

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai korelasi penambahan *superplasticizer* terhadap beton *High Volume Fly Ash* substitusi semen sebesar 50% dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berat jenis rerata beton *HVFA* pada umur 28 hari dengan kadar penambahan *superplasticizer* 0%, 0.2%, 0.4% dan 0.6% berturut-turut adalah 2434.96 kg/m³, 2449.11 kg/m³, 2545.84 kg/m³ dan 2554.02 kg/m³ sedangkan pada umur 56 hari berat jenis rerata beton adalah 2428.4 kg/m³, 2489 kg/m³, 2494.4 kg/m³ dan 2527.7 kg/m³. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa beton *HVFA* pada penelitian ini tergolong beton normal.
2. Pada pengujian kuat tekan beton *HVFA* pada umur 28 hari dengan kadar *superplasticizer* sebesar 0%, 0.2%, 0.4% dan 0.6% nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 33.8587 MPa, 35.1791 MPa, 40.7437 MPa dan 43.1958 MPa. Sedangkan pada umur 56 hari nilai kuat tekan beton berturut-turut sebesar 49.4206 MPa, 60.7529 MPa, 72.3721 MPa dan 67.9910 MPa.
3. Pada kondisi beton segar dan pada saat pengecoran berlangsung penggunaan *superplasticizer* dapat mengurangi penggunaan jumlah air secara signifikan yaitu mampu mengurangi air hingga mencapai

47.27% yaitu pada penambahan *superplasticizer* dengan kadar 0.4% dan 0.6% dari berat *binder*. Sedangkan pada penambahan *superplasticizer* dengan kadar 0.2% sudah dapat mereduksi air cukup besar pula dengan nilai reduksi mencapai 29.69%.

4. Pada pengujian modulus elastisitas beton, beton *HVFA* tanpa penambahan *superplasticizer* yaitu beton 0% SP menghasilkan nilai modulus elastisitas sebesar 24712.3026 MPa. Beton *HVFA* dengan penambahan *superplasticizer* yaitu dengan kadar 0.2%, 0.4% dan 0.6% memiliki nilai modulus elastisitas masing-masing sebesar 25361.0399 MPa, 27747.3002 MPa dan 27169.8346 MPa.
5. Dari hasil pengujian kuat tekan beton balok *HVFA* pada penelitian ini memiliki perilaku lebih getas bila dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan karena sifat yang dimiliki oleh *fly ash*, yaitu dapat membuat beton menjadi lebih padat karena butiran-butirannya sangat kecil sehingga mengisi rongga-rongga yang ada.
6. Jika dilihat dari nilai kuat tekan tertinggi, kemampuan mereduksi air dalam jumlah besar, dan dari sudut pandang ekonomis maka pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kadar optimum penambahan *superplasticizer* terjadi pada kadar 0.4%.

6.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan berdasarkan penelitian ini dan diharapkan dapat berguna dan bermanfaat adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan percobaan dan penelitian sejenis dengan penggunaan nilai faktor-*air-binder* lebih rendah dari 0.33 agar menghasilkan beton yang lebih baik dan dengan mutu yang lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai penambahan *superplasticizer* dengan kadar yang lebih besar dari yang telah digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap beton *HVFA*.
3. Perlunya kewaspadaan dan perhatian pada saat proses pengecoran karena saat beton sudah dituang keluar dari molen atau dituang dalam tempat adukan *setting time* (beton mengeras) beton segar tersebut sangat cepat, karena jika sudah mengeras maka adukan beton tersebut susah untuk dikerjakan atau dituang kedalam cetakan silinder atau cetakan benda uji. Oleh sebab itu perlu untuk diaduk secara terus menerus jika beton sudah dituang keluar dari molen.
4. Penggunaan *vibrator* pada beton pada saat proses pemadatan jangan terlampau lama karena dapat menyebabkan segregasi (pengelompokan agregat) pada beton yang akan dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allorante, F. N. S., 2015. *Pengaruh Penggunaan Foaming Agent ADT Terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, Dan Daya Serap Pada Beton Dengan Penambahan Additive Foam Concrete*, Skripsi S1 Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Amri, S., 2005. *Teknologi Beton*, Penerbit Yayasan John Hi-Tech Idetama, Jakarta.
- Antoni & Sugiharto, H., 2007. *Kompatibilitas Antara Superplasticizer Tipe Polycarboxylate dan Naphthalene Dengan Semen Lokal*, Konferensi Nasional Teknik Sipil I (KoNTekS I).
- Ardian, M., 2014. *Pengaruh Penggunaan Superplasticizer Naftalena Sulfonat Formaldehida dan Polikarboksilat Eter Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton*, Skripsi S1 Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- ASTM, 1991. *Annual Book of ASTM Standards*, Volume ke-8, American Society for Testing and Material, Philadelphia.
- ASTM, 1997. *Annual Book of ASTM Standards Volume 04.02, Concrete and Aggregates*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 1990. *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air (SNI 03-2914-1990)*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2000. *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland Dengan Abu Terbang (SNI 03-6468-2000)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2011. *Tata Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974-2011)*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)*.
- DPU, 1989. *Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan (SK SNI S-04-1989-F)*, Yayasan LPMB, Jakarta.

- Herbudiman, B., & Akbar, T., 2015. *Kajian Korelasi Rasio-Air-Powder dan Kadar Abu Terbang Terhadap Kinerja Beton HVFA*, Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 (KoNTekS 9), PaperID : ST02 Struktur.
- Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Tahun 2014. Diakses 4 Maret 2016, <http://www.menlh.go.id/wp-content/uploads/downloads/2014/12/Laporan-Inventarisasi-GRK-Tahun-2014.pdf>
- Mehta, P.K., 2002. *Greening of the Concrete Industry for Sustainable Development*. California: University of California, Berkeley, USA.
- Mukti, D. K., 2015. *Pengaruh High Volume Fly Ash Concrete Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Geser Balok*, Skripsi S1 Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta
- Mulyono, T., 2005. *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- Murdock & Brock, 1999. *Bahan dan Praktek Beton*, Terjemahan oleh Stephanus Hendrako, Erlangga, Jakarta.
- Neville & Brooks, 1987. *Concrete Technology*, Longman Group Ltd, London.
- Paulus, N., 1989. *Teknologi Beton dengan Antisipasi terhadap Pedoman Beton*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI)*, 1982. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Prihantoro & Solikin, 2015. *Perkembangan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Teknologi High Volume Fly Ash Concrete*, Jurnal Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- PT. PLN (Persero) 35.000 MW. Diakses 29 Februari 2016, <http://www.pln.co.id/blog/35-000-mw/>
- Pujianto, A., 2010. Beton Mutu Tinggi dengan Bahan Tambah Superplasticizer dan Fly Ash, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika UMY, vol. 13, no. 2, pp 171-180.
- Purba, R. A., 2015. *Pengaruh High Volume Fly Ash Concrete Substitusi Semen Terhadap Kuat Geser Balok*, Skripsi S1 Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.

Putri, N. A., Kristiawan, S. A., & Sunarmasto, 2014. *Pengaruh Rasio Semen-Fly Ash Terhadap Sifat Segar dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash – Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)*, e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL Vol. 2 No. 2, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.

Standar Industri Indonesia (SII) 0052-80, 1980. *Mutu dan Cara Uji Agregat*, Departemen Perindustrian Republik Indonesia.

Tjokrodinuljo, K., 2007. *Teknologi Beton*, KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wang, C. K. & Salmon, C.G., (alih bahasa : Binsar Hariandja), 1990. *Disain Beton Bertulang*, Erlangga, Jakarta.



