

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh setelah melakukan penelitian di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan yaitu berupa pemeriksaan dan pengujian agregat kasar dan agregat halus yang akan dipakai untuk pembuatan benda uji, sifat fisik beton SCC meliputi : *slump flow test*, *L-Shape box test*, *V funnel test*, serta pengujian sifat mekanik beton SCC yang meliputi : pengujian kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik beton.

5.1 Hasil Pemeriksaan Dan Pengujian Bahan Penyusun Beton SCC

5.1.1 Pemeriksaan Agregat Kasar (Split)

a) Pemeriksaan Kandungan Lumpur

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Kandungan lumpur yang besar dapat mengurangi lekatan antara agregat kasar dengan pasta semen, sehingga mutu beton menurun. Hasil pemeriksaan kandungan lumpur adalah sebagai berikut :

- Berat piring + kerikil = 226 gram
- Berat piring kosong = 126,3 gram
- Berat kerikil (A) = 99,7 gram

$$W = \frac{100-99,7}{100} \times 100\% = 0,3 \%$$

Keterangan:

W = Kandungan lumpur dalam agregat kasar

A = Berat agregat kasar setelah dioven

Kandungan lumpur dalam split adalah $0,3 \% \leq 1\%$, sehingga memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton (ASTM C.33,2003).

b) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Dalam pengujian menggunakan agregat kasar (*split*) dengan jenis diameter rata – rata 10 mm. Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui nilai dari berat jenis agregat dan penyerapan pada agregat kasar yang digunakan. Secara umum berat jenis agregat kasar normal memiliki nilai antara 2,5 – 2,9 gr / cm³. Dari pemeriksaan yang dilakukan mendapatkan hasil berat jenis agregat sebesar 2,7317 gr/cm³. Besarnya nilai berat jenis dikarenakan ukuran butir agregat yang digunakan relatif kecil, sehingga dalam 1 m³ volume butir agregat menjadi relatif besar. Beratnya benda uji akan berpengaruh terhadap nilai berat jenis campuran dari adukan beton, sehingga kebutuhan agregat akan tepat dalam menentukan campuran. Dari pengujian berat jenis yang dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

No.	Tahapan Pemeriksaan	Hasil
A.	Berat contoh kering	984,5 gram
B.	Berat contoh Jenis kering permukaan (SSD)	999 gram
C.	Berat contoh dalam air	631 gram
D.	Berat Jenis <i>Bulk</i> = $\frac{(A)}{(B-C)}$	2,6767 gram
E.	Bj jenuh kering permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(B-C)}$	2,7162 gram
F.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>) = $\frac{A}{(A-C)}$	2,7866 gram
G.	Penyerapan (<i>absorption</i>) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$	1,4728 %
H.	Berat jenis Agregat kasar = $\frac{D+F}{2}$	2,7317 gram

Untuk pemeriksaan kadar penyerapan dari agregat kasar mendapatkan hasil 1,4728 %. Hasil kadar air agregat yang digunakan memenuhi persyaratan untuk nilai penyerapan agregat kasar kurang dari 5%. Nilai dari penyerapan dapat mempengaruhi besarnya kebutuhan air yang terhadap campuran beton dikarenakan dalam pori dalam agregat dapat menyerap air dari campuran beton. Dengan diketahuinya nilai penyerapan agregat maka jumlah air yang direncanakan dalam adukan beton harus ditambah sebesar air yang dapat diserap oleh agregat, sehingga nilai dari fas yang direncanakan dapat sesuai dengan rencana.

c) Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar dengan Mesin *Los Angeles*

Menurut SNI SK SNI M-02-F (1990) mengenai syarat kekuatan agregat dengan bejana geser *Los Angeles* untuk beton kelas 1 dan mutu B₀ dan B₁, bagian yang hancur (lolos saringan No.12) maksimum 40%. Pemeriksaan keausan yang dilakukan mendapatkan hasil sebesar 24,96 %, sehingga agregat memenuhi persyaratan untuk keausan. Hasil pemeriksaan terlihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Tahap Pemeriksaan	Hasil
Berat Sebelumnya (A)	5000 gram
Berat Sesudah Diayak Saringan no. 12 (B)	3744 gram
Berat sesudah (A-B)	2366 gram
Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100 \%$	25,12 %

d) Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB)

Pemeriksaan modulus halus butir (Mhb) bertujuan untuk mengetahui gradasi butir agregat. Makin besar nilai dari modulus butir berarti semakin besar butiran agregatnya. Nilai mhb didapatkan dari jumlah persentase berat tertahan pada pemeriksaan. Dari pemeriksaan didapatkan hasil 7,921. Hal ini sesuai dengan nilai mhb dari agregat kasar pada umumnya yaitu sebesar antara 5,0 – 8,0 (ASTM C.33, 2003). Dari nilai mhb tersebut maka agregat kasar yang digunakan memenuhi syarat gradasi sebagai bahan campuran beton SCC. Hasil Pemeriksaan gradasi seperti pada Tabel 5.3

Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Mhb Agregat Kasar

No. Saringan	Berat Tertahan	Persentase (%)	
		Berat tertahan	Σ Berat Tertahan
3/4"	0	0	0
1/2"	24,26	2,246	2,246
3/8"	902	90,2	92,626
4	66	6,6	99,226
8	1	0,1	99,326
30	2	0,2	99,526
50	1	0,1	99,626
100	1	0,1	99,726
200	1	0,1	99,826
Pan	1,74	0,174	100
Jumlah	1000	100 %	792,128

5.1.2 Pemeriksaan Agregat Halus(Pasir)

a) Pemeriksaan Kandungan Lumpur

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering. Kandungan lumpur yang besar dapat mengurangi lekatan antara agregat pasir dengan pasta semen, sehingga mutu beton menurun. Hasil pemeriksaan kandungan lumpur adalah sebagai berikut :

- Berat piring + pasir = 186,3 gram
- Berat piring kosong = 86,6 gram
- Berat pasir (A) = 99,7 gram

$$W = \frac{100-99,7}{100} \times 100\% = 0,3 \%$$

Keterangan:

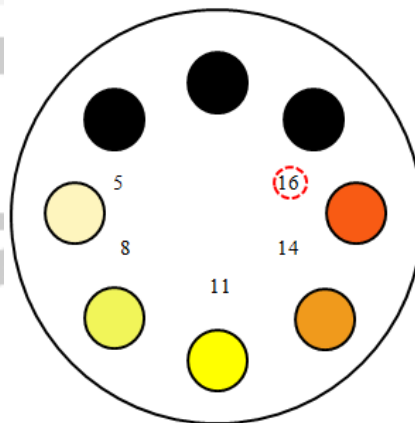
W = Kandungan lumpur dalam agregat halus

A = Berat agregat kasar setelah dioven

Kandungan lumpur dalam halus adalah $0,3 \% \leq 1\%$, sehingga memenuhi syarat sebagai bahan campuran adukan beton (ASTM C.33, 2003).

b) Pemeriksaan Kandungan Organik

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui kandungan organik dalam agregat halus. Hasil pemeriksaan ini dapat diketahui setelah didiamkan selama 24 jam, warna larutan pada agregat kasar sesuai dengan warna *Gardner Standard Color* No. 16.



Gambar 5.1 *Gardner Standard Color* Agregat Halus

c) Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan

Dari pengujian berat jenis yang dilakukan didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Pasir

No.	Tahap Pemeriksaan	Hasil
A	Berat contoh Jenis kering permukaan (SSD)	500 gram
B	Berat contoh kering	495,12 gram
C	Berat air	318,17 gram
D	Berat Jenis $Bulk = \frac{(A)}{(B-C)}$	2,7229 gram
E	Bj jenuh kering permukaan (SSD) = $\frac{500}{(B-C)}$	2,7498 gram
F	Berat jenis semu (<i>apparent</i>) = $\frac{A}{(B-C)-(500-A)}$	2,7981 gram
G	Penyerapan (<i>absorption</i>) = $\frac{500-A}{A}$	0,9856 %

d) Pemeriksaan Modulus Halus Butir (MHB)

Dari pemeriksaan didapatkan hasil 3,25. Hal ini sesuai dengan nilai mhb dari agregat kasar pada umumnya yaitu sebesar antara 1,5 – 3,8 (ASTM C.33, 2003). Dari nilai mhb tersebut maka agregat halus yang digunakan memenuhi syarat gradasi sebagai bahan campuran beton SCC. Hasil Pemeriksaan gradasi seperti pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil Pemeriksaan Mhb Agregat Halus

No. Saringan	Berat Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	Berat Tertahan (gram)	ΣBerat Tertahan (gram)	Persentase Berat Tertahan (%)	Persentase lolos (%)
3/4"	558	558	0	0	0	100
1/2"	462	462	0	0	0	100
3/8"	548	548	0	0	0	100
4	412	412,20	0,20	0,2	0,02	99,98
8	324	326	2	2,2	0,22	99,78
30	405	449	42	44,2	4,42	95,58
50	293	517	224	268,2	26,82	73,18
100	289	962	672	940,2	94,02	5,98
200	240	297	57	997,2	99,72	0,28
Pan	155,26	158,06	2,8	1000	100	0
Total			1000		325,22	

5.2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Beton SCC

Dari hasil pengujian sifat fisik adukan beton yang terdiri dari enam sampel adukan beton didapatkan hasil bahwa adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 %, LP 1,0 %, LP 1,2 %, dan LP 1,4 % merupakan adukan beton SCC, Sedangkan adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,5 %, dan LP 2,0 % bukan merupakan beton SCC. Belum optimalnya kadar *superplasticizer* dan juga munculnya efek negatif seperti *bleeding* juga segregasi menyebabkan hal itu terjadi. Hasil pengujian sifat fisik adukan beton dapat dilihat pada tabel 5.6.

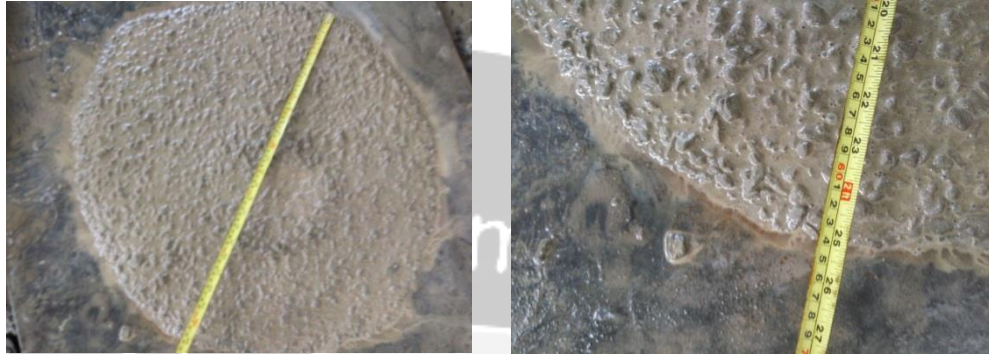
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Sifat Fisik Adukan Beton SCC

Benda uji	<i>Slump flow</i>		<i>V-Funnel</i>	<i>L-Shape box</i>			EFNARC
	Dimeter (Cm)	Waktu (Detik)	Waktu (Detik)	H1 (Cm)	H2 (Cm)	H2/H1 (Cm)	
LP 0,5 %	58	7,6	15	11,7	8,8	0,77	Bukan SCC
LP 0,8 %	60	6,3	12	11	9	0,82	SCC
LP 1,0 %	67	6	11	10,3	9,1	0,88	SCC
LP 1,2 %	70	5,8	11	10,2	9,3	0,91	SCC
LP 1,4 %	75	3,9	8	9,8	9,5	0,97	SCC
LP 2,0 %	77*	3	6*	9,66	9,6	0,99*	Bukan SCC

