perhitungan Modulus Elastisitas dan sebagai berikut :

$$\text{Modulus Elastisitas (Ec)} = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dimana : σ = Tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan (σ)

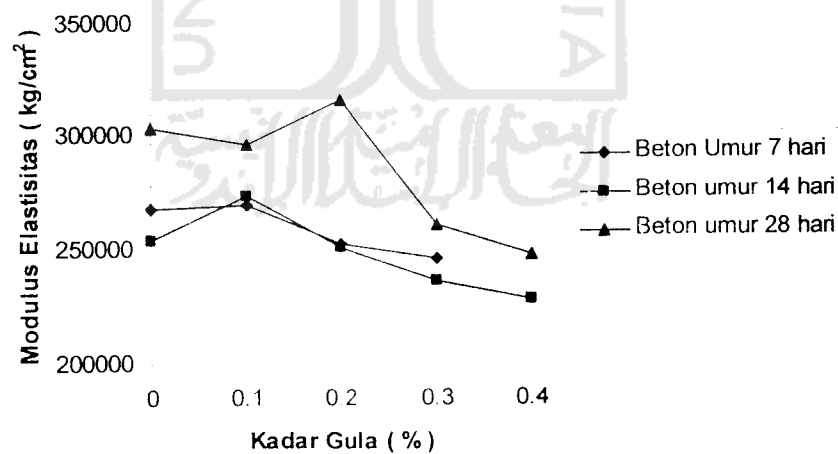
Dari hasil analisis pada lampiran F-19 s.d lampiran F-40 didapat pada tipe BN-7, didapat $\sigma = 123,707 \text{ kg/cm}^2$ dan $\varepsilon = 4,6175 \cdot 10^{-4}$

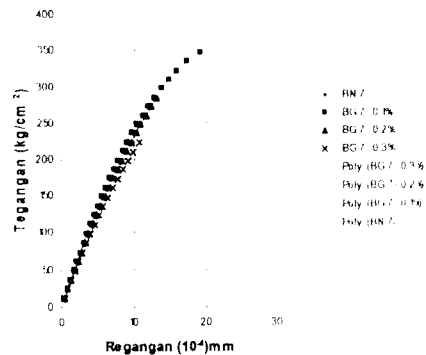
$$Ec = \frac{123,707}{4,6175 \cdot 10^{-4}} = 267911 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk tipe selanjutnya dapat dilihat Tabel 5.8 dan Gambar 5.9 :

Tabel 5.8 Hasil pengujian modulus elastisitas

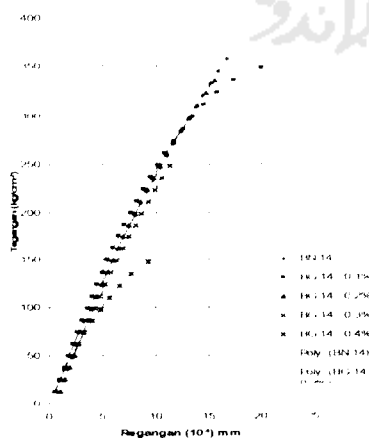
No.	Type	σ (kg/cm ²)	ϵ (10 ⁻⁴)	Modulus Elastisitas (kg/cm ²)
1	BN-7	123.707	4.617	267911
2	BG-7 0,1	148.424	5.504	269689
3	BG-7 0,2	123.707	4.904	252236
4	BG-7 0,3	98.525	4.012	245590
5	BN-14	148.096	5.840	253606
6	BG-14 0,1	149.513	5.465	273568
7	BG-14 0,2	136.649	5.458	250360
8	BG-14 0,3	99.264	4.210	235782
9	BG-14 0,4	61.330	2.695	227585
10	BN-28	184.961	6.089	303769
10	BG-28 0,1	198.129	6.694	296000
11	BG-28 0,2	211.185	6.690	315695
12	BG-28 0,3	186.278	7.156	260302
13	BG-28 0,4	148.524	6.011	247088

**Gambar 5.9** Grafik hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton



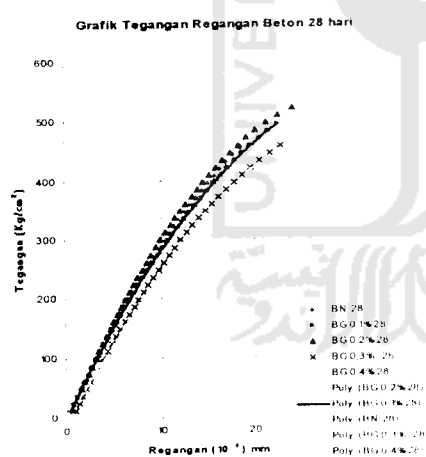
Dapat diketahui bahwa beton pada umur 7 hari, beton dengan tanpa campuran (BN-7) modulus elastisitas didapat 267911 Kg/cm^2 dan pada beton dengan campuran 0,1% (BG-7 0,1%) modulus elastisitas yang didapat naik sebesar 269689 Kg/cm^2

(naik 12,96%) hal ini disebabkan dengan campuran gula sebesar 0,1% dapat menyebabkan proses hidrasi dan pengikatan pada semen meningkat. Sedangkan pada campuran gula 0,2% dan 0,3% modulus elastisitas yang didapat mengalami penurunan yaitu sebesar 252236 Kg/cm^2 (turun 5,85%) dan 245590 Kg/cm^2 (turun 8,33%) yang disebabkan pengaruh kadar gula pada campuran tersebut mengakibatkan beton masih dalam kondisi jenuh sehingga proses hidrasi pada beton belum maksimal menyebabkan turunnya modulus elastisitas yang didapat. pada beton dengan kadar gula 0,4% dalam penelitian ini tidak dapat diuji disebabkan beton tersebut masih dalam keadaan basah sehingga beton tidak dapat menahan beban.