LAMPIRAN



A. PENGUJIAN BAHAN

A.1. ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS

Bahan : Pasir
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 28 Maret 2016

BERAT KERING : 1000 gram						
Nomor Saringan	B.Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	B.Tertahan (gram)	Σ B.Tertahan (gram)	Persentase	
					B.Tertahan %	Lolos %
3/4" (19,1 mm)	572	572	0	0	0	100
1/2" (12,7 mm)	454	454	0	0	0	100
3/8" (9,52mm)	460	460	0	0	0	100
No.4(4,75 mm)	532	535	3	3	0.3	99.7
No.8(2,36 mm)	327	349	22	25	2.5	97.5
No.30(0,60mm)	293	774	481	506	50.6	49.4
No.50(0,30mm)	378	599	221	727	72.7	27.3
No.100(0,15mm)	352	534	182	909	90.9	9.1
No.200(0,75mm)	338	405	67	976	97.6	2.4
PAN	374	398	24	1000	100	0

Masuk Gradasi Pasir No. 2 (Sedang)

$$\text{MHB Agregat Halus} = \frac{3146}{1000} = 3.146$$

Dimana, $1,5 \leq 3,146 \leq 3,7$ syarat terpenuhi (OK)



A.2. PENGUJIAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT HALUS

- I. Waktu pemeriksaan : 29 Maret 2016
- II. Bahan
 - a. Pasir kering tungku, asal : Progo, berat : 100 gram
 - b. Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY
- III. Alat
 - a. Gelas ukur, ukuran : 250 cc
 - b. Timbangan
 - c. Tungku (*oven*), suhu antara 105-110°C
- IV. Pasir + piring masuk tungku tanggal
- V. Hasil

Pasir + piring keluar tungku tanggal

- a. Berat piring + pasir = 188 gram
- b. Berat piring kosong = 89 gram
- c. Berat pasir = 99 gram

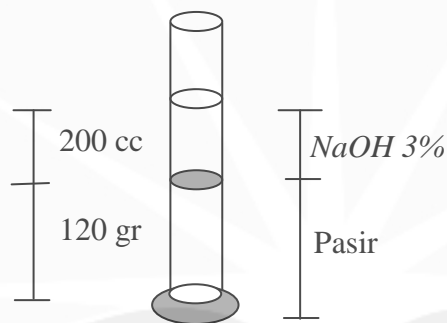
$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100 - 99}{100} \times 100\% = 1\%$$

Kesimpulan : Kandungan lumpur 1% \leq 5%, syarat terpenuhi (OK)



A.3 PENGUJIAN KANDUNGAN ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

- I. Waktu pemeriksaan : 29 Maret 2016
- II. Bahan
 - a. Pasir kering tungku, asal : merapi, 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. 5.

Kesimpulan : Warna *Gardner Standard Color* No. 5, syarat terpenuhi (OK).



A.4 PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Bahan : Pasir
Asal : Kali Progo
Diperiksa : 27 Maret 2016

	NOMOR PEMERIKSAAN	I
A	Berat Kering	495
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD) – (500)	500
C	Berat Labu + Air , Temperatur 25° C	712
D	Berat Labu+Contoh (SSD) + Air, Temperatur 25° C	1027
E	Berat Jenis Bulk $= \frac{(A)}{(C + 500 - D)}$	2.68
F	BJ.Jenuh Kering Permukaan(SSD) $= \frac{(B)}{(C + 500 - D)}$	2.70
G	Berat Jenis Semu (Apparent) $= \frac{(A)}{(C + A - D)}$	2.75
H	Penyerapan (Absorption) $= \frac{(500 - A)}{(A)} \times 100 \%$	1.01%



A.5 PENGUJIAN BERAT SATUAN VOLUME AGREGAT HALUS

Bahan : Pasir
Asal : Progo
Diperiksa : 27 Maret 2016

<i>Shoveled</i> (Sebelum ditumbuk)		<i>Rodded</i> (Sesudah ditumbuk)	
Diameter Tabung (cm)	15,327	Diameter Tabung (cm)	15,327
Tinggi Tabung (cm)	15,95	Tinggi Tabung (cm)	15,95
Volume Tabung (cm ³)	2942,846	Volume Tabung (cm ³)	2942,846
Berat Tabung (gr)	3527	Berat Tabung (gr)	3527
Berat Tabung + Pasir (gr)	8067	Berat Tabung + Pasir (gr)	8453
Berat Pasir (gr)	4540	Berat Pasir (gr)	4926
Berat Satuan (gr/cm ³)	1,54	Berat Satuan (gr/cm ³)	1,67
Rata-rata Berat Satuan Volume		= 1,605 (gr/cm ³)	



A.6 PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

Bahan : Pasir

Asal : Kali Progo

Diperiksa : 28 Maret 2016

Berat Pan = C (gr) = 154
Berat Kerikil Basah (Kerikil + pan) = A (gr) = 254
Berat Kering Oven(Kerikil + pan) = B (gr) = 249,238

$$\text{Kadar Penyerapan} = \frac{A - B}{B - C} \times 100\% = 5,00 \%$$



**A.7 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR DENGAN
MESIN LOS ANGELES ABRATION**

Bahan : Split
Asal : Clereng
Diperiksa : 29 Maret 2016

GRADASI SARINGAN		NOMOR CONTOH	
		I	II
LOLOS	TERTAHAN	BERAT MASING- MASING AGREGAT	BERAT MASING- MASING AGREGAT
3/8"	1/4"	2500	-
1/4"	No. 4	2500	-

NOMOR CONTOH	I
BERAT SEBELUMNYA (A)	5000 gram
BERAT SESUDAH DIAYAK SARINGAN NO.12 (B)	3929 gram
BERAT SESUDAH (A)-(B)	1071 gram
$KEAUSAN = \frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100 \%$	21.42 %

UKURAN SARINGAN		BERAT AGREGAT			
LOLOS	TERTAHAN	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250			
1"	3/4"	1250			
3/4"	1/2"	1250	2500		
1/2"	3/8"	1250	2500		
3/8"	1/4"			2500	
1/4"	No. 4			2500	
No. 4	No. 8				5000
TOTAL		5000	5000	5000	5000
JUMLAH BOLA BAJA		12	11	8	6

Keausan Agregat = 21,42 % ≤ 40% Memenuhi Syarat (OK)



A.8 ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR

Bahan : *Split*
Asal : Clereng
Diperiksa : 28 Maret 2016

BERAT KERING : 1000 gram						
Nomor Saringan	B.Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	B.Tertahan (gram)	Σ B.Tertahan (gram)	Persentase	
					B.Tertahan %	Lolos %
3/4" (19,1 mm)	572	572	0	0	0	100
1/2" (12,7 mm)	455	527	72	72	7.2	92.8
3/8" (9,52mm)	460	858	398	470	47	53
No.4(4,75 mm)	532	1042	510	980	98	2
No.8(2,36 mm)	327	335	8	988	98.8	1.2
No.30(0,60mm)	293	296	3	991	99.1	0.9
No.50(0,30mm)	378	380	2	993	99.3	0.7
No.100(0,15mm)	353	355	2	995	99.5	0.5
No.200(0,75mm)	338	340	2	997	99.7	0.3
PAN	374	377	3	1000	100	0

$$\text{MHB Agregat Kasar} = \frac{6486}{1000} = 6.486$$

Dimana, $6 \leq 6,486 \leq 7,1$ syarat terpenuhi (OK)



A.9 PENGUJIAN
BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Bahan : *Split*
Asal : Clereng
Diperiksa : 27 Maret 2016

	NOMOR PEMERIKSAAN	I
A	Berat Contoh Kering	972
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD)	1000
C	Berat Contoh Dalam Air	618
D	Berat Jenis Bulk $= \frac{(A)}{(B) - (C)}$	2.54
E	BJ.Jenuh Kering Permukaan (SSD) $= \frac{(B)}{(B) - (C)}$	2.62
F	Berat Jenis Semu (Apparent) $= \frac{(A)}{(A) - (C)}$	2.75
G	Penyerapan (Absorption) $= \frac{(B) - (A)}{(A)} \times 100 \%$	2.88%



A.10 PENGUJIAN BERAT SATUAN VOLUME AGREGAT KASAR

Bahan : *Split*
Asal : Clereng
Diperiksa : 27 Maret 2016

<i>Shoveled</i> (Sebelum ditumbuk)		<i>Rodded</i> (Sesudah ditumbuk)	
Diameter Tabung (cm)	15,327	Diameter Tabung (cm)	15,327
Tinggi Tabung (cm)	15,95	Tinggi Tabung (cm)	15,95
Volume Tabung (cm ³)	2942,846	Volume Tabung (cm ³)	2942,846
Berat Tabung (gr)	3527	Berat Tabung (gr)	3527
Berat Tabung + Pasir (gr)	7051	Berat Tabung + Pasir (gr)	7495
Berat Pasir (gr)	3524	Berat Pasir (gr)	3968
Berat Satuan (gr/cm ³)	1,19	Berat Satuan (gr/cm ³)	1,35
Rata-rata Berat Satuan Volume = 1,27 (gr/cm ³)			



A.11 PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

Bahan : *Split*

Asal : Clereng

Diperiksa : 28 Maret 2016

Berat Pan = C	(gr)	=	152
Berat Kerikil Basah (Kerikil + pan) = A	(gr)	=	252
Berat Kering Oven(Kerikil + pan) = B	(gr)	=	250,039