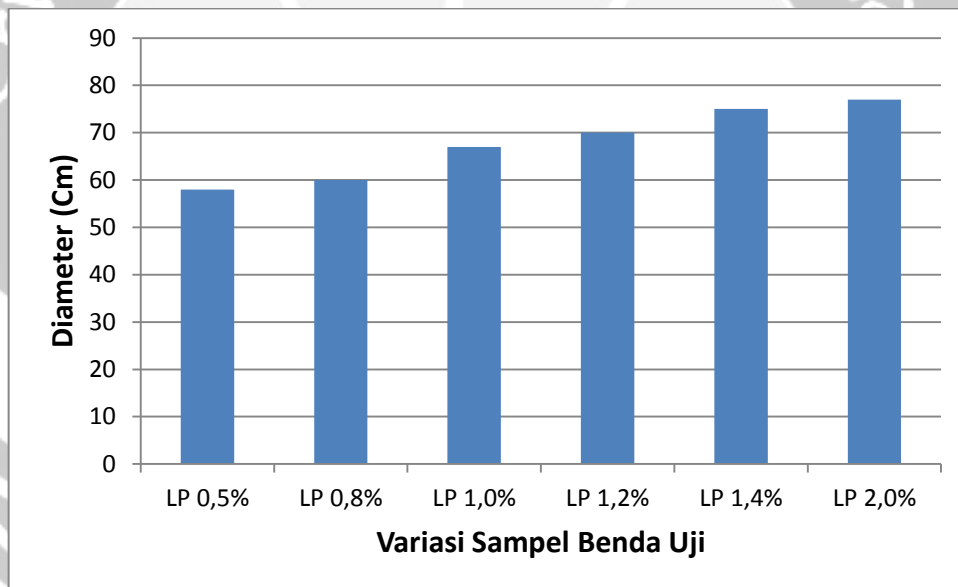
* segregasi dan *bleeding*

5.2.1 Pengujian *Slump-flow*

Berdasarkan peraturan dari Standard EFNARC syarat *slump flow* untuk beton SCC diisyaratkan mencapai diameter sekitar 60-75 cm. Pada penelitian ini sampel benda uji LP 0,8% sampai LP 1,4% dari beton SCC masuk kedalam syarat untuk pengujian *slump flow* yaitu mempunyai diameter berada diantara 60 sampai 75 cm. sedangkan sebagian lagi tidak memenuhi syarat, seperti sampel benda uji dengan variasi LP 0,5% sebesar 58 cm dan variasi LP 2 % sebesar 77 cm. Untuk hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.2 Pengujian *Slump-Flow*



Gambar 5.3 Grafik Pengujian *Slump-Flow*

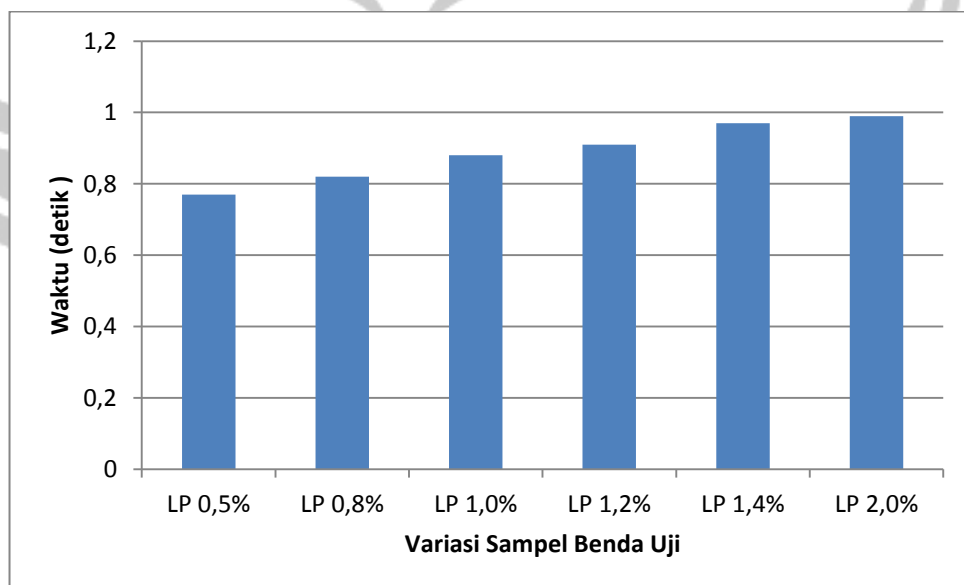
5.2.2 Pengujian *L-Shape Box*

Kemampuan adukan beton untuk mengalir melalui cela-cela antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau *blocking* merupakan bagian dari pengujian *L-Shape box*. Pada pengujian ini sampel adukan beton SCC dengan kadar *superplasticizer* LP 0,8 %,

LP 1 %, LP 1,2 %, LP 1,4 % dan LP 2% memenuhi syarat untuk pengujian *L-Shape box* dengan nilai *blocking ratio* sebesar 0,82, 0,88, 0,91, 0,97, dan 0,99. Syarat untuk nilai *blocking ratio* pada pengujian ini yaitu sekitar 0,8- 1,0 sesuai standar dari EFNARC. Untuk hasil pengujian *L-Shape Box* dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5.4 Pengujian *L-Shape Box*



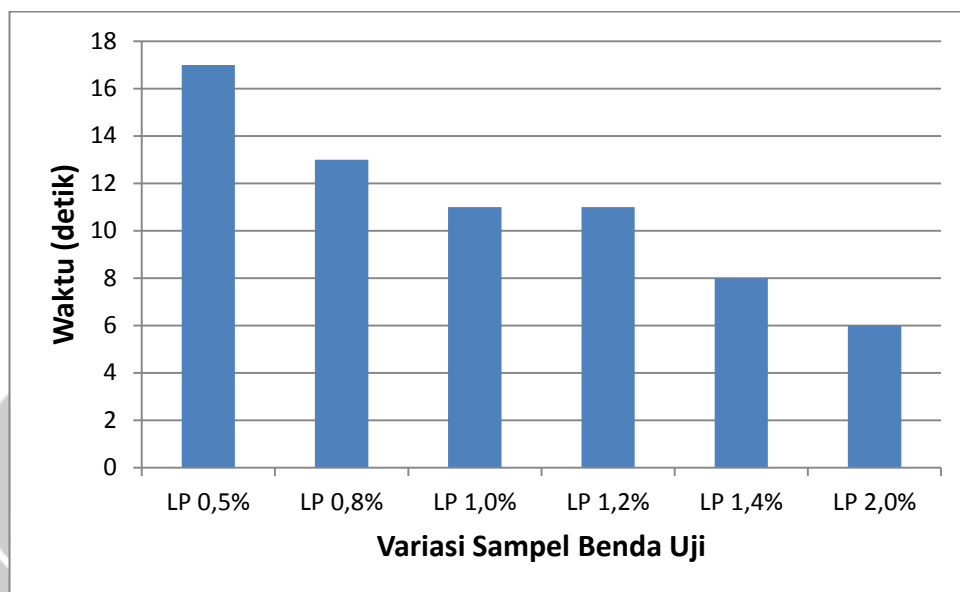
Gambar 5.5 Grafik Pengujian *L-Shape Box*

5.2.2 Pengujian *V-funnel*

Pada penelitian ini dilakukan pengujian *V-funnel* yaitu untuk melihat kemampuan dari adukan beton SCC dapat sesegera mungkin mengalir dan tetap homogen dengan waktu mengalir sekitar 3-15 detik. Pada pengujian ini didapatkan hasil bahwa sampel adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 %, LP 1 %, LP 1,2 %, dan LP 1,4 % memenuhi kriteria adukan beton SCC dengan waktu mengalir keluar dari *V-funnel* yaitu 13, 11, 11, dan 8. Untuk hasil pengujian *V-Funnel* dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.6 Pengujian *V-Funnel*



Gambar 5.7 Grafik Pengujian *V-Funnel*

Pada hasil pengujian untuk sampel benda uji LP 0,5% adukan beton masih kesulitan untuk mengalir dan terlihat membutuhkan tambahan air pada proses pengadukan, sedangkan pada hasil pengujian untuk benda uji LP 2 % pada adukan beton menunjukkan mulai terjadinya segregasi dan *bleeding*, dikarenakan penambahan dosis sebesar 2 % *superlasticizer* dari berat semen tidak lagi efektif terhadap kemampuan mereduksi airnya. Jadi dapat disimpulkan bahwa semua sampel merupakan adukan beton SCC. Sedangkan untuk penggunaan ideal *superplasticizer* Ligno P-100 berada pada variasi LP 0,8% - LP 1,4%.

5.3 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton SCC

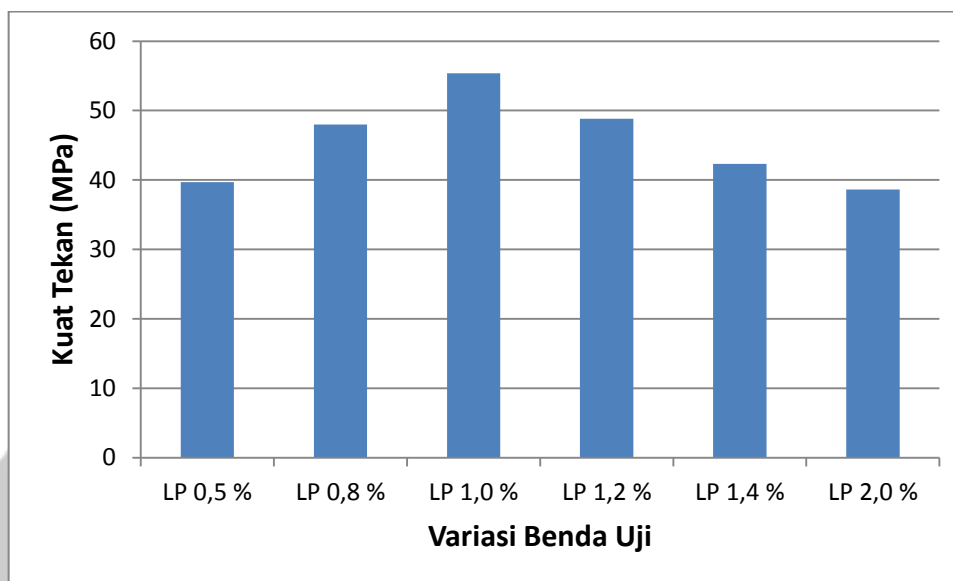
5.3.1 Pengujian Kuat Tekan Beton SCC

Pengujian kuat desak beton SCC ini dilakukan pada umur 28 hari. Jumlah beton yang diuji yaitu sebanyak 18 benda uji, data hasil pengujian kuat tekan beton

disajikan pada Tabel 5.7 dan grafik hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan pada Gambar 5.8.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton SCC

No	Kode Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	P(Kgf)	F'c (Mpa)	F'c Rata-Rata (Mpa)
1	Lp 0,5	15,2	29,7	13,26	710	39,1473	39,7124
	Lp 0,5	15,03	29,5	13,4	720	40,6018	
	Lp 0,5	15,1	29,9	13,42	705	39,3881	
2	Lp 0,8	15,1	29,7	13,26	865	48,3273	48,0126
	Lp 0,8	15,02	29,5	13,4	850	47,9965	
	Lp 0,8	15,02	29,9	13,42	845	47,7141	
3	Lp 1,0	15,07	29,8	13,4	990	55,5315	55,3602
	Lp 1,0	15,1	30	13,74	995	55,5904	
	Lp 1,0	15,11	29,7	13,37	985	54,9589	
4	Lp 1,2	15,01	29	13,62	870	49,1913	48,8430
	Lp 1,2	15,03	29,6	13,86	865	48,7785	
	Lp 1,2	15,09	29,8	14,02	868	48,5592	
5	Lp 1,4	15,12	29,9	13,36	750	41,7915	42,3329
	Lp 1,4	15,07	29,8	13,16	755	42,3497	
	Lp 1,4	15,03	29,9	13,2	760	42,8574	
6	Lp 2,0	15,1	29,9	13,36	700	39,1088	38,6502
	Lp 2,0	15,03	29,8	13,16	688	38,7972	
	Lp 2,0	15,2	29,9	13,2	690	38,0445	



Gambar 5.8 Grafik Pengujian Kuat Tekan Beton SCC

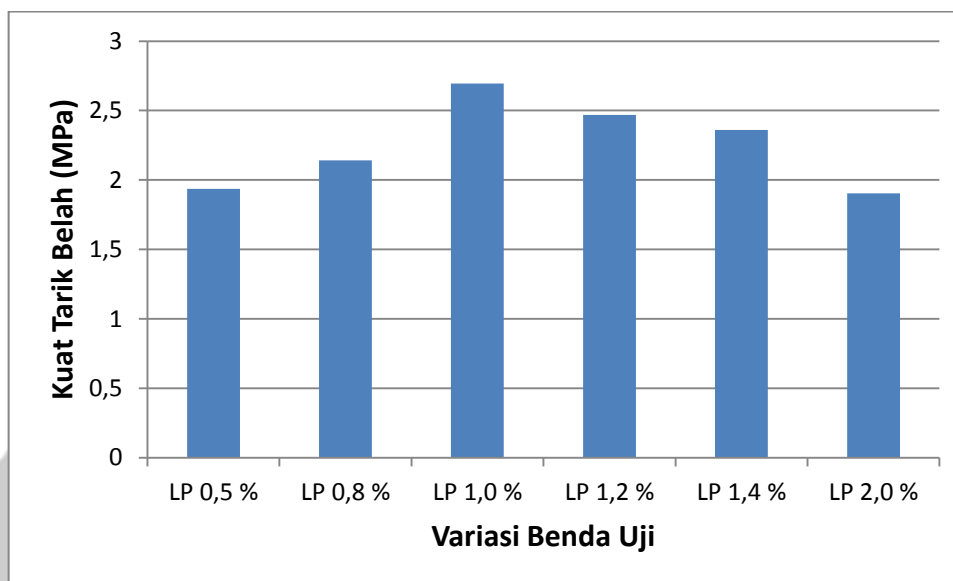
Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan tertinggi terjadi pada beton SCC LP 1,0 % pada umur 28 hari dengan nilai 55,3602 MPa dan terendah terjadi pada beton SCC LP 2,0 % dengan nilai 38,6502MPa. Peningkatan kuat tekan terjadi pada penambahan kadar *superplasticizer* LP 0,5% sampai LP 1,0 % kemudian terjadi penurunan yang signifikan pada kadar *superplasticizer* LP 1,2 % sampai LP 2,0 % hal ini dikarenakan pada penambahan kadar *superplasticizer* LP 1,2 % sampai LP 2 % adukan beton mengalami segregasi dan bleeding terutama pada kadar LP 2 % sehingga hal tersebut mengurangi kekuatan dari beton . Dapat disimpulkan bahwa beton dengan kadar *superplasticizer* LP 0,8 % sampai LP 1,4 % merupakan beton mutu tinggi.