Pada pengujian tegangan regangan yang dihasilkan pada beton umur 14 hari didapatkan modulus elastisitas dari beton normal (BN-14) yaitu sebesar 253606 Kg/cm^2 tetapi pada hasil yang diperoleh dibandingkan dengan umur 7 hari menurun ini disebabkan proses hidrasi pada beton umur 14 hari tidak maksimal yang

umur 14 hari tidak maksimal yang disebabkan pada pengerjaan beton/adukan yang kurang baik. Sedangkan pada beton dengan campuran gula 0,1% sebesar 273568 Kg/cm² (meningkat 7.87 %) seperti halnya beton pada umur 7 hari meningkat dibandingkan dengan beton normal disebabkan peningkatan modulus elastisitas seiring dengan bertambahnya hari selain itu kadar gula yang dicampurkan memberikan efek pada mengikatnya semen dengan agregat yang berakibat pada meregangnya benda uji sehingga terjadi peningkatan modulus elastisitas. Seperti halnya pada beton umur 7 hari penurunan modulus elastisitas juga terjadi pada beton dengan kadar gula 0,2% yaitu sebesar 250360 Kg/cm² (turun 1,28%) dan juga pada kadar gula 0,3% dan 0,4% yaitu sebesar 235782 Kg/cm² (turun 7,03%) dan 227585 Kg/cm² (turun 10,26%)



Modulus elastisitas yang didapat pada umur 28 hari mengalami kenaikan maksimum dibandingkan dengan umur 7 hari dan 14 hari. Hal ini disebabkan proses kimia pada pengikatan semen yang disebabkan oleh kadar gula yang semakin berkurang, sehingga beton mengalami kenaikan kuat tekan dan dapat

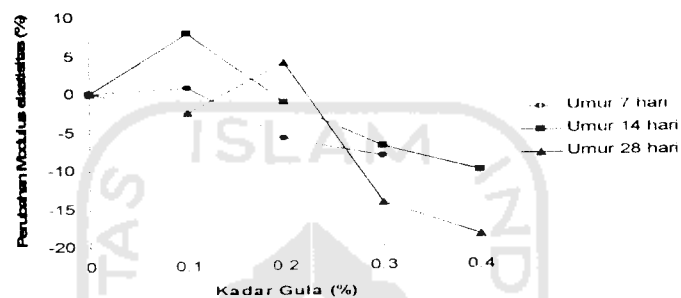
menyebabkan regangan yang dihasilkan juga semakin meningkat dan modulus elastisitas yang dihasilkan semakin besar. Besarnya modulus elastisitas pada beton normal yaitu sebesar 303769 Kg/cm² dan pada beton 0,1% menurun yaitu sebesar 296000 Kg/cm² (turun 2,56 %) hal ini dimungkinkan pada pemilihan benda uji

untuk pengujian tegangan regangan hasil yang diperoleh kecil sedangkan sampel lain dalam campuran 0,1% kuat tekan yang diperoleh lebih tinggi. Selain itu pengaruh yang ditimbulkan kadar gula, yaitu dimana proses pengikatan dan hidrasi antara semen dan agregat masih memberikan efek yang lebih pada proses meregangnya beton. Sedangkan pada pengujian beton dengan campuran kadar gula 0,2%, menghasilkan kenaikan yang signifikan dibandingkan beton yang lain yaitu sebesar 315695 Kg/cm^2 (meningkat 3,93%) ini disebabkan kadar gula 0,2% memberikan efek pada proses hidrasi dan pengikatan semen dengan bahan lain sehingga menyebabkan meningkatnya kuat tekan dan modulus elastisitas yang didapat meningkat. Pada campuran 0,3% modulus elastisitas dihasilkan sebesar 260302 Kg/cm^2 (turun 14,31%) hasil ini menunjukkan penurunan yang sangat drastis, begitu juga pada beton dengan campuran 0,4% yang mengalami penurunan dibanding beton normal, modulus elastis yang diperoleh sebesar 247088 Kg/cm^2 (turun 18,66%) hal ini disebabkan oleh kadar gula yang digunakan telah melebihi dosis, sehingga menyebabkan proses hidrasi pada beton kurang baik yang diakibatkan kadar gula, sehingga regangan yang diperoleh lebih kecil.

Jika dilihat dari masing-masing kadar gula dan umur beton maka hasil perhitungan persentase kenaikan modulus elastisitas dapat dilihat pada tabel 5.9 dan gambar 5.10

Tabel 5.9 Persentase perubahan modulus elastisitas tiap kadar gula

Umur (hari)	Kadar Gula (%)				
	0	0.10	0.20	0.30	0.40
7	0	0,66	-5,85	-8,33	
14	0	7,87	-1,28	-7,03	-10,26
28	0	-2,56	3,93	-14,31	-18,66

**Gambar 5.10** Grafik persentase perubahan modulus elastisitas

Bentuk kurva tegangan-regangan dipengaruhi oleh karakteristik agregat yang digunakan dan faktor pengujian seperti alat uji dan kecepatan pembebanan. Daerah terlemah pada beton adalah daerah antara pasta semen dengan agregat kasar. Penggunaan agregat kasar batu pecah yang memiliki permukaan kasar akan mengurangi hal tersebut, sehingga meningkatkan kuat tekan dan memperkecil deformasi yang terjadi akibat pembebanan, selain itu pengaruh kadar gula pada penelitian ini berfungsi sebagai *filler* yang akan mengisi rongga – rongga antar butiran semen sehingga akan meningkatkan kuat tekan dan proses pengikatan semen dengan agregat.