Kadar Penyerapan = $\frac{A - B}{B - C} \times 100\%$ = 2,00 %



A.12 PENGUJIAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT KASAR

- I. Waktu pemeriksaan: 29 Maret 2016
- II. Bahan
 - a. *Split* kering tungku, asal : Clereng, berat : 500 gram
 - b. Air jernih asal : LSBB Prodi TS FT-UAJY
- III. Alat
 - a. Gelas ukur, ukuran: 500 cc
 - b. Timbangan
 - c. Tungku (*oven*), suhu antara 105-110°C
 - d. Kerikil + piring masuk tungku tanggal 29 Maret 2016 jam 13.00 WIB

IV. Hasil

Kerikil + piring keluar tungku tanggal 30 Maret 2016 jam 14.00 WIB

- a. Berat *Split* = 500 gram
- b. Berat *Split* kering oven = 495 gram

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{500 - 495}{1000} \times 100\% = 1\%$$

Kesimpulan: Kandungan lumpur $1\% \leq 1\%$, syarat terpenuhi (OK)

Yogyakarta, Juli 2016
Mengetahui

Pemeriksa

Thomas Alberio Rarta
Choirul Prahastama Aji
Kane Ligawan
Patria Yudha Asmara

Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.
(Kepala Lab. SBB UAJY)



A.13 PENGUJIAN ABU TERBANG (FLY ASH)



LABORATORIUM ANALISIS INSTRUMENTAL (ANINS)
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta 55281
Telp.(0274) 555320 Fax.(0274) 6492170 E-mail : anins@chemeng.ugm.ac.id

Sample fly ash
Operator: Wisnu
Comment with mylar film_vacuum
Group powder_oxide_vacuum
Date 2016-05-25 11:03:27

Measurement Condition

Instrument: EDX-8000 Atmosphere: Vac. Collimator: 10(mm) Sample Cup:Mylar

Analyte TG kV uA FI Acq. (keV) Anal. (keV) Time (sec) DT(%)
Na-U Rh 50 27-Auto ---- 0 - 40 0.00-40.00 Live- 100 40

Quantitative Result

Analyte	Result	[3-sigma] Proc.-Calc.	Line	Int. (cps/uA)
SiO2	44.257 %	[0.343] Quan-FP	SiKa	52.8759
Al2O3	21.725 %	[0.331] Quan-FP	AlKa	11.7461
Fe2O3	12.264 %	[0.019] Quan-FP	FeKa	1461.8018
CaO	9.199 %	[0.041] Quan-FP	CaKa	167.0568
MgO	8.876 %	[0.948] Quan-FP	MgKa	1.2379
S03	1.674 %	[0.028] Quan-FP	S Ka	6.9684
K2O	0.780 %	[0.013] Quan-FP	K Ka	9.5263
TiO2	0.748 %	[0.008] Quan-FP	TiKa	21.8519
MnO	0.189 %	[0.002] Quan-FP	MnKa	18.3949
Er2O3	0.106 %	[0.018] Quan-FP	ErLa	6.2146
SrO	0.060 %	[0.001] Quan-FP	SrKa	31.3838
V2O5	0.051 %	[0.005] Quan-FP	V Ka	2.0242
ZnO	0.017 %	[0.001] Quan-FP	ZnKa	3.6818
ZrO2	0.016 %	[0.001] Quan-FP	ZrKa	8.2297
Cr2O3	0.014 %	[0.003] Quan-FP	CrKa	0.9716
PbO	0.010 %	[0.002] Quan-FP	PbLb1	1.6676
NiO	0.008 %	[0.002] Quan-FP	NiKa	1.1787
Y2O3	0.004 %	[0.001] Quan-FP	Y Ka	2.2132

Operator EDX

Wisnu Suprpta



B. RENCANA ADUKAN BETON (*MIX DESIGN*)

- i. Rencana adukan beton (*mix design*) ini mengacu pada SNI 03-6468-2000.
- ii. Penelitian ini menggunakan nilai faktor-*binder*-semen sebesar 0.33.

1. Menentukan *slump* dan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan

Nilai *slump* direncanakan 25 mm – 50 mm. Perhitungan dalam SNI 03-6468-2000 kuat tekan rata-rata yang ditargetkan dibedakan berdasarkan campuran adukan beton dengan menggunakan *superplasticizer* dan campuran adukan beton tanpa *superplasticizer*.

Tabel 1. Rasio air : binder Maksimum yang disarankan (tanpa *superplasticizer*)

Tabel 3 Rasio W/(c + p) Maksimum yang disarankan
(tanpa *SUPERPLASTICIZER*)

Kekuatan Lapangan f_{cr}' (MPa)		W/(c + p)			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,42	0,41	0,40	0,39
	56 hari	0,46	0,45	0,44	0,43
55,2	28 hari	0,35	0,34	0,33	0,33
	56 hari	0,38	0,37	0,36	0,35
62,1	28 hari	0,30	0,29	0,29	0,28
	56 hari	0,33	0,32	0,32	0,30
69,0	28 hari	0,26	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,29	0,28	0,27	0,26

$$f_{cr}' = f_c' + 9,66 \text{ (MPa)}$$

Tabel 2. Rasio air : binder Maksimum yang disarankan (dengan *superplasticizer*)

Tabel 4 Rasio W/(c + p) Maksimum yang disarankan
(dengan *SUPERPLASTICIZER*)

Kekuatan Lapangan f_{cr}' (MPa)		W/(c + p)			
		Ukuran Agregat Maksimum (mm)			
		10	15	20	25
48,3	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55,2	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62,1	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69,0	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
75,9	28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
	56 hari	0,33	0,31	0,29	0,29
82,8	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
	56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

$$f_{cr}' = f_c' + 9,66 \text{ (MPa)}$$



Penelitian ini menargetkan nilai faktor-air-*binder* sebesar 0.33, dengan demikian perhitungan nilai kuat tekan rencana menggunakan interpolasi sesuai dengan hasil nilai kuat tekan rencana pada umur 28 hari yang ada pada Tabel 1. dan Tabel 2. Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr} sesungguhnya) pada umur beton 28 hari dapat ditentukan dengan persamaan:

$$f'_{cr} = \frac{f'_c + 9.66 \text{ Mpa}}{0.90} \dots\dots\dots(1)$$

- Beton 0% SP:

Batas Atas	Batas Bawah	Hasil W/(c+p)
62.10	55.2	0.3300
0.30	0.35	

$$f'_{cr} \text{ (pada tabel)} = \frac{(0.33 - 0.30) \times (55.2 - 62.1)}{(0.35 - 0.30)} + 62.1 = 57.96 \text{ MPa}$$

$$\text{Sehingga } f'_c = 57.96 - 9.66 = 48.30 \text{ MPa}$$

Maka, f'_{cr} sesungguhnya (28 Hari) menggunakan persamaan (1):

$$f'_{cr} = \frac{48.30 + 9.66}{0.90} = 64.40 \text{ MPa}$$

- Beton 0.2% SP, 0.4% SP dan 0.6% SP:

Batas Atas	Batas Bawah	Hasil W/(c+p)
69.00	62.1	0.3300
0.33	0.38	

$$f'_{cr} \text{ (pada tabel)} = \frac{(0.33 - 0.33) \times (62.1 - 69.0)}{(0.38 - 0.33)} + 69 = 69 \text{ MPa}$$

$$\text{Sehingga } f'_c = 69 - 9.66 = 59.34 \text{ MPa}$$



Maka, f'_{cr} sesungguhnya (28 Hari) menggunakan persamaan (1):

$$f'_{cr} = \frac{59.34 + 9.66}{0.90} = 76.67 \text{ MPa}$$

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

Pada penelitian ini kuat tekan yang ditargetkan lebih dari 62.1 MPa, maka digunakan agregat kasar batu pecah (*split*) dengan ukuran maksimum 10 mm. Sifat-sifat batu pecah (*split*) yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Berat jenis relatif (kering oven) = 2.62 gr/cm³
- Kapasitas absorpsi = 2.88%
- Berat satuan volume = 1270 kg/m³
- Tingkat keausan = 21.42%
- Modulus halus butir (MHB) = 6.486

3. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Menentukan kadar agregat kasar optimum menggunakan tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Fraksi volume agregat kasar yang disarankan

Tabel 1 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

Karena ukuran agregat kasar maksimum 10 mm, maka dari tabel 3., fraksi volume agregat kasar optimum = 0.65.