5.3.2 Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC

Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian yang dilakukan menggunakan mesin kuat desak ELE, hasil pengujian kuat tarik belah beton disajikan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC

No	Kode Sampel	Diameter (Cm)	Tinggi (Cm)	Berat (Kg)	P(Kgf)	F't (Mpa)	F't Rata-Rata (Mpa)
1	LP 0,5 %	15,09	29	13,36	140	2,0377	1,9367
	LP 0,5 %	15,1	29,6	13,16	135	1,9238	
	LP 0,5 %	15,03	29,8	13,2	130	1,8487	
2	LP 0,8 %	15,04	29,9	13,33	150	2,1246	2,1418
	LP 0,8 %	15,03	29,5	13,06	155	2,2266	
	LP 0,8 %	15,2	29,9	13,36	148	2,0742	
3	LP 1,0 %	15,06	29,9	13,7	180	2,5461	2,6936
	LP 1,0 %	15,07	29,8	13,21	195	2,7657	
	LP 1,0 %	15,07	29	13,86	190	2,7691	
4	LP 1,2 %	15,03	29,6	14,02	175	2,5055	2,4688
	LP 1,2 %	15,01	29,8	13,36	170	2,4208	
	LP 1,2 %	15,03	29,9	13,16	175	2,4803	
5	LP 1,4 %	15,09	29,7	13,37	160	2,2739	2,3608
	LP 1,4 %	15,12	29,5	13,62	168	2,3990	
	LP 1,4 %	15,03	29,9	13,86	170	2,4095	
6	LP 2,0 %	15,06	29,6	13,56	135	1,9289	1,9051
	LP 2,0 %	15,1	29,5	13,42	130	1,8589	
	LP 2,0 %	15,02	29,7	13,26	135	1,9276	



Gambar 5.9 Grafik Pengujian Kuat Tarik Belah Beton SCC

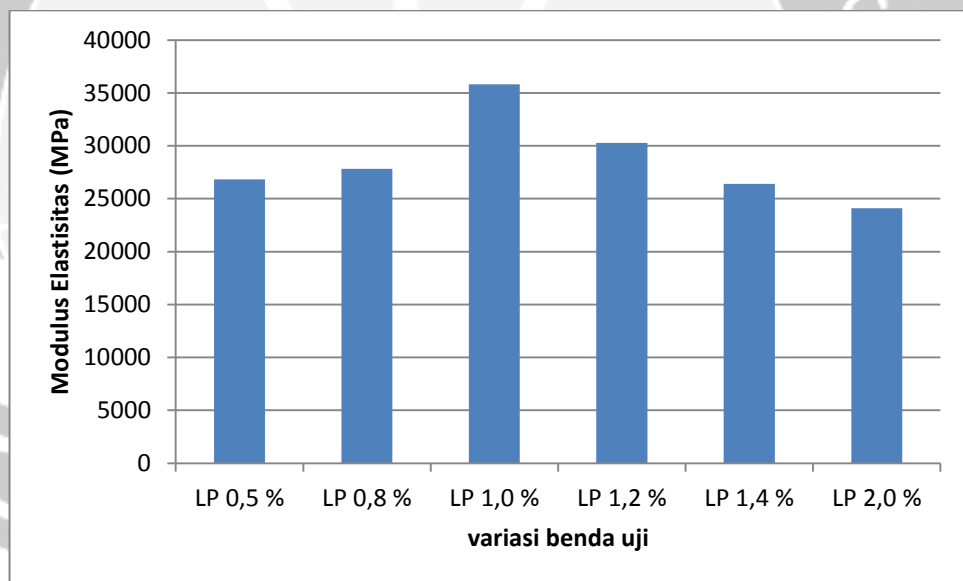
Dari data di atas dapat di simpulkan bahwa kuat tarik belah tertinggi terjadi pada beton SCC LP 1,0 % pada umur 28 hari dengan nilai 2,6936 MPa dan terendah terjadi pada beton SCC LP 2,0 % dengan nilai 1,9051MPa.

5.3.2 Pengujian Modulus Elastisitas Beton SCC

Pengujian Modulus Elastisitas Beton ini dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan bantuan Mesin Kuat desak UTM merk *Shimadzu*. Adapun grafik tegangan-regangan untuk seluruh beton SCC pada umur 28 hari dapat dilihat pada lampiran. Data hasil pengujian modulus elastisitas beton disajikan pada Tabel 5.9 serta grafik hasil pengujian kuat tekan beton ditunjukkan pada Gambar 5.10

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Modulus Elastistas Beton SCC

No.	Kode Beton	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	LP 0,5 %	26832
2	LP 0,8 %	27816
3	LP 1,0 %	35810
4	LP 1,2 %	30281
5	LP 1,4 %	26414
6	LP 2,0 %	24101



Gambar 5.10 Grafik Modulus Elastisitas Beton SCC

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada variasi beton SCC LP 1,0 % umur 28 hari dengan nilai modulus elastisitas 35810 MPa.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian *Slump-flow*, sampel adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,5 %, LP 0,8 %, LP 1 %, LP 1,2 %, LP 1,4 %, dan LP 2,0 % berturut-turut menghasilkan diameter sebesar 58 cm, 60 cm, 67 cm, 70 cm, 75, dan 77. Adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 % - 1,4 % telah memenuhi syarat pengujian adukan beton SCC yang ditetapkan oleh EFNARC yaitu diameter berada diantara 60-75 cm.
2. Pada pengujian *V-Funnel*, sampel adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,5 %, LP 0,8 %, LP 1,0 %, LP 1,2 %, LP 1,4 % dan LP 2,0 % berturut-turut menghasilkan waktu mengalir 17 detik, 13 detik, 11 detik, 11 detik, 8 detik dan 6 detik. Adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 % - 1,4 % telah memenuhi syarat pengujian adukan beton SCC yang ditetapkan oleh EFNARC yaitu waktu mengalir keluar dari *V-funnel* yaitu berada diantara 3-15 detik.
3. Pada pengujian *L-Shape box*, sampel adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,5 %, LP 0,8 %, LP 1,0 %, LP 1,2 %, LP 1,4 % dan LP 2,0 % berturut-turut menghasilkan nilai *blocking ratio* sebesar 0,77, 0,82,

0,88, 0,91, 0,97, dan 0,99. Adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 % - LP 1,4 % telah memenuhi syarat pengujian adukan beton SCC yang ditetapkan oleh EFNARC yaitu nilai *blocking ratio* berada diantara 0,8 – 1.

4. Adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,8 %, LP 1 %, LP 1,2% dan LP 1,4 % merupakan adukan beton SCC, dengan penggunaan optimal kadar *superplasticizer* sebanyak 1 % dari berat semen.
5. Dengan melihat hasil pengujian, adukan beton dengan variasi *superplasticizer* LP 0,5 % dan LP 2,0 % bukan termasuk adukan beton SCC, belum optimalnya kadar *superplasticizer* dan juga munculnya efek negatif seperti *bleeding* juga segregasi menyebabkan adukan beton tidak termasuk adukan beton SCC.
6. Nilai kuat tekan beton rerata pada umur 28 hari dengan variasi beton SCC LP 0,5 %, LP 0,8 %, LP 1 %, LP 1,2 %, LP 1,4 dan LP 2 % berturut-turut sebesar 39,7124 MPa, 48,0126 MPa, 55,3602 MPa, 48,8430 MPa, 42,3329 MPa, dan 38,6502 MPa. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa beton dengan variasi LP 0,8 %, LP 1 %, LP 1,2 %, dan LP 1,4 % merupakan beton mutu tinggi.
7. Nilai kuat tarik beton rerata pada umur 28 hari dengan variasi beton SCC LP 0,5 %, LP 0,8 %, LP 1,0 %, LP 1,2 %, dan LP 2,0 % berturut-turut sebesar 1,9367 MPa, 2,1418 MPa, 2,6936 MPa, 2,4688 MPa, 2,3608 MPa, dan 1,9051 MPa.
8. Nilai modulus elastisitas tertinggi terjadi pada variasi beton SCC LP 1,0 % umur 28 hari dengan nilai modulus elastisitas 35810 MPa.

9. Penggunaan *Superplastcizer Ligno P-100* mampu meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan karena mengurangi air dan meningkatkan *workability* adukan beton

6.1 Saran

Berdasarkan pengalaman yang dialami oleh peneliti pada saat pelaksanaan penelitian, maka peneliti memberikan beberapa saran yang diperlukan apabila hendak menindaklanjuti penelitian ini. Adapun saran-saran untuk penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut :

1. Perlunya mengetahui kandungan dari semua bahan tambah agar mengetahui manfaat yang diberikan bahan tambah tersebut.
2. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengurangi kegetasan pada pertambahan mutu beton, misalnya dengan penambahan serat (*viber*) dalam campurannya.
3. Penggunaan Ligno P-100 diatas 2 % hendaknya dihindari karena selain penambahan dosis tersebut tidak efektif terhadap kemampuan mereduksi airnya semakin kecil juga akan timbul efek-efek negatif seperti segregasi dan *bleeding*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar* (SK SNI M-09-1989-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus* (SK SNI M-10-1989-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat* (SK SNI M-11-1989-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1989, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar* (SK SNI M-08-1989-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles* (SK SNI M-02-1990-F), Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 2000, *Tata Cara Perencanaan Campuran Beton Berkekuatan Tinggi dengan Semen Portland dan Abu Terbang* (SNI 03-6468-2000). Badan Standarisasi Nasional.
- ASTM C-33, 2003. *Standard Specifications for Concrete Aggregate. United States Association of Standard Testing Materials*
- ASTM C-494M, 2004. *Standard Specifications Chemical Admixture For Concrete*
- EFNARC Standard, 2005. *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete.*
- Handoko Sugiharto dkk(2001).“Penggunaan *Fly Ash* Dan *Viscocrete* Pada *Self Compacting Concrete*”. *Jurnal Teknik Sipil.*
- Ila Samrah Tiani (2015).“Studi Desain Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Ligno P-100 Dan Pasir Bangka”. Tugas Akhir Teknik Sipil Mercubuana. Jakarta.

- Kukun Rusyandi dkk(2012). “Perancangan Beton *Self Compacting Concrete* (Beton Memadat Sendiri) Dengan Penambahan *Fly Ash* Dan *Structuro*, *Jurnal Teknik Sipil*.
- Kusumo, A.D., 2013, Pengaruh Penambahan Serat Baja Lokal (Kawat Bendrat) pada Beton Memadat Mandiri (*Self Compacting Concrete*), *Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- Mohamad Mawahid(2015) Pembuatan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Pasir Lampung Dengan Bahan Tambah *Fly Ash* Dan *Ligno P-100*. Tugas Akhir, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, penerbit Andi, Yogyakarta.
- Okamura H. & Ouchi, M. 2003. *Self Compacting Concrete*. *Japan Concrete Institute*.
- Ouchi, Nakmura, Oesterberg, Hallberg dan Lwin. 2003. *Applications Of Self Compacting Concrete In Japan, Europe And The United States*.
- Rizky Miranty(2015)Pengaruh Penggunaan *Silica Fume*, *Fly Ash* Dan *Superplasticizer* Pada Beton Mutu Tinggi Memadat Mandiri, Tugas Akhir, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.