Kadar agregat kasar padat kering oven = $0.65 \times 1270 = 825.50 \text{ kg/m}^3$



4. Estimasi kadar air pencampur dan kadar udara

Pada perhitungan ini digunakan tabel 4. Sebagai berikut:

Tabel 4. Estimasi pertama kebutuhan air pencampur

Tabel 2. Estimasi Petama Kebutuhan Air Pencampuran dan Kadar Udara Beton Segar Berdasarkan pasir dengan 35% Rongga Udara

Air Pencampur (Liter/m ³)					Keterangan
Slump (mm)	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 <i>Superplasticizer</i>
(%)	2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan <i>Superplasticizer</i>

Berdasarkan nilai *slump* awal sebesar 25 mm–50mm dan ukuran agregat kasar maksimum 10 mm, dari tabel 4. didapat estimasi pertama kebutuhan air = 184 liter/m³ dan kadar udara untuk beton kekuatan tinggi tanpa *superplasticizer* = 3.0% dan dengan *superplasticizer* = 2.5%.

- Kadar rongga udara dihitung dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{(1 - \text{Berat isi padat kering oven})}{\text{Berat jenis relatif (kering)}} \times 100$$

Maka, kadar rongga udara:

$$V = 1 - \frac{1605}{2.7 \times 1000} \times 100\% = 40.56\%$$

- Koreksi kadar air dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Koreksi kadar air (liter/m}^3\text{)} = (V - 35) \times 4.75$$

$$\text{Sehingga koreksi kadar air} = (40.56 - 35) \times 4.75 = 26.39 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{Maka kebutuhan air total} = 184 + 26.39 = 210.39 \text{ liter/m}^3$$



5. Menghitung kadar bahan bersifat semen

Pada penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai pengganti semen sebesar 50%.

- Sehingga kadar bersifat semen (c+p) = $210.39 \div 0.33 = 637.54 \text{ kg/m}^3$ beton.
- Kebutuhan *fly ash* 50% = $637.54 \times 0.5 = 318.77 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan semen 50% = $637.54 \times 0.5 = 318.77 \text{ kg/m}^3$
- Kebutuhan air bersifat semen:

$$= \frac{\text{Total Kebutuhan Semen}}{\text{BJ semen}} + \frac{\text{Total Kebutuhan Fly Ash}}{\text{BJ Fly Ash}}$$
$$= \left(\frac{318.77}{3.15} \right) + \left(\frac{318.77}{2.8} \right) = 215.04 \text{ liter/m}^3$$

6. Proporsi campuran dasar dengan semen saja

Volume semua bahan kecuali pasir per m^3 campuran beton adalah sebagai berikut:

- Beton 0% SP

$$\text{Semen PPC} = \frac{637.54}{3.15} = 202.39 \text{ liter}$$

$$\text{Agregat kasar} = \frac{825.5}{2.62} = 315.08 \text{ liter}$$

$$\text{Air} = 210.39 \text{ liter}$$

$$\text{Kadar udara} = \left(\frac{3}{100} \times 1000 \right) = 30 \text{ liter}$$

$$\text{Total} = 757.86 \text{ liter}$$

Maka kebutuhan volume pasir per m^3 beton = $1000 - 757.86 = 242.14 \text{ liter}$.

Dikonversi menjadi berat kering oven:



$$= \left(\frac{242.14}{1000} \right) \times 2.7 \times 1000 = 653.78 \text{ kg}$$

Sehingga kebutuhan bahan keseluruhan untuk beton 0% SP (berat kering):

$$\text{Air} = 210.39 \text{ kg}$$

$$\text{Semen PPC} = 318.77 \text{ kg}$$

$$\text{Fly Ash} = 318.77 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 825.50 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 653.78 \text{ kg}$$

- Beton 0% SP, 0.2% SP, dan 0.6% SP

$$\text{Semen PPC} = \frac{637.54}{3.15} = 202.39 \text{ liter}$$

$$\text{Agregat kasar} = \frac{825.5}{2.62} = 315.08 \text{ liter}$$

$$\text{Air} = 210.39 \text{ liter}$$

$$\text{Kadar udara} = \left(\frac{2.5}{100} \times 1000 \right) = 30 \text{ liter}$$

$$\text{Total} = 752.86 \text{ liter}$$

Maka kebutuhan volume pasir per m³ beton = 1000 - 752.86 = 247.14 liter.

Dikonversi menjadi berat kering *oven*:

$$= \left(\frac{247.14}{1000} \right) \times 2.7 \times 1000 = 667.28 \text{ kg}$$

Sehingga kebutuhan bahan keseluruhan untuk beton 0% SP (berat kering):

$$\text{Air} = 210.39 \text{ kg}$$

$$\text{Semen PPC} = 318.77 \text{ kg}$$

$$\text{Fly Ash} = 318.77 \text{ kg}$$

$$\text{Agregat kasar} = 825.50 \text{ kg}$$

$$\text{Pasir} = 667.28 \text{ kg}$$



7. Proporsi campuran dasar per m³ berat basah

Dalam penelitian ini proporsi campuran yang digunakan dalam berat basah, sehingga:

- Beton 0% SP

a. Agregat kasar

$$\begin{aligned} &= \text{Agregat Kasar (berat Kering)} \times (1 + (\text{Kadar air kasar})) \\ &= 825.50 \times (1 + (2\%)) = 842.01 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Pasir

$$\begin{aligned} &= \text{Agregat Halus(berat kering)} \times (1 + (\text{Kadar air halus})) \\ &= 653.78 \times (1 + (5\%)) = 686.47 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Air

$$\begin{aligned} &= \text{Air (berat kering)} - \left(\left(\frac{\text{Ag.Kasar (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.kasar}} \right) \times \text{kadar air kasar} \right) - \\ &\quad \left(\left(\frac{\text{Ag.Halus (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.halus}} \right) \times \text{kadar air halus} \right) \\ &= 210.39 - \left(\left(\frac{842.01}{1 + 2\%} \right) \times 2\% \right) - \left(\left(\frac{686.47}{1 + 5\%} \right) \times 5\% \right) = 161.19 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. Semen 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

e. Fly Ash 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

- Beton 0.2% SP

a. Agregat kasar

$$\begin{aligned} &= \text{Agregat Kasar (berat Kering)} \times (1 + (\text{Kadar air kasar})) \\ &= 825.50 \times (1 + (2\%)) = 842.01 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Pasir

$$= \text{Agregat Halus(berat kering)} \times (1 + (\text{Kadar air halus}))$$



$$= 667.28 \times (1 + (5\%)) = 700.64 \text{ kg}$$

c. Air

$$= \text{Air (berat kering)} - \left(\left(\frac{\text{Ag.Kasar (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.kasar}} \right) \times \text{kadar air kasar} \right) - \left(\left(\frac{\text{Ag.Halus (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.halus}} \right) \times \text{kadar air halus} \right)$$

$$= 210.39 - \left(\left(\frac{842.01}{1 + 2\%} \right) \times 2\% \right) - \left(\left(\frac{700.64}{1 + 5\%} \right) \times 5\% \right) = 160.51 \text{ kg}$$

d. Semen 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

e. Fly Ash 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

f. Superplasticizer digunakan 0.2% dari berat binder (semen+fly ash):

$$0.2\% \times (318.77 \text{ kg} + 318.77 \text{ kg}) = 1.28 \text{ kg}$$

- Beton 0.4% SP

a. Agregat kasar

$$= \text{Agregat Kasar (berat Kering)} \times (1 + (\text{Kadar air kasar}))$$

$$= 825.50 \times (1 + (2\%)) = 842.01 \text{ kg}$$

b. Pasir

$$= \text{Agregat Halus (berat kering)} \times (1 + (\text{Kadar air halus}))$$

$$= 667.28 \times (1 + (5\%)) = 700.64 \text{ kg}$$

c. Air

$$= \text{Air (berat kering)} - \left(\left(\frac{\text{Ag.Kasar (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.kasar}} \right) \times \text{kadar air kasar} \right) - \left(\left(\frac{\text{Ag.Halus (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.halus}} \right) \times \text{kadar air halus} \right)$$

$$= 210.39 - \left(\left(\frac{842.01}{1 + 2\%} \right) \times 2\% \right) - \left(\left(\frac{700.64}{1 + 5\%} \right) \times 5\% \right) = 160.51 \text{ kg}$$

d. Semen 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg



e. *Fly Ash* 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

f. *Superplasticizer* digunakan 0.2% dari berat *binder* (semen+*fly ash*):