LAMPIRAN



A. PENGUJIAN BAHAN

A.1 PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN PASIR

Bahan : Pasir

Asal : Kali Progo

Tanggal Pemeriksaan : 21 November 2016

No.	Nomor Pemeriksaan	I
1.	Berat contoh Jenis kering permukaan (SSD)	500 gram
2.	Berat contoh kering	495,12 gram
3.	Berat air	318,17 gram
4.	Berat Jenis $Bulk = \frac{(A)}{(B-C)}$	2,7229 gram
5.	Bj jenuh kering permukaan (SSD) = $\frac{500}{(B-C)}$	2,7498 gram
6.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>) = $\frac{A}{(B-C)-(500-A)}$	2,7981 gram
7.	Penyerapan (<i>absorption</i>) = $\frac{500-A}{A}$	0,9856 %



A.2 PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN KERIKIL

Bahan : Kerikil

Asal : Clereng

Tanggal Pemeriksaan : 21 November 2016

No.	Nomor Pemeriksaan	I
A.	Berat contoh kering	984,5 gram
B.	Berat contoh Jenis kering permukaan (SSD)	999 gram
C.	Berat contoh dalam air	631 gram
D.	Berat Jenis $Bulk = \frac{(A)}{(B-C)}$	2,6767 gram
E.	Bj jenuh kering permukaan (SSD) = $\frac{(B)}{(B-C)}$	2,7162 gram
F.	Berat jenis semu (<i>apparent</i>) = $\frac{A}{(A-C)}$	2,7866 gram
G.	Penyerapan (<i>absorption</i>) = $\frac{B-A}{A} \times 100\%$	1,4728 gram
H.	Berat jenis Agregat kasar = $\frac{D + F}{2}$	2,7317 gram

Persyaratan umum

- Absorption = 5 %

- Berat Jenis = > 2,4



A.3 PEMERIKSAAN GRADASI BESAR BUTIRAN AGREGAT KASAR

Bahan : Kerikil

Asal : Clereng, Wates

Tanggal Pemeriksaan : 23 November 2016

DAFTAR AYAKAN

No. Saringan	Berat Tertahan	Persentase	
		Berat tertahan (%)	Σ Berat Tertahan (%)
3/4"	0	0	0
1/2"	24,26	2,246	2,246
3/8"	902	90,2	92,626
4	66	6,6	99,226
8	1	0,1	99,326
30	2	0,2	99,526
50	1	0,1	99,626
100	1	0,1	99,726
200	1	0,1	99,826
Pan	1,74	0,174	100
Jumlah	1000	100 %	792,128

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{792,128}{100} = 7,921$$

$$\text{MHB kerikil } 5 \leq 7,921 \leq 8$$

• • • Syarat Terpenuhi



A.4 PEMERIKSAAN GRADASI BESAR BUTIRAN PASIR

Bahan : Pasir

Asal : Progo

Tanggal Pemeriksaan : 23 November 2016

DAFTAR AYAKAN

No. Saringan	Berat Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	Berat Tertahan (gram)	ΣBerat Tertahan (gram)	Persentase Berat Tertahan (%)	Persentase lolos (%)
3/4"	558	558	0	0	0	100
1/2"	462	462	0	0	0	100
3/8"	548	548	0	0	0	100
4	412	412,20	0,20	0,2	0,02	99,98
8	324	326	2	2,2	0,22	99,78
30	405	449	42	44,2	4,42	95,58
50	293	517	224	268,2	26,82	73,18
100	289	962	672	940,2	94,02	5,98
200	240	297	57	997,2	99,72	0,28
Pan	155,26	158,06	2,8	1000	100	0
Total			1000		325,22	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{325,22}{100} = 3,25$$

$$\text{MHB pasir } 1,5 \leq 3,25 \leq 3,8$$

• • • Syarat Terpenuhi



A.5 PEMERIKSAAN *LOS ANGELES ABRASION TEST*

Bahan : Kerikil

Asal : Clereng, Wates

Tanggal Pemeriksaan : 23 November 2016

Gradasi Saringan		Nomor Contoh
		I
Lolos	Tertahan	Berat Masing-Masing Agregat
$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	2500 gram
$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	2500 gram

NOMOR CONTOH	I
Berat Sebelumnya (A)	5000 gram
Berat Sesudah Diayak Saringan no. 12 (B)	3744 gram
Berat sesudah (A-B)	2366 gram
Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100 \%$	25,12 %



A.6 PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

I. Waktu pemeriksaan : 18 November 2016

II. Bahan

a. Pasir kering tungku, asal : Kali Progo, berat : 100 gram

b. Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY

III. Alat

a. Gelas ukur, ukuran : 250 cc

b. Timbangan digital

c. Tungku (oven), suhu antara 105 – 110 °C

d. Pasir + piring masuk tungku tanggal 17 November 2016 jam 13 : 00 WIB

IV. Hasil

Pasir + piring keluar tungku tanggal 18 November 2016 jam 13 : 00 WIB

a. Berat piring + pasir = 186,3 gram

b. Berat piring kosong = 86,6 gram

c. Berat pasir = 99,7 gram

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100-99,7}{100} \times 100 \% = 0,3 \%$$

Kesimpulan : Kandungan lumpur 0,18 % < 5 % (syarat terpenuhi)



A.7 PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM KERIKIL

I. Waktu pemeriksaan : 18 November 2016

II. Bahan

a. Clereng kering tungku, asal : Clereng, berat : 100 gram

b. Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY

III. Alat

a. Gelas ukur, ukuran : 250 cc

b. Timbangan digital

c. Tungku (oven), suhu antara 105 – 110 °C

d. Kerikil + piring masuk tungku tanggal 17 November 2016 jam 13 : 00 WIB

IV. Hasil

Kerikil + piring keluar tungku tanggal 18 November 2016 jam 13 : 00 WIB

a. Berat piring + kerikil = 18 gram

b. Berat piring kosong = 86,6 gram

c. Berat kerikil = 99,7 gram

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100-99,7}{100} \times 100 \% = 0,3 \%$$

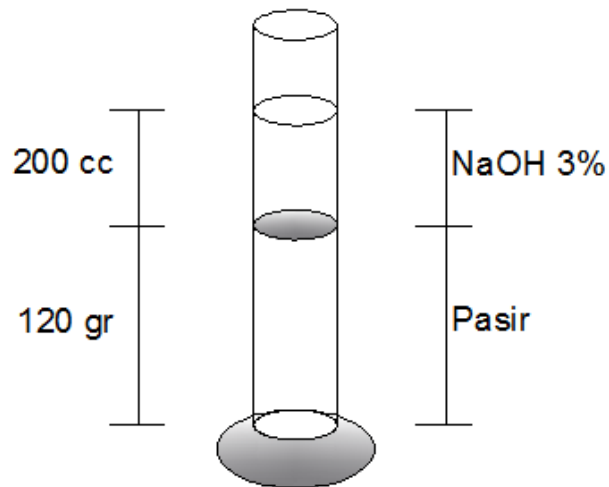
Kesimpulan : Kandungan lumpur 0,18 % < 5 % (syarat terpenuhi)



A.8 PEMERIKSAAN KANDUNGAN ORGANIK DALAM PASIR

- I. Waktu pemeriksaan : 18 November 2016
- II. Bahan
 - a. Pasir kering tungku, asal : Kali progo, berat : 120 gram
 - b. Larutan NaOH 3 %
- III. Alat

Gelas ukur, ukuran : 250 cc
- IV. Sketsa



- V. Hasil

Setelah didiamkan selama 24 jam, warna larutan di atas pasir sesuai dengan warna *Gardner Standard Color* No. 16.

Kesimpulan : Warna *Gardner Standard Color*. Syarat terpenuhi.



A.9 PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FLY ASH*

Bahan : *Fly ash*

Asal : PLTU Paiton

Diperiksa : 18 November 2016

A	No. Picnometer	16 (gram)	16 (gram)
B	Berat Picnometer	31,876	31,716
C	Berat Picnometer + air Penuh	82,033	82,010
D	Berat air (C-B)	50,157	50,294
E	Berat Picnometer + <i>Fly ash</i>	32,912	31,697
F	Berat <i>Fly ash</i> (E-B)	1,036	0,981
G	Berat Picnometer + <i>Fly ash</i> + air	82,622	82,585
H	Isi air (G-E)	49,710	49,888
I	Isi contoh (D-H)	0,447	0,406
J	Berat jenis = F/I	2,3177	2,4126
	Berat Jenis Rata-rata	2,3010	



B. PERHITUNGAN *MIX DESIGN*

Perhitungan :

- menentukan *slump* rencana

Slump berkisar antara 50 – 75 mm

$$f'_{cr} = \frac{(40+9,66)}{0,90} = 55,175, \text{ pada umur 28 hari}$$

- menentukan ukuran agregat maksimum

Ukuran maksimum agregat kasar 10 mm

- Menentukan kadar agregat kasar maksimum

Tabel Fraksi Volume Agregat Kasar Yang Disarankan

Ukuran (mm)	10	15	20	25
Fraksi volume padat kering oven	0,65	0,68	0,72	0,75

Fraksi agregat kasar optimum = 0,65

Kadar agregat kasar kering oven = 0,65 x 1270 = 825,5 kg/m³

- Estimasi kadar air pencampur dan kadar udara

Slump awal 50-75 mm dan ukuran agregat kasar maksimum 10 mm, maka

berdasarkan tabel di bawah ini :



Tabel Estimasi Pertama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan Pasir dengan 35 % Rongga Udara

Slump (mm)	Air Pencampur (Liter/m ³)				Keterangan
	Ukuran Agregat Kasar Maksimum (mm)				
	10	15	20	25	
25 – 50	184	175	169	166	
50 – 75	190	184	175	172	
75 – 100	196	190	181	178	
Kadar udara	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa Superplasticizer
%	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan Superplasticizer

Catatan :

- Kebutuhan air pencampuran pada tabel di atas adalah untuk beton kekuatan tinggi sebelum diberi *superplasticizer*.
- Nilai kebutuhan air di atas adalah nilai-nilai maksimum jika agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan bentuk butiran yang baik, permukaannya bersih, dan bergradasi baik sesuai ASTM C 33.
- Nilai-nilai harus dikoreksi jika rongga udara pasir bukan 35%.

Estimasi pertama kebutuhan air = 190 liter/m³

Kadar udara beton dengan superplasticizer = 2,5%

Kadar rongga udara dihitung dengan persamaan :

$$\text{Kadar Rongga Udara (V)} = \left(1 - \left(\frac{X}{Y} \right) \right) \times 100 \%$$



$$V = \left(1 - \left(\frac{1510}{2,723 \times 1000} \right) \right) \times 100 \% = 44,546 \%$$

Koreksi kadar air dihitung dengan persamaan = $(V-35) \times 4,75$ (liter/m³)

$$\text{Koreksi kadar air} = (44,546 - 35) \times 4,75 = 45,346 \text{ liter/m}^3$$

Kebutuhan air total = $190 - 45,346 = 144,654 \text{ liter/m}^3$ (belum termasuk air yang terkandung dalam *superplasticizer* cair)

- Penentuan rasio $W/(c + p)$

Rasio $W/(c + p)$ pada penelitian ini dibatasi pada nilai 0,32

- Menghitung kadar bahan bersifat semen

$$\text{Kadar bahan bersifat semen} : (c + p) = 144,654 : 0,32 = 452,045 \text{ kg/m}^3 \text{ beton.}$$

Pada ketentuan tidak disyaratkan nilai kadar minimum bahan bersifat semen, maka kadar bahan bersifat semen yang digunakan 452,045 kg/m³ beton.

- Proporsi campuran dasar dengan semen Portland saja

Volume semua bahan kecuali pasir per m³ campuran beton adalah sebagai berikut :

$$\text{Semen Portland} = 452,045 : 3,15 = 143,506 \text{ liter}$$

$$\text{Agregat Kasar} = 825,5 : 2,7307 = 439,93 \text{ liter}$$

$$\text{Air} = 144,654 \text{ liter}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar udara} &= 0,025 \times 1000 = 25 \text{ liter} + \\ &= 615,541 \text{ liter} \end{aligned}$$



Maka kebutuhan pasir per m³ volume beton = $1000 - 615,541 = 384,458$ liter.

Dikonversi menjadi berat pasir kering oven = $0,384458 \times 2,723 \times 1000 = 1046,88$ kg.

Proporsi campuran dasar per m³ campuran beton (berat kering):

Air	= 144,654 kg
Semen Portland	= 452,045 kg
Agregat kasar	= 825,5 kg
Agregat halus	= 1046,88 kg
<i>Fly Ash</i>	= $0,12 \times 452,045 = 54,245$ kg



C. PEMERIKSAAN SIFAT FISIK ADUKAN BETON SCC

C.1 SLUMP FLOW TEST

Bahan : Adukan beton

Tanggal Pemeriksaan : 18 Desember 2016

Sampel Adukan Beton	Diameter (Cm)	Waktu T50 (Detik)
LP 0,5 %	58	7,6
LP 0,8 %	60	6,3
LP 1,0 %	67	6
LP 1,2 %	70	5,8
LP 1,4 %	75	3,9
LP 2,0 %	77*	3

* segregasi dan *bleeding*

Syarat pemeriksaan *slump-flow* EFNARC

1. Diameter 60-75 cm
2. Waktu mengalir T50 3,5-6 detik
3. Tetap homogen
4. Tidak terjadi segregasi dan *bleeding*



C.1 V-FUNNEL TEST

Bahan : Adukan beton

Tanggal Pemeriksaan : 18 Desember 2016

Sampel Adukan Beton	Waktu Mengalir (detik)
LP 0,5 %	17
LP 0,8 %	13
LP 1,0 %	11
LP 1,2 %	11
LP 1,4 %	8
LP 2,0 %	6*

* segregasi dan *bleeding*

Syarat pemeriksaan *V-Funnel* EFNARC

1. Waktu mengalir : 3 - 15 detik
2. Tetap homogen
3. Tidak terjadi segregasi dan *bleeding*



C.1 L-SHAPE BOX TEST

Bahan : Adukan beton

Tanggal Pemeriksaan : 18 Desember 2016

Sampel Adukan Beton	H1	H2	H2/H1
LP 0,5	11,7	8,8	0,77
LP 0,8	11	9	0,82
LP 1,0	10,3	9,1	0,88
LP 1,2	10,2	9,3	0,91
LP 1,4	9,8	9,5	0,97
LP 2,0	9,66	9,6	0,99*

* segregasi dan *bleeding*

Syarat pemeriksaan *slump-flow* EFNARC

1. Blocking ratio (H2/H1) : 0,8 -1
2. Tetap homogen
3. Tidak terjadi segregasi dan *bleeding*



D. PENGUJIAN SIFAT MEKANIS BETON SCC

D.1 PENGUJIAN KUAT TEKAN

No	Kode Sampel Benda Uji	Diameter Benda Uji (Cm)	Tinggi Benda Uji (Cm)	Berat Benda uji (Kg)	P (KN)	f'c (MPa)	f'c rata2 (MPa)
1.	Lp 0,5	15,2	29,7	13,26	710	39,1473	39,7124
	Lp 0,5	15,03	29,5	13,4	720	40,6018	
	Lp 0,5	15,1	29,9	13,42	705	39,3881	
2	Lp 0,8	15,1	29,7	13,26	865	48,3273	48,0126
	Lp 0,8	15,02	29,5	13,4	850	47,9965	
	Lp 0,8	15,02	29,9	13,42	845	47,7141	
3	Lp 1,0	15,07	29,8	13,4	990	55,5315	55,3602
	Lp 1,0	15,1	30	13,74	995	55,5904	
	Lp 1,0	15,11	29,7	13,37	985	54,9589	
4	Lp 1,2	15,01	29	13,62	870	49,1913	48,8430
	Lp 1,2	15,03	29,6	13,86	865	48,7785	
	Lp 1,2	15,09	29,8	14,02	868	48,5592	
5	Lp 1,4	15,12	29,9	13,36	750	41,7915	42,3329
	Lp 1,4	15,07	29,8	13,16	755	42,3497	
	Lp 1,4	15,03	29,9	13,2	760	42,8574	
6	Lp 2,0	15,1	29,9	13,36	700	39,1088	38,6502
	Lp 2,0	15,03	29,8	13,16	688	38,7972	
	Lp 2,0	15,2	29,9	13,2	690	38,0445	



D.2 PENGUJIAN KUAT TARIK BELAH BETON SCC

No	Kode Sampel Benda Uji	Diameter Benda Uji (Cm)	Tinggi Benda Uji (Cm)	Berat Benda uji (Kg)	P (KN)	f't (MPa)	f't rata2 (MPa)
1	Lp 0,5	15,09	29	13,36	140	2,0377	1,9367
	Lp 0,5	15,1	29,6	13,16	135	1,9238	
	Lp 0,5	15,03	29,8	13,2	130	1,8487	
2	Lp 0,8	15,04	29,9	13,33	150	2,1246	2,1418
	Lp 0,8	15,03	29,5	13,06	155	2,2266	
	Lp 0,8	15,2	29,9	13,36	148	2,0742	
3	Lp 1,0	15,06	29,9	13,7	180	2,5461	2,6936
	Lp 1,0	15,07	29,8	13,21	195	2,7657	
	Lp 1,0	15,07	29	13,86	190	2,7691	
4	Lp 1,2	15,03	29,6	14,02	175	2,5055	2,4688
	Lp 1,2	15,01	29,8	13,36	170	2,4208	
	Lp 1,2	15,03	29,9	13,16	175	2,4803	
5	Lp 1,4	15,09	29,7	13,37	160	2,2739	2,3608
	Lp 1,4	15,12	29,5	13,62	168	2,3990	
	Lp 1,4	15,03	29,9	13,86	170	2,4095	
6	Lp 2,0	15,06	29,6	13,56	135	1,9289	1,9051
	Lp 2,0	15,1	29,5	13,42	130	1,8589	
	Lp 2,0	15,02	29,7	13,26	135	1,9276	



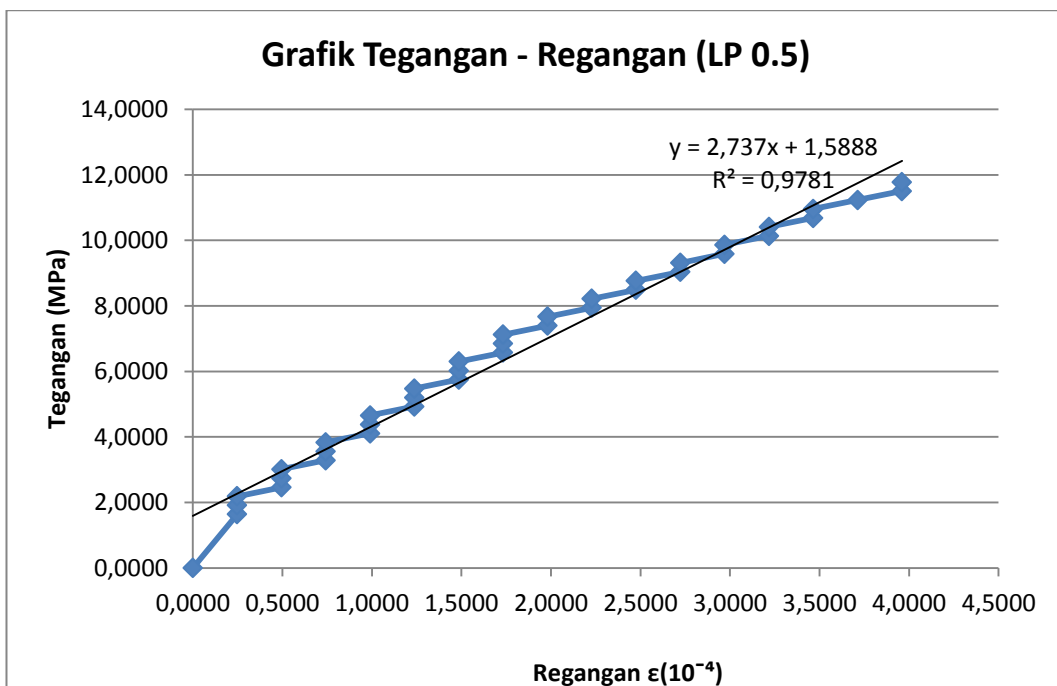
D.3 PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS BETON SCC

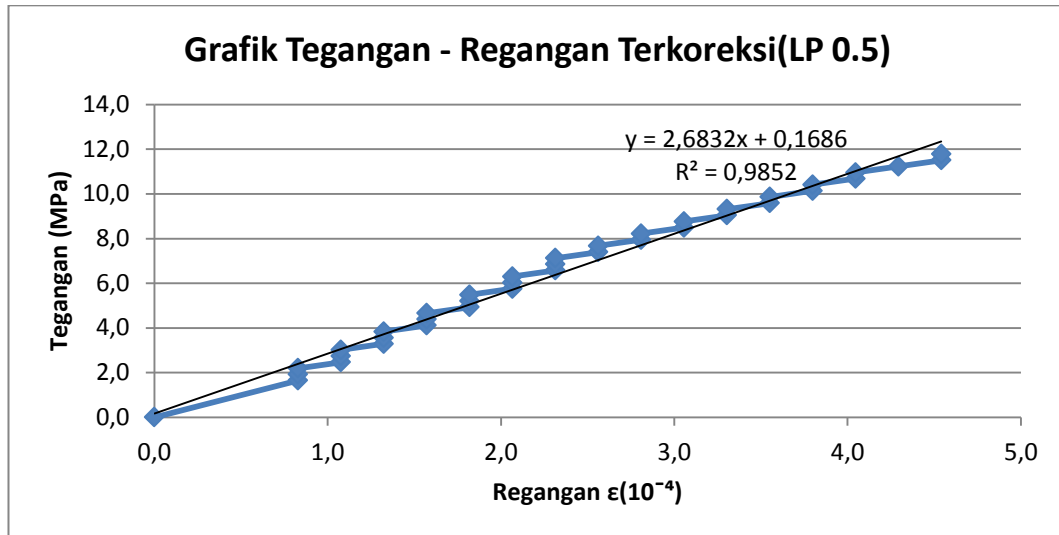
Kode Beton	= LP 0,5	0,25 fmax	= 9,8470
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,5805
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 26832
Po (mm ²)	= 202	Berat beton (Kg)	= 13,42
Ao (mm ²)	= 17898,785	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2241,8169
Beban maksimum (N)	= 705000	Diameter (Cm)	= 15,1
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 39,3881	Tinggi (Cm)	= 29,9

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
3000	29420	1	0,5	1,6437	0,2475	0,8280
3500	34323,33	1	0,5	1,9176	0,2475	0,8280
4000	39226,66	1	0,5	2,1916	0,2475	0,8280
4500	44129,99	2	1	2,4655	0,4950	1,0755
5000	49033,33	2	1	2,7395	0,4950	1,0755
5500	53936,66	2	1	3,0134	0,4950	1,0755
6000	58839,99	3	1,5	3,2874	0,7426	1,3231
6500	63743,32	3	1,5	3,5613	0,7426	1,3231
7000	68646,66	3	1,5	3,8353	0,7426	1,3231
7500	73549,99	4	2	4,1092	0,9901	1,5706
8000	78453,32	4	2	4,3832	0,9901	1,5706
8500	83356,65	4	2	4,6571	0,9901	1,5706
9000	88259,99	5	2,5	4,9311	1,2376	1,8181
9500	93163,32	5	2,5	5,2050	1,2376	1,8181
10000	98066,65	5	2,5	5,4790	1,2376	1,8181
10500	102970	6	3	5,7529	1,4851	2,0656
11000	107873,3	6	3	6,0269	1,4851	2,0656
11500	112776,6	6	3	6,3008	1,4851	2,0656
12000	117680	7	3,5	6,5747	1,7327	2,3132
12500	122583,3	7	3,5	6,8487	1,7327	2,3132
13000	127486,6	7	3,5	7,1226	1,7327	2,3132
13500	132390	8	4	7,3966	1,9802	2,5607
14000	137293,3	8	4	7,6705	1,9802	2,5607



14500	142196,6	9	4,5	7,9445	2,2277	2,8082
15000	147100	9	4,5	8,2184	2,2277	2,8082
15500	152003,3	10	5	8,4924	2,4752	3,0557
16000	156906,6	10	5	8,7663	2,4752	3,0557
16500	161810	11	5,5	9,0403	2,7228	3,3033
17000	166713,3	11	5,5	9,3142	2,7228	3,3033
17500	171616,6	12	6	9,5882	2,9703	3,5508
18000	176520	12	6	9,8621	2,9703	3,5508
18500	181423,3	13	6,5	10,1361	3,2178	3,7983
19000	186326,6	13	6,5	10,4100	3,2178	3,7983
19500	191230	14	7	10,6840	3,4653	4,0458
20000	196133,3	14	7	10,9579	3,4653	4,0458
20500	201036,6	15	7,5	11,2319	3,7129	4,2934
21000	205940	16	8	11,5058	3,9604	4,5409
21500	210843,3	16	8	11,7798	3,9604	4,5409





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 0,5, nilai x diperoleh dengan

$$y = 2,737x + 1,5888$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 2,737x + 1,5888$

$$x = \frac{-1,5888}{2,737} = -0,5805$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 0,5 sebesar $2,6832 \times 10^4 = 26832$ MPa.