$$0.4\% \times (318.77 \text{ kg} + 318.77 \text{ kg}) = 2.55 \text{ kg}$$

- Beton 0.6% SP

a. Agregat kasar

$$= \text{Agregat Kasar (berat Kering)} \times (1 + (\text{Kadar air kasar}))$$

$$= 825.50 \times (1 + (2\%)) = 842.01 \text{ kg}$$

g. Pasir

$$= \text{Agregat Halus (berat kering)} \times (1 + (\text{Kadar air halus}))$$

$$= 667.28 \times (1 + (5\%)) = 700.64 \text{ kg}$$

h. Air

$$= \text{Air (berat kering)} - \left(\left(\frac{\text{Ag.Kasar (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.kasar}} \right) \times \text{kadar air kasar} \right) - \left(\left(\frac{\text{Ag.Halus (berat basa h)}}{1 + \text{kadar air ag.halus}} \right) \times \text{kadar air halus} \right)$$

$$= 210.39 - \left(\left(\frac{842.01}{1 + 2\%} \right) \times 2\% \right) - \left(\left(\frac{700.64}{1 + 5\%} \right) \times 5\% \right) = 160.51 \text{ kg}$$

i. Semen 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

j. *Fly Ash* 50% (tetap menggunakan berat kering) = 318.77 kg

k. *Superplasticizer* digunakan 0.2% dari berat *binder* (semen+*fly ash*):

$$0.6\% \times (318.77 \text{ kg} + 318.77 \text{ kg}) = 3.83 \text{ kg}$$

Berikut merupakan rekap data total kebutuhan bahan per m³ campuran

berat basah:



Tabel 1. Total Kebutuhan Bahan Susun Per m³ Campuran Beton

Kadar <i>Superplasticizer</i>	Air (kg)	Semen (kg)	<i>Fly Ash</i> (kg)	Split (kg)	Pasir (kg)	<i>Superplasticizer</i> (kg)
0%	161.190	318.771	318.771	842.010	686.468	0.000
0,2%	160.515	318.771	318.771	842.010	700.643	1.275
0,4%	160.515	318.771	318.771	842.010	700.643	2.550
0,6%	160.515	318.771	318.771	842.010	700.643	3.825

8. Total kebutuhan bahan campuran benda uji

Dari perhitungan rencana campuran (*mix design*) tersebut maka kebutuhan total bahan susun untuk 40 silinder benda uji (32 silinder besar diameter 150 mm dengan tinggi 300 mm + 8 silinder kecil diameter 100 mm dengan tinggi 200 mm) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Total Kebutuhan Bahan Susun Untuk Benda Uji

Kadar <i>Superplasticizer</i>	Air (kg)	Semen (kg)	<i>Fly Ash</i> (kg)	Split (kg)	Pasir (kg)	<i>Superplasticizer</i> (kg)
0%	10.00	19.772	19.772	52.227	42.579	0
0.2%	9.956	19.772	19.772	52.227	43.459	0.079
0.4%	9.956	19.772	19.772	52.227	43.459	0.158
0.6%	9.956	19.772	19.772	52.227	43.459	0.237



9. Perbandingan jumlah campuran benda uji

Berikut merupakan perbandingan kebutuhan bahan susun campuran pada beton:

VARIASI	BINDER (SEMEN+FLY ASH)	PASIR	SPLIT	AIR	SUPERPLASTICIZER
0	39.545	42.579	52.227	10.00	0.000
	1	1.077	1.321	0.253	0

VARIASI	BINDER (SEMEN+FLY ASH)	PASIR	SPLIT	AIR	SUPERPLASTICIZER
0,2	39.545	43.459	52.227	9.956	0.079
	1	1.099	1.321	0.252	0.0020

VARIASI	BINDER (SEMEN+FLY ASH)	PASIR	SPLIT	AIR	SUPERPLASTICIZER
0,4	39.545	43.459	52.227	9.956	0.158
	1	1.099	1.321	0.252	0.0040

VARIASI	BINDER (SEMEN+FLY ASH)	PASIR	SPLIT	AIR	SUPERPLASTICIZER
0,6	39.545	43.459	52.227	9.956	0.237
	1	1.099	1.321	0.252	0.0060



C. HASIL PENGUJIAN

C.1 TANGGAL PENGUJIAN BETON

Kode Beton	Uji 28 Hari	Uji 56 Hari
0% SP	10 Mei 2016	7 Juni 2016
0.2% SP	11 Mei 2016	8 Juni 2016
0.4% SP	12 Mei 2016	9 Juni 2016
0.6% SP	13 Mei 2016	10 Juni 2016

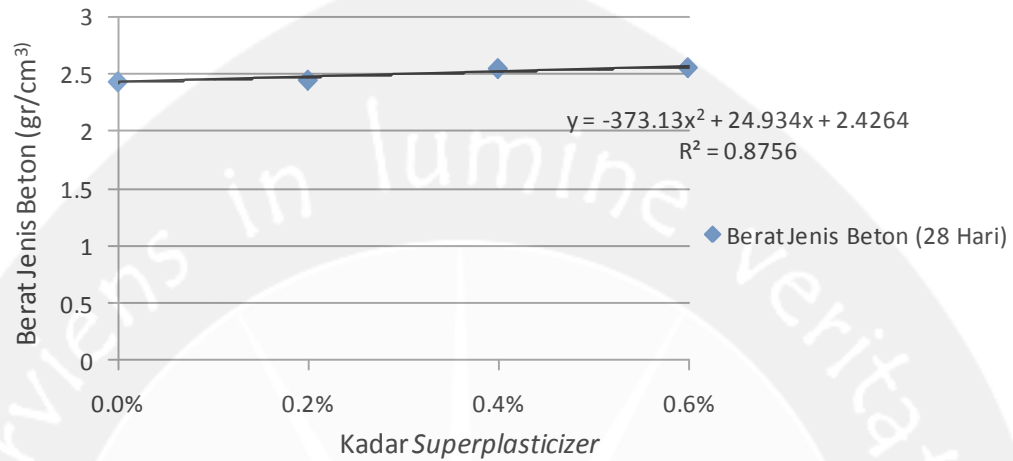


C.2 BERAT JENIS BETON

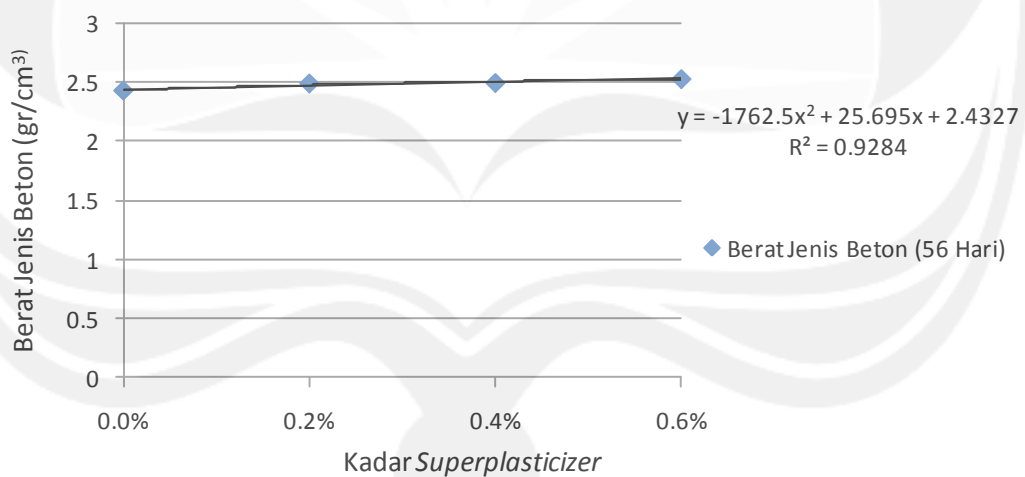
Variasi	Kode Beton	28 Hari			56 Hari		
		Berat Beton (kg)	Berat Jenis Beton (kg/m ³)		Berat Beton (Kg)	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	
			Hasil	Rerata		Hasil	Rerata
0%	0% SP-1	12.58	2373.32	2434.96	12.83	2421.04	2428.4
	0% SP-2	13.49	2543.65		12.92	2437.45	
	0% SP-3	12.89	2431.79		12.69	2392.75	
	0% SP-4	12.69	2394.44		3.87	2460.54	
	0% SP-5	12.89	2431.60		3.81	2429.98	
0.2%	0.2% SP-1	12.78	2410.67	2449.11	13.14	2478.57	2489.9
	0.2% SP-2	13.47	2541.01		12.97	2447.07	
	0.2% SP-3	13.00	2453.49		13.52	2550.06	
	0.2% SP-4	12.83	2419.91		3.88	2471.36	
	0.2% SP-5	12.83	2420.48		3.93	2502.55	
0.4%	0.4% SP-1	13.86	2613.44	2545.84	13.04	2460.09	2494.4
	0.4% SP-2	13.83	2609.10		13.09	2469.71	
	0.4% SP-3	13.77	2597.41		13.04	2459.90	
	0.4% SP-4	12.98	2448.02		3.96	2522.29	
	0.4% SP-5	13.05	2461.22		4.02	2559.85	
0.6%	0.6% SP-1	14.02	2645.13	2554.02	13.33	2514.60	2527.7
	0.6% SP-2	13.32	2513.28		13.18	2486.50	
	0.6% SP-3	13.32	2512.53		13.41	2528.94	
	0.6% SP-4	13.22	2493.66		4.02	2561.12	
	0.6% SP-5	13.813	2605.52		4.00	2547.12	



Berat Jenis Beton (28 Hari)



Berat Jenis Beton (56 Hari)





C.3 KUAT TEKAN BETON

C.3.1 KUAT TEKAN BETON 28 HARI

Jenis Beton HVFA	Kode Beton	Beban Maksimum	f'_c	f'_c Rerata
		(kN)	(MPa)	(MPa)
Tanpa <i>Superplasticizer</i>	0% SP-1	580	32.8213	33.8587
	0% SP-2	605	34.2360	
	0% SP-3	610	34.5189	
	0% SP-4	580	32.8213	
	0% SP-5	500	28.2942	
Dengan <i>Superplasticizer</i>	0.2% SP-1	610	34.5189	35.1791
	0.2% SP-2	630	35.6507	
	0.2% SP-3	590	33.3872	
	0.2% SP-4	625	35.3678	
	0.2% SP-5	605	34.2360	
	0.4% SP-1	625	35.3678	40.7437
	0.4% SP-2	690	39.0460	
	0.4% SP-3	720	40.7437	
	0.4% SP-4	750	42.4413	
	0.4% SP-5	670	37.9142	
	0.6% SP-1	740	41.8754	43.1958
	0.6% SP-2	800	45.2707	
	0.6% SP-3	750	42.4413	
	0.6% SP-4	585	33.1042	
	0.6% SP-5	605	34.2360	

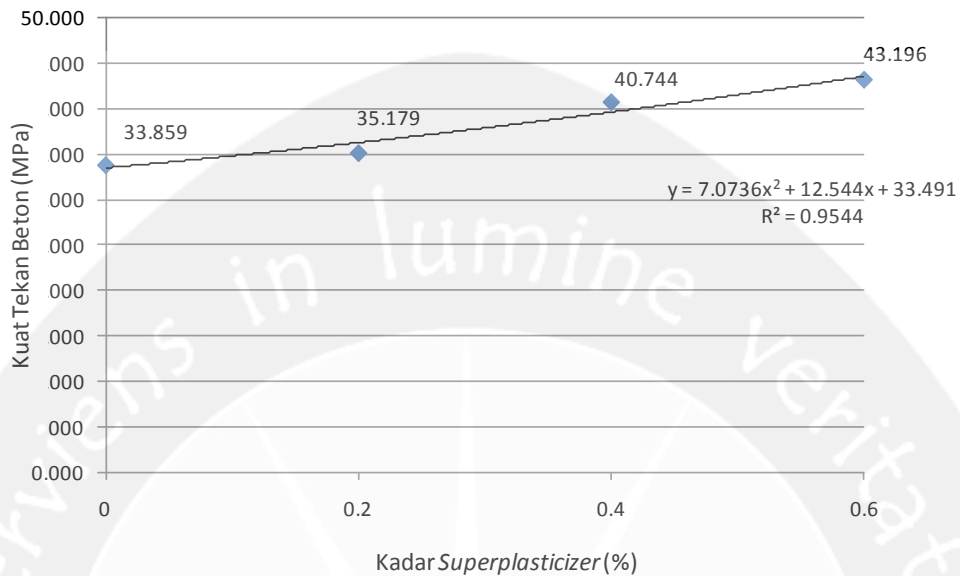


C.3.2 KUAT TEKAN BETON 56 HARI

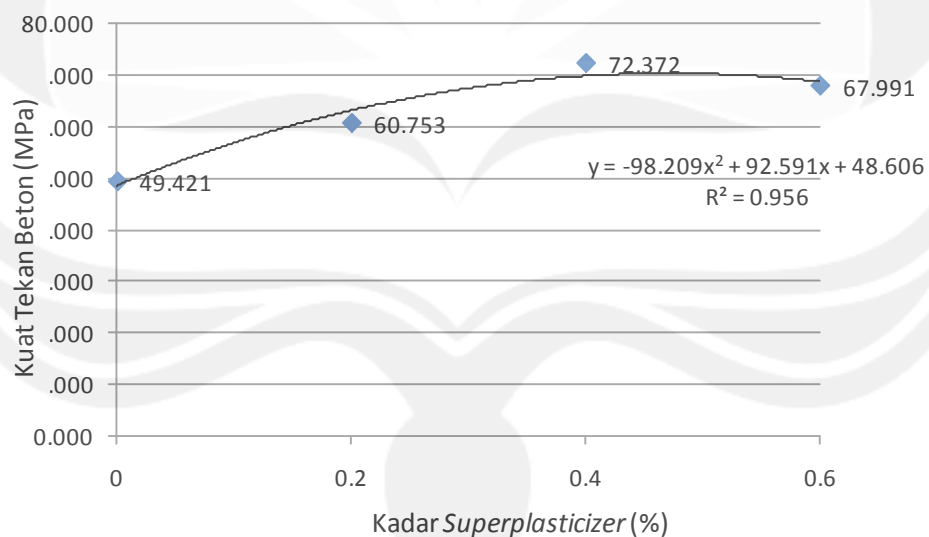
Jenis Beton HVFA	Kode Beton	Beban Maksimum	f_c	f_c Rerata
		(kN)	(MPa)	(MPa)
Tanpa Superplasticizer	0% SP-1	1010	57.1543	49.4206
	0% SP-2	895	50.6466	
	0% SP-3	715	40.4607	
	0% SP-4	300	37.0513	
	0% SP-5	240	29.6410	
Dengan Superplasticizer	0.2% SP-1	1100	62.2473	60.7529
	0.2% SP-2	995	56.3055	
	0.2% SP-3	1095	61.9643	
	0.2% SP-4	450	55.5769	
	0.2% SP-5	470	58.0470	
	0.4% SP-1	1170	66.2085	72.3721
	0.4% SP-2	1350	76.3944	
	0.4% SP-3	1210	68.4720	
	0.4% SP-4	330	40.7564	
	0.4% SP-5	585	72.2500	
	0.6% SP-1	1130	63.9449	67.9910
	0.6% SP-2	1165	65.9255	
	0.6% SP-3	910	51.4955	
	0.6% SP-4	360	44.4615	
	0.6% SP-5	600	74.1025	



Kuat Tekan Beton HVFA (28 Hari)



Kuat Tekan Beton HVFA 56 Hari





C.4 MODULUS ELASTISITAS BETON

Kode Beton = 0% SP-4

P_0 = 202.2 mm

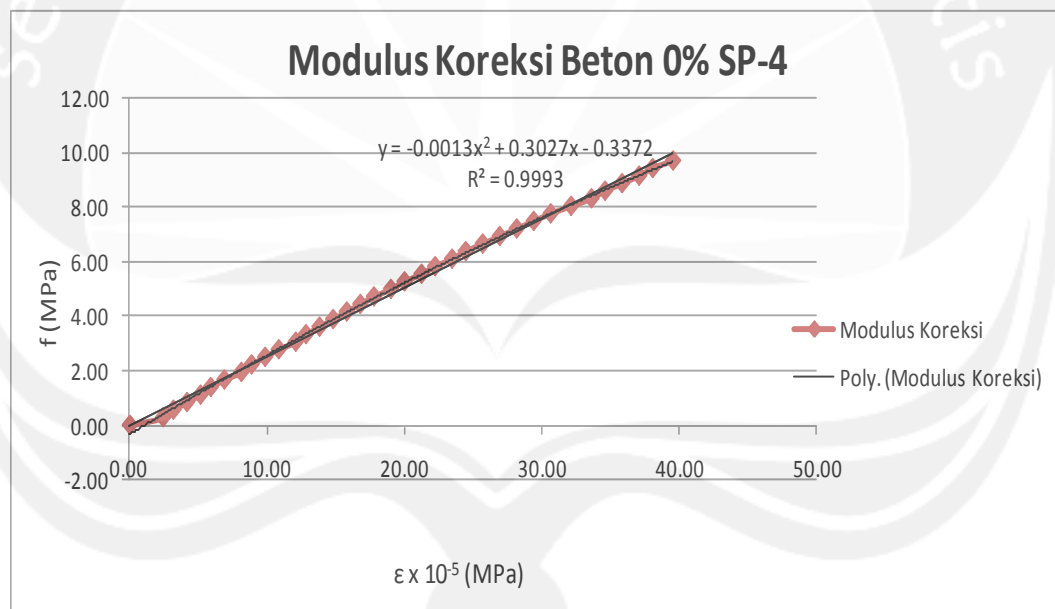
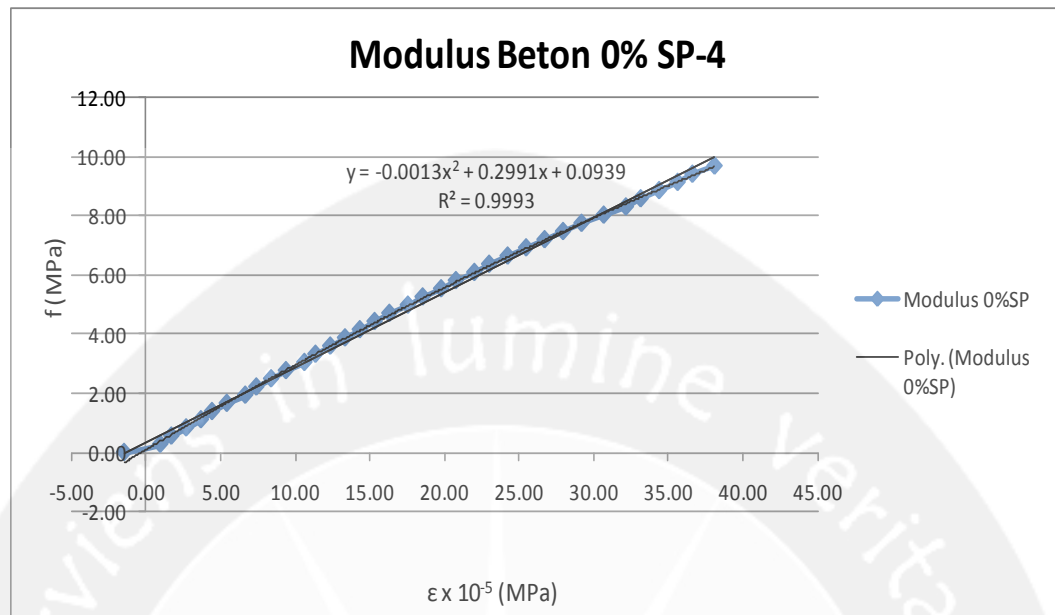
D_0 = 150.2 mm

$A_0 = 17709.6314 \text{ mm}^2$

Beban Max = 17500 kgf

$E = 24533.01074 \text{ MPa}$

Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-1.43	0.00
500	4905	4	2	0.28	0.99	2.42
1000	9810	7	3.5	0.55	1.73	3.16
1500	14715	11	5.5	0.83	2.72	4.15
2000	19620	15	7.5	1.11	3.71	5.14
2500	24525	18	9	1.38	4.45	5.88
3000	29430	22	11	1.66	5.44	6.87
3500	34335	27	13.5	1.94	6.68	8.11
4000	39240	30	15	2.22	7.42	8.85
4500	44145	34	17	2.49	8.41	9.84
5000	49050	38	19	2.77	9.40	10.83
5500	53955	43	21.5	3.05	10.63	12.07
6000	58860	46	23	3.32	11.37	12.81
6500	63765	50	25	3.60	12.36	13.80
7000	68670	54	27	3.88	13.35	14.79
7500	73575	58	29	4.15	14.34	15.77
8000	78480	62	31	4.43	15.33	16.76
8500	83385	66	33	4.71	16.32	17.75
9000	88290	71	35.5	4.99	17.56	18.99
9500	93195	75	37.5	5.26	18.55	19.98
10000	98100	80	40	5.54	19.78	21.21
10500	103005	84	42	5.82	20.77	22.20
11000	107910	89	44.5	6.09	22.01	23.44
11500	112815	93	46.5	6.37	23.00	24.43
12000	117720	98	49	6.65	24.23	25.67
12500	122625	103	51.5	6.92	25.47	26.90
13000	127530	108	54	7.20	26.71	28.14
13500	132435	113	56.5	7.48	27.94	29.38
14000	137340	118	59	7.76	29.18	30.61
14500	142245	124	62	8.03	30.66	32.10
15000	147150	130	65	8.31	32.15	33.58
15500	152055	134	67	8.59	33.14	34.57
16000	156960	139	69.5	8.86	34.37	35.80
16500	161865	144	72	9.14	35.61	37.04
17000	166770	148	74	9.42	36.60	38.03
17500	171675	154	77	9.69	38.08	39.51





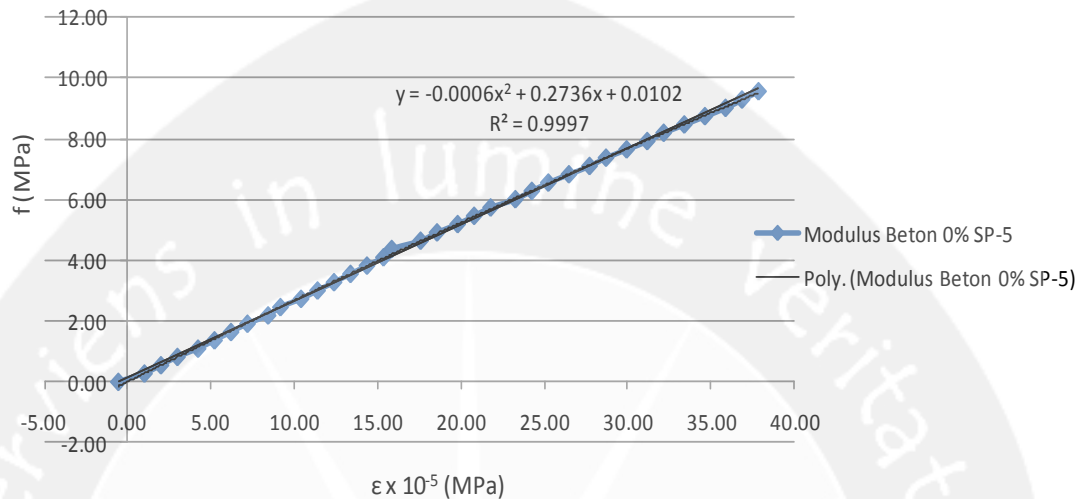
Kode Beton = 0% SP-5
 P_0 = 202.1 mm
 D_0 = 151.2 mm

$A_0 = 17946.2304 \text{ mm}^2$
Beban Max = 17500 kgf
 $E = 24891.5945 \text{ MPa}$