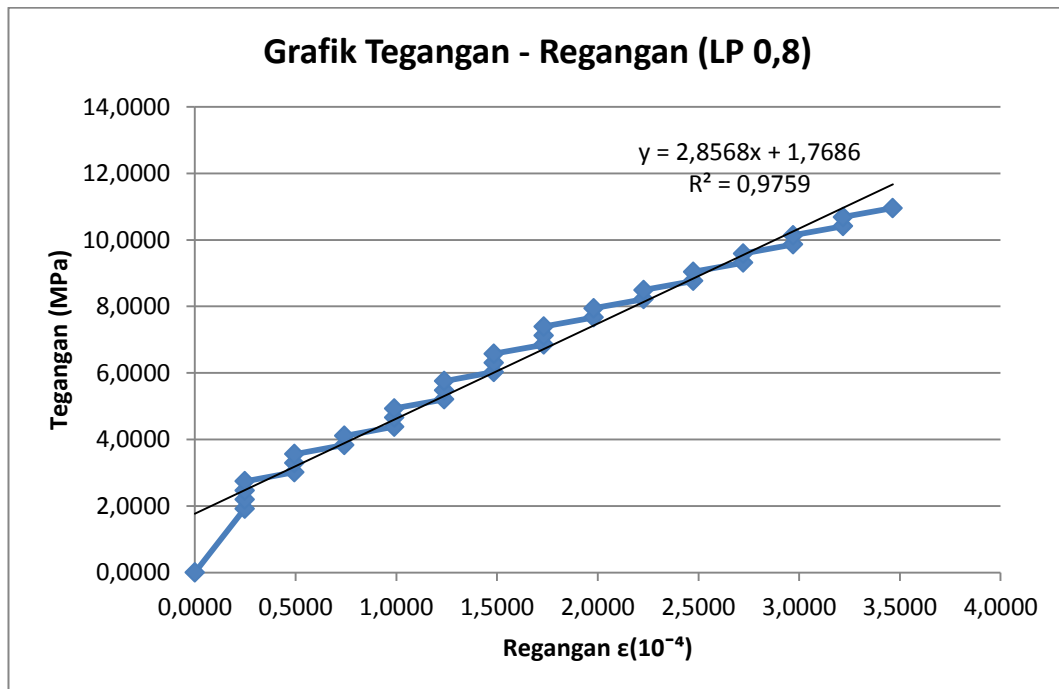


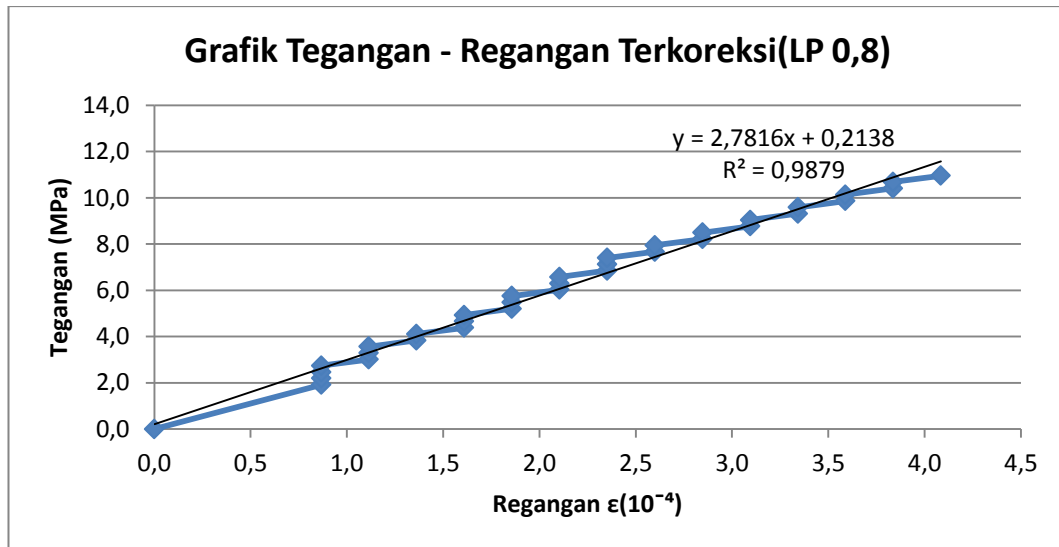
Kode Beton	= LP 0,8	0,25 fmax	= 11,9285
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,6191
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 27816
Po (mm ²)	= 201,46	Berat beton (Kg)	= 13,42
Ao (mm ²)	= 17827,734	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2250,7514
Beban maksimum (N)	= 845000	Diameter (Cm)	= 15,02
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 47,7141	Tinggi (Cm)	= 29,9

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
3500	34323,33	1	0,5	1,9176	0,2475	0,8666
4000	39226,66	1	0,5	2,1916	0,2475	0,8666
4500	44129,99	1	0,5	2,4655	0,2475	0,8666
5000	49033,33	1	0,5	2,7395	0,2475	0,8666
5500	53936,66	2	1	3,0134	0,4950	1,1141
6000	58839,99	2	1	3,2874	0,4950	1,1141
6500	63743,32	2	1	3,5613	0,4950	1,1141
7000	68646,66	3	1,5	3,8353	0,7426	1,3617
7500	73549,99	3	1,5	4,1092	0,7426	1,3617
8000	78453,32	4	2	4,3832	0,9901	1,6092
8500	83356,65	4	2	4,6571	0,9901	1,6092
9000	88259,99	4	2	4,9311	0,9901	1,6092
9500	93163,32	5	2,5	5,2050	1,2376	1,8567
10000	98066,65	5	2,5	5,4790	1,2376	1,8567
10500	102970	5	2,5	5,7529	1,2376	1,8567
11000	107873,3	6	3	6,0269	1,4851	2,1042
11500	112776,6	6	3	6,3008	1,4851	2,1042
12000	117680	6	3	6,5747	1,4851	2,1042
12500	122583,3	7	3,5	6,8487	1,7327	2,3518
13000	127486,6	7	3,5	7,1226	1,7327	2,3518
13500	132390	7	3,5	7,3966	1,7327	2,3518
14000	137293,3	8	4	7,6705	1,9802	2,5993
14500	142196,6	8	4	7,9445	1,9802	2,5993
15000	147100	9	4,5	8,2184	2,2277	2,8468
15500	152003,3	9	4,5	8,4924	2,2277	2,8468
16000	156906,6	10	5	8,7663	2,4752	3,0943



16500	161810	10	5	9,0403	2,4752	3,0943
17000	166713,3	11	5,5	9,3142	2,7228	3,3419
17500	171616,6	11	5,5	9,5882	2,7228	3,3419
18000	176520	12	6	9,8621	2,9703	3,5894
18500	181423,3	12	6	10,1361	2,9703	3,5894
19000	186326,6	13	6,5	10,4100	3,2178	3,8369
19500	191230	13	6,5	10,6840	3,2178	3,8369
20000	196133,3	14	7	10,9579	3,4653	4,0844





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 0,8, nilai x diperoleh dengan

$$y = 2,8568x + 1,7686$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 2,8568x + 1,7686$

$$x = \frac{-1,7686}{2,8568} = -0,6191$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 0,8 sebesar $2,7816 \times 10^4 = 27816$ MPa.



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Bahan Dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086

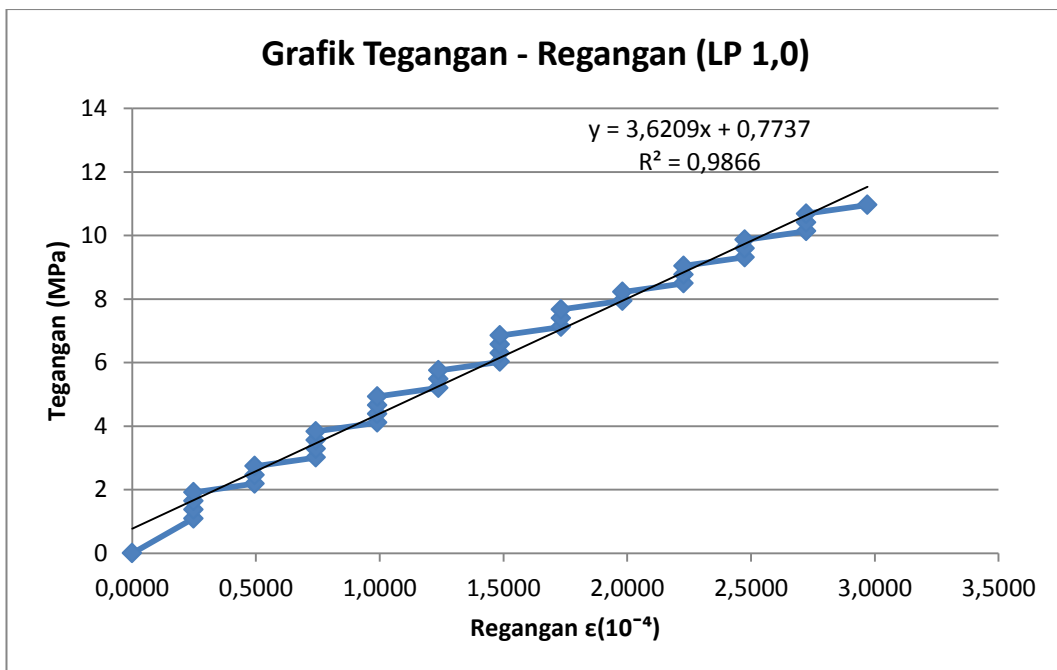
7711 (hunting) Fax. +62-274-487748

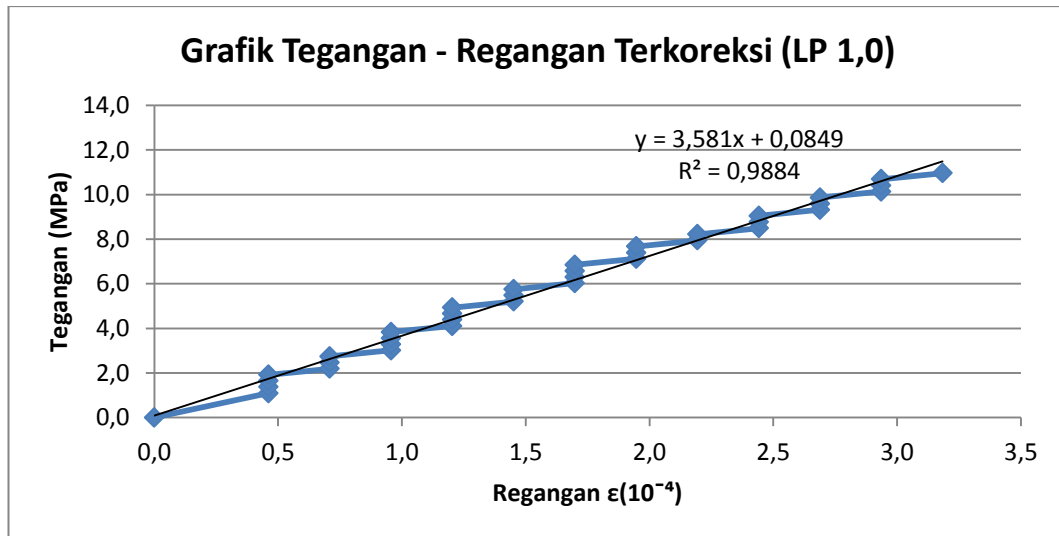
Kode Beton	= LP 1,0	0,25 f_{max}	= 13,7397
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,2137
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 35810
Po (mm ²)	= 201,2	Berat beton (Kg)	= 13,37
Ao (mm ²)	= 17898,785	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2218,5248
Beban maksimum (N)	= 985000	Diameter (Cm)	= 15,11
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 54,9588	Tinggi (Cm)	= 29,7

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
2000	19613,33	1	0,5	1,09579114	0,2475	0,4612
2500	24516,66	1	0,5	1,36973892	0,2475	0,4612
3000	29420	1	0,5	1,64368671	0,2475	0,4612
3500	34323,33	1	0,5	1,91763449	0,2475	0,4612
4000	39226,66	2	1	2,19158228	0,4950	0,7087
4500	44129,99	2	1	2,46553006	0,4950	0,7087
5000	49033,33	2	1	2,73947785	0,4950	0,7087
5500	53936,66	3	1,5	3,01342563	0,7426	0,9563
6000	58839,99	3	1,5	3,28737342	0,7426	0,9563
6500	63743,32	3	1,5	3,5613212	0,7426	0,9563
7000	68646,66	3	1,5	3,83526899	0,7426	0,9563
7500	73549,99	4	2	4,10921677	0,9901	1,2038
8000	78453,32	4	2	4,38316456	0,9901	1,2038
8500	83356,65	4	2	4,65711234	0,9901	1,2038
9000	88259,99	4	2	4,93106013	0,9901	1,2038
9500	93163,32	5	2,5	5,20500791	1,2376	1,4513
10000	98066,65	5	2,5	5,47895569	1,2376	1,4513
10500	102970	5	2,5	5,75290348	1,2376	1,4513
11000	107873,3	6	3	6,02685126	1,4851	1,6988
11500	112776,6	6	3	6,30079905	1,4851	1,6988
12000	117680	6	3	6,57474683	1,4851	1,6988
12500	122583,3	6	3	6,84869462	1,4851	1,6988
13000	127486,6	7	3,5	7,1226424	1,7327	1,9463
13500	132390	7	3,5	7,39659019	1,7327	1,9463
14000	137293,3	7	3,5	7,67053797	1,7327	1,9463



14500	142196,6	8	4	7,94448576	1,9802	2,1939
15000	147100	8	4	8,21843354	1,9802	2,1939
15500	152003,3	9	4,5	8,49238133	2,2277	2,4414
16000	156906,6	9	4,5	8,76632911	2,2277	2,4414
16500	161810	9	4,5	9,0402769	2,2277	2,4414
17000	166713,3	10	5	9,31422468	2,4752	2,6889
17500	171616,6	10	5	9,58817247	2,4752	2,6889
18000	176520	10	5	9,86212025	2,4752	2,6889
18500	181423,3	11	5,5	10,136068	2,7228	2,9364
19000	186326,6	11	5,5	10,4100158	2,7228	2,9364
19500	191230	11	5,5	10,6839636	2,7228	2,9364
20000	196133,3	12	6	10,9579114	2,9703	3,1840





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 1,0, nilai x diperoleh dengan

$$y = 3,6209x + 0,7737$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 3,6209x + 0,7737$

$$x = \frac{-0,7737}{3,6209} = -0,2137$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 1,0 sebesar $3,581 \times 10^4 = 35810$ MPa.

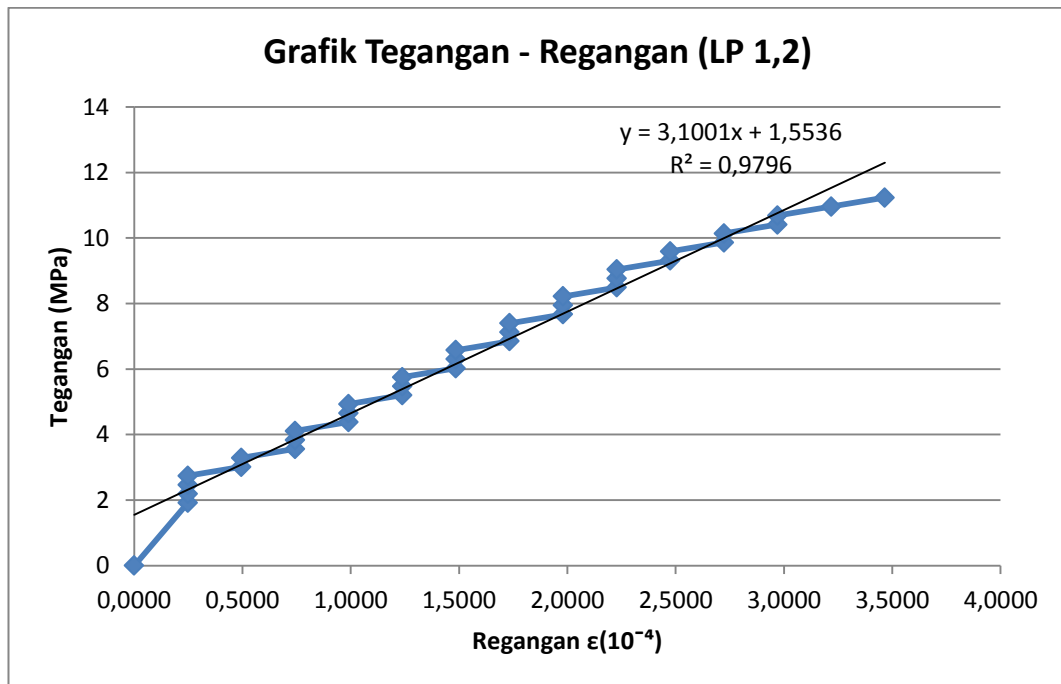


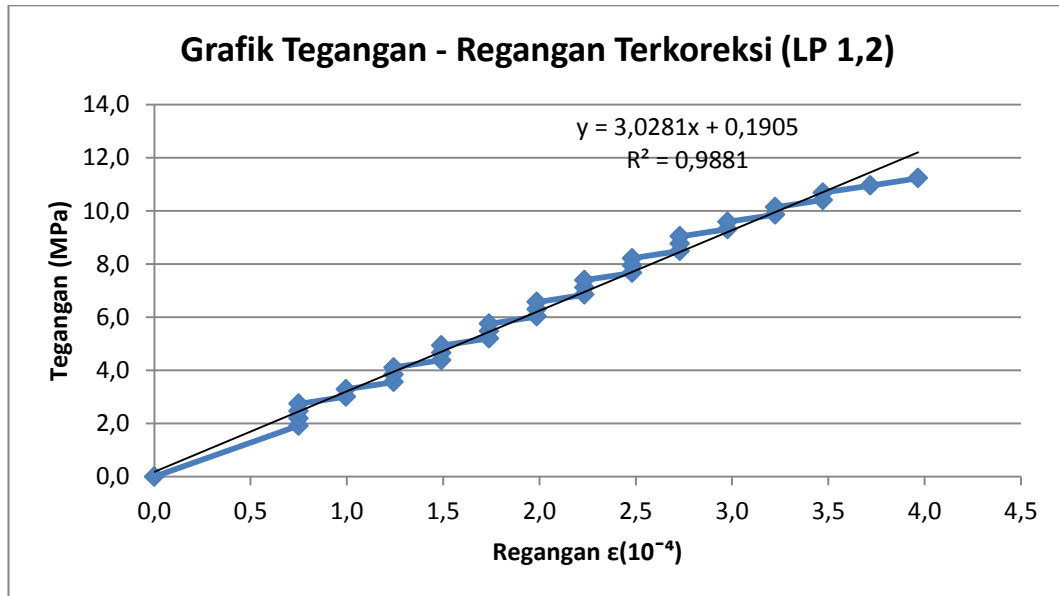
Kode Beton	= LP 1,2	0,25 fmax	= 12,1398
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,5012
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 30281
Po (mm ²)	= 201,34	Berat beton (Kg)	= 14,02
Ao (mm ²)	= 17733,221	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2356,0074
Beban maksimum (N)	= 868000	Diameter (Cm)	= 15,09
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 48,5592	Tinggi (Cm)	= 29,8

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
3500	34323,33	1	0,5	1,91763449	0,2475	0,7487
4000	39226,66	1	0,5	2,19158228	0,2475	0,7487
4500	44129,99	1	0,5	2,46553006	0,2475	0,7487
5000	49033,33	1	0,5	2,73947785	0,2475	0,7487
5500	53936,66	2	1	3,01342563	0,4950	0,9962
6000	58839,99	2	1	3,28737342	0,4950	0,9962
6500	63743,32	3	1,5	3,5613212	0,7426	1,2437
7000	68646,66	3	1,5	3,83526899	0,7426	1,2437
7500	73549,99	3	1,5	4,10921677	0,7426	1,2437
8000	78453,32	4	2	4,38316456	0,9901	1,4912
8500	83356,65	4	2	4,65711234	0,9901	1,4912
9000	88259,99	4	2	4,93106013	0,9901	1,4912
9500	93163,32	5	2,5	5,20500791	1,2376	1,7388
10000	98066,65	5	2,5	5,47895569	1,2376	1,7388
10500	102970	5	2,5	5,75290348	1,2376	1,7388
11000	107873,3	6	3	6,02685126	1,4851	1,9863
11500	112776,6	6	3	6,30079905	1,4851	1,9863
12000	117680	6	3	6,57474683	1,4851	1,9863
12500	122583,3	7	3,5	6,84869462	1,7327	2,2338
13000	127486,6	7	3,5	7,1226424	1,7327	2,2338
13500	132390	7	3,5	7,39659019	1,7327	2,2338
14000	137293,3	8	4	7,67053797	1,9802	2,4813
14500	142196,6	8	4	7,94448576	1,9802	2,4813
15000	147100	8	4	8,21843354	1,9802	2,4813
15500	152003,3	9	4,5	8,49238133	2,2277	2,7289



16000	156906,6	9	4,5	8,76632911	2,2277	2,7289
16500	161810	9	4,5	9,0402769	2,2277	2,7289
17000	166713,3	10	5	9,31422468	2,4752	2,9764
17500	171616,6	10	5	9,58817247	2,4752	2,9764
18000	176520	11	5,5	9,86212025	2,7228	3,2239
18500	181423,3	11	5,5	10,136068	2,7228	3,2239
19000	186326,6	12	6	10,4100158	2,9703	3,4714
19500	191230	12	6	10,6839636	2,9703	3,4714
20000	196133,3	13	6,5	10,9579114	3,2178	3,7190
20500	201036,6	14	7	11,2318592	3,4653	3,9665





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 1,2, nilai x diperoleh dengan

$$y = 3,1001x + 1,5536$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 3,1001x + 1,5536$

$$x = \frac{-1,5536}{3,1001} = -0,5012$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 1,2 sebesar $3,0281 \times 10^4 = 30281$ MPa.



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Bahan Dan Struktur

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086

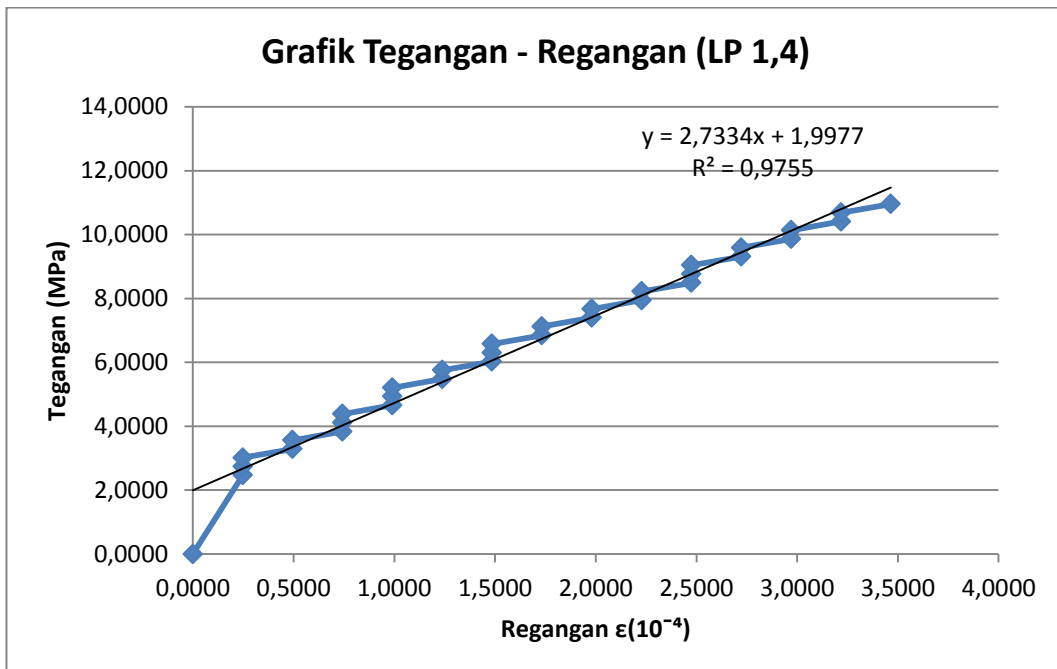
7711 (hunting) Fax. +62-274-487748

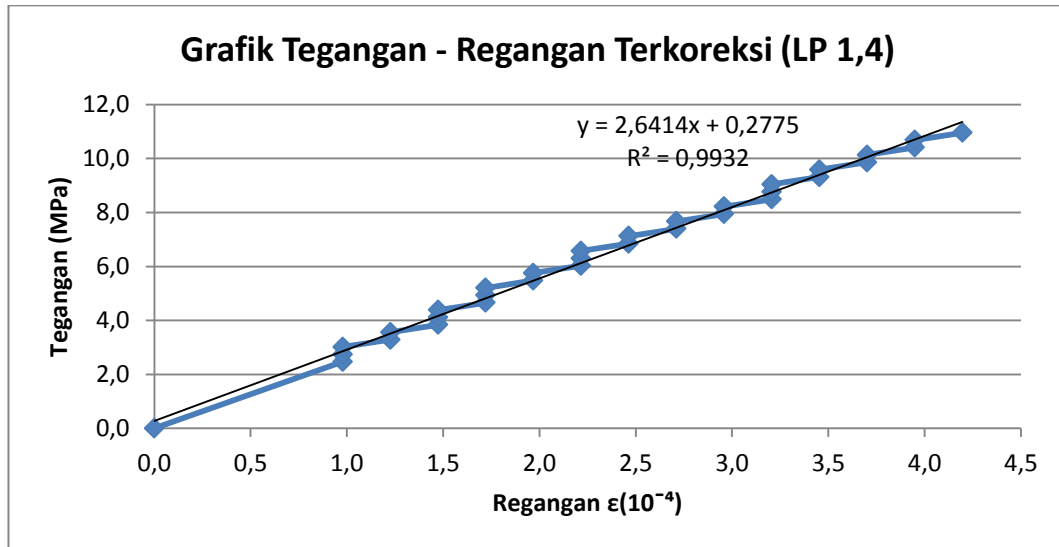
Kode Beton	= LP 1,4	0,25 fmax	= 10,7143
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,7309
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 26414
Po (mm ²)	= 201,46	Berat beton (Kg)	= 13,2
Ao (mm ²)	= 17733,2206	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2225,65324
Beban maksimum (N)	= 760000	Diameter (Cm)	= 15,03
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 42,8574	Tinggi (Cm)	= 29,9