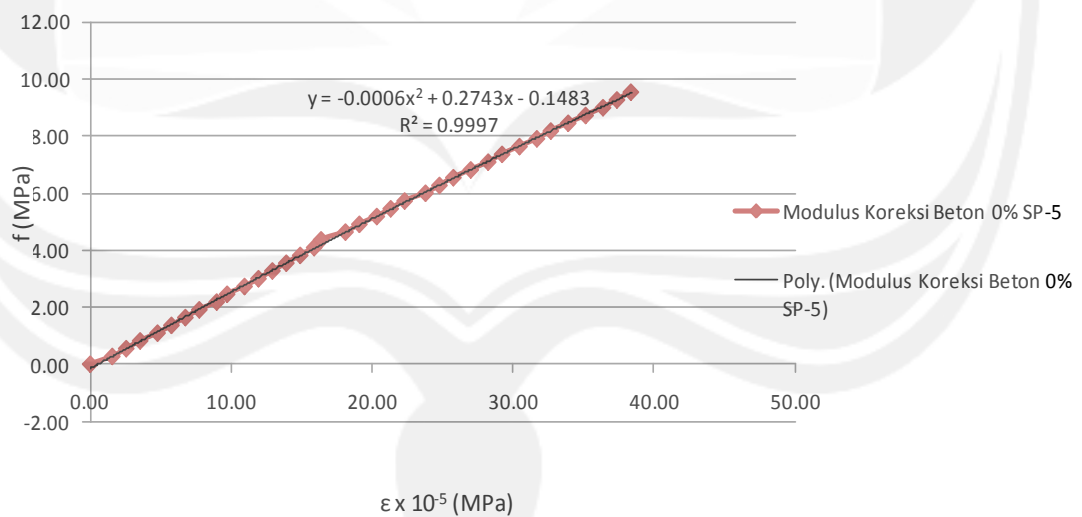
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-0.58	0.00
500	4905	4	2	0.27	0.99	1.57
1000	9810	8	4	0.55	1.98	2.56
1500	14715	12	6	0.82	2.97	3.55
2000	19620	17	8.5	1.09	4.21	4.78
2500	24525	21	10.5	1.37	5.20	5.77
3000	29430	25	12.5	1.64	6.19	6.76
3500	34335	29	14.5	1.91	7.17	7.75
4000	39240	34	17	2.19	8.41	8.99
4500	44145	37	18.5	2.46	9.15	9.73
5000	49050	42	21	2.73	10.39	10.97
5500	53955	46	23	3.01	11.38	11.96
6000	58860	50	25	3.28	12.37	12.95
6500	63765	54	27	3.55	13.36	13.94
7000	68670	58	29	3.83	14.35	14.93
7500	73575	62	31	4.10	15.34	15.92
8000	78480	64	32	4.37	15.83	16.41
8500	83385	71	35.5	4.65	17.57	18.14
9000	88290	75	37.5	4.92	18.56	19.13
9500	93195	80	40	5.19	19.79	20.37
10000	98100	84	42	5.47	20.78	21.36
10500	103005	88	44	5.74	21.77	22.35
11000	107910	94	47	6.01	23.26	23.83
11500	112815	98	49	6.29	24.25	24.82
12000	117720	102	51	6.56	25.24	25.81
12500	122625	107	53.5	6.83	26.47	27.05
13000	127530	112	56	7.11	27.71	28.29
13500	132435	116	58	7.38	28.70	29.28
14000	137340	121	60.5	7.65	29.94	30.51
14500	142245	126	63	7.93	31.17	31.75
15000	147150	130	65	8.20	32.16	32.74
15500	152055	135	67.5	8.47	33.40	33.98
16000	156960	140	70	8.75	34.64	35.21
16500	161865	145	72.5	9.02	35.87	36.45
17000	166770	149	74.5	9.29	36.86	37.44
17500	171675	153	76.5	9.57	37.85	38.43



Modulus Beton 0% SP-5



Modulus Koreksi Beton 0% SP-5





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

C. Hasil Pengujian Benda Uji - 118

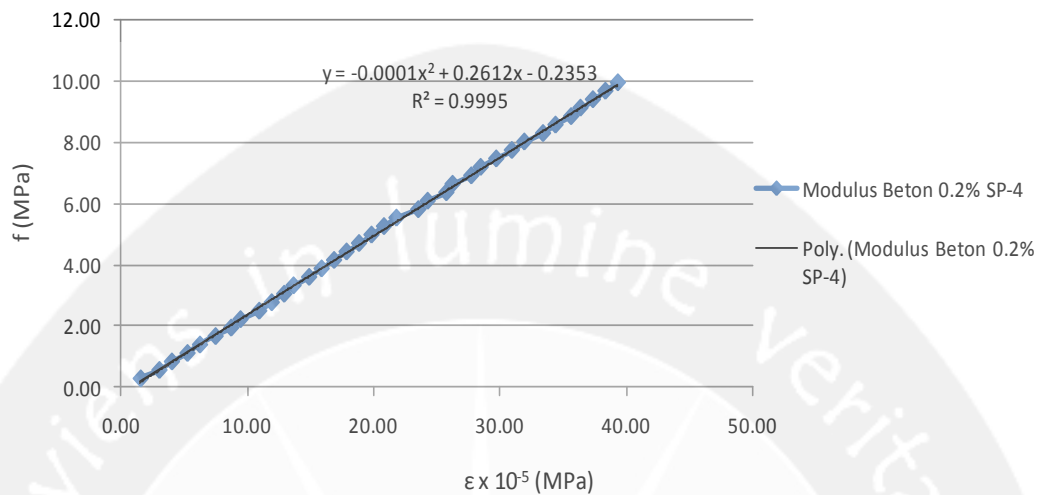
Kode Beton = 0.2% SP-4
 P_0 = 202.1 mm
 D_0 = 150.5 mm

$A_0 = 17780.4463 \text{ mm}^2$
Beban Max = 18000 kgf
 $E = 25761.60768 \text{ MPa}$

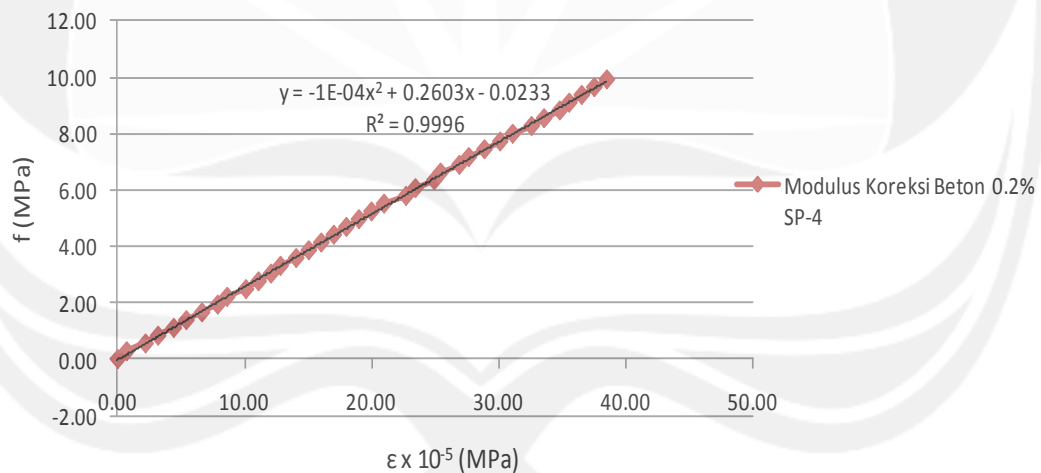
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	0.79	0.00
500	4905	6	3	0.28	1.48	0.70
1000	9810	12	6	0.55	2.97	2.18
1500	14715	16	8	0.83	3.96	3.17
2000	19620	21	10.5	1.10	5.20	4.41
2500	24525	25	12.5	1.38	6.19	5.40
3000	29430	30	15	1.66	7.42	6.64
3500	34335	35	17.5	1.93	8.66	7.87
4000	39240	38	19	2.21	9.40	8.61
4500	44145	44	22	2.48	10.89	10.10
5000	49050	48	24	2.76	11.88	11.09
5500	53955	52	26	3.03	12.86	12.08
6000	58860	55	27.5	3.31	13.61	12.82
6500	63765	60	30	3.59	14.84	14.06
7000	68670	64	32	3.86	15.83	15.05
7500	73575	68	34	4.14	16.82	16.04
8000	78480	72	36	4.41	17.81	17.03
8500	83385	76	38	4.69	18.80	18.02
9000	88290	80	40	4.97	19.79	19.01
9500	93195	84	42	5.24	20.78	19.99
10000	98100	88	44	5.52	21.77	20.98
10500	103005	95	47.5	5.79	23.50	22.72
11000	107910	98	49	6.07	24.25	23.46
11500	112815	104	52	6.34	25.73	24.94
12000	117720	106	53	6.62	26.22	25.44
12500	122625	112	56	6.90	27.71	26.92
13000	127530	115	57.5	7.17	28.45	27.66
13500	132435	120	60	7.45	29.69	28.90
14000	137340	125	62.5	7.72	30.93	30.14
14500	142245	129	64.5	8.00	31.91	31.13
15000	147150	135	67.5	8.28	33.40	32.61
15500	152055	139	69.5	8.55	34.39	33.60
16000	156960	144	72	8.83	35.63	34.84
16500	161865	147	73.5	9.10	36.37	35.58
17000	166770	151	75.5	9.38	37.36	36.57
17500	171675	155	77.5	9.66	38.35	37.56
18000	176580	159	79.5	9.93	39.34	38.55



Modulus Beton 0.2% SP-4



Modulus Koreksi Beton 0.2% SP-4





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

C. Hasil Pengujian