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
4500	44129,99	1	0,5	2,4655	0,2475	0,9784
5000	49033,33	1	0,5	2,7395	0,2475	0,9784
5500	53936,66	1	0,5	3,0134	0,2475	0,9784
6000	58839,99	2	1	3,2874	0,4950	1,2259
6500	63743,32	2	1	3,5613	0,4950	1,2259
7000	68646,66	3	1,5	3,8353	0,7426	1,4734
7500	73549,99	3	1,5	4,1092	0,7426	1,4734
8000	78453,32	3	1,5	4,3832	0,7426	1,4734
8500	83356,65	4	2	4,6571	0,9901	1,7209
9000	88259,99	4	2	4,9311	0,9901	1,7209
9500	93163,32	4	2	5,2050	0,9901	1,7209
10000	98066,65	5	2,5	5,4790	1,2376	1,9685
10500	102970	5	2,5	5,7529	1,2376	1,9685
11000	107873,3	6	3	6,0269	1,4851	2,2160
11500	112776,6	6	3	6,3008	1,4851	2,2160
12000	117680	6	3	6,5747	1,4851	2,2160
12500	122583,3	7	3,5	6,8487	1,7327	2,4635
13000	127486,6	7	3,5	7,1226	1,7327	2,4635
13500	132390	8	4	7,3966	1,9802	2,7110
14000	137293,3	8	4	7,6705	1,9802	2,7110
14500	142196,6	9	4,5	7,9445	2,2277	2,9586
15000	147100	9	4,5	8,2184	2,2277	2,9586
15500	152003,3	10	5	8,4924	2,4752	3,2061
16000	156906,6	10	5	8,7663	2,4752	3,2061
16500	161810	10	5	9,0403	2,4752	3,2061



17000	166713,3	11	5,5	9,3142	2,7228	3,4536
17500	171616,6	11	5,5	9,5882	2,7228	3,4536
18000	176520	12	6	9,8621	2,9703	3,7011
18500	181423,3	12	6	10,1361	2,9703	3,7011
19000	186326,6	13	6,5	10,4100	3,2178	3,9487
19500	191230	13	6,5	10,6840	3,2178	3,9487
20000	196133,3	14	7	10,9579	3,4653	4,1962





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 1,4, nilai x diperoleh dengan

$$y = 2,7334x + 1,9977$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 2,7334x + 1,9977$

$$x = \frac{-1,9977}{2,7334} = -0,7309$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 1,4 sebesar $2,6414 \times 10^4 = 26414$ MPa.

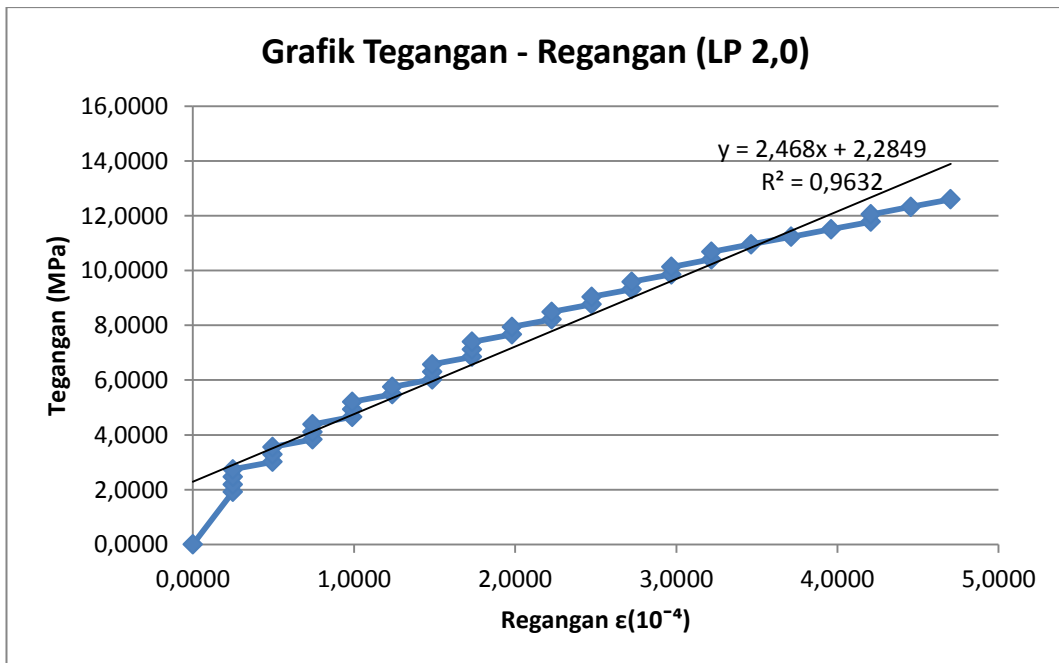


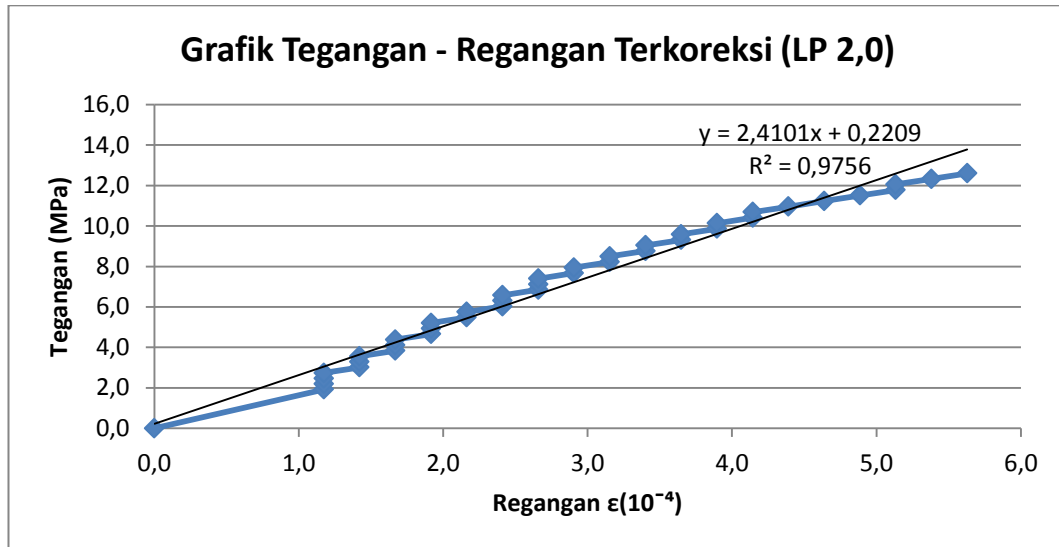
Kode Beton	= LP 2,0	0,25 fmax	= 9,5111
Tanggal dibuat	= 17/12/2016	Angka Koreksi	= -0,9257
Tanggal diperiksa	= 20/01/2017	Modulus elastisitas(MPa)	= 24101
Po (mm ²)	= 201,46	Berat beton (Kg)	= 13,2
Ao (mm ²)	= 18136,64	Berat jenis (Kg/m ³)	= 2176,147
Beban maksimum (N)	= 690000	Diameter (Cm)	= 15,2
Kuat tekan maksimum(MPa)	= 38,0445	Tinggi (Cm)	= 29,9

Beban		$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5\Delta p \times 10^{-2}$	f	ϵ	ϵ koreksi
(Kgf)	(N)	(mm)	(mm)	(MPa)	(10 ⁻⁴)	(10 ⁻⁴)
0	0	0	0	0	0,0000	0,0000
3500	34323,33	1	0,5	1,9176	0,2475	1,1732
4000	39226,66	1	0,5	2,1916	0,2475	1,1732
4500	44129,99	1	0,5	2,4655	0,2475	1,1732
5000	49033,33	1	0,5	2,7395	0,2475	1,1732
5500	53936,66	2	1	3,0134	0,4950	1,4207
6000	58839,99	2	1	3,2874	0,4950	1,4207
6500	63743,32	2	1	3,5613	0,4950	1,4207
7000	68646,66	3	1,5	3,8353	0,7426	1,6683
7500	73549,99	3	1,5	4,1092	0,7426	1,6683
8000	78453,32	3	1,5	4,3832	0,7426	1,6683
8500	83356,65	4	2	4,6571	0,9901	1,9158
9000	88259,99	4	2	4,9311	0,9901	1,9158
9500	93163,32	4	2	5,2050	0,9901	1,9158
10000	98066,65	5	2,5	5,4790	1,2376	2,1633
10500	102970	5	2,5	5,7529	1,2376	2,1633
11000	107873,3	6	3	6,0269	1,4851	2,4108
11500	112776,6	6	3	6,3008	1,4851	2,4108
12000	117680	6	3	6,5747	1,4851	2,4108
12500	122583,3	7	3,5	6,8487	1,7327	2,6584
13000	127486,6	7	3,5	7,1226	1,7327	2,6584
13500	132390	7	3,5	7,3966	1,7327	2,6584
14000	137293,3	8	4	7,6705	1,9802	2,9059
14500	142196,6	8	4	7,9445	1,9802	2,9059
15000	147100	9	4,5	8,2184	2,2277	3,1534
15500	152003,3	9	4,5	8,4924	2,2277	3,1534



16000	156906,6	10	5	8,7663	2,4752	3,4009
16500	161810	10	5	9,0403	2,4752	3,4009
17000	166713,3	11	5,5	9,3142	2,7228	3,6485
17500	171616,6	11	5,5	9,5882	2,7228	3,6485
18000	176520	12	6	9,8621	2,9703	3,8960
18500	181423,3	12	6	10,1361	2,9703	3,8960
19000	186326,6	13	6,5	10,4100	3,2178	4,1435
19500	191230	13	6,5	10,6840	3,2178	4,1435
20000	196133,3	14	7	10,9579	3,4653	4,3910
20500	201036,6	15	7,5	11,2319	3,7129	4,6386
21000	205940	16	8	11,5058	3,9604	4,8861
21500	210843,3	17	8,5	11,7798	4,2079	5,1336
22000	215746,6	17	8,5	12,0537	4,2079	5,1336
22500	220650	18	9	12,3277	4,4554	5,3811
23000	225553,3	19	9,5	12,6016	4,7030	5,6287





Perhitungan Modulus Elastisitas :

Garis persamaan *trendline* pada beton LP 2,0, nilai x diperoleh dengan

$$y = 2,468x + 2,2849$$

Jika $y = 0$, maka $0 = 2,468x + 2,2849$

$$x = \frac{-2,2849}{2,468} = -0,9257$$

Setelah diperoleh angka koreksi, dihitung nilai regangan terkoreksinya dengan cara seluruh nilai regangan awal dikurangi dengan nilai angka koreksi. Nilai regangan terkoreksi tersebut beserta nilai tegangan awal diplotkan pada grafik seperti pada grafik tegangan-regangan terkoreksi. Dengan demikian, nilai modulus elastis beton diperoleh dengan cara koefisien x pada persamaan *trendline* dikalikan dengan 10^4 . Sehingga diperoleh nilai modulus LP 2,0 sebesar $2,4101 \times 10^4 = 24101$ MPa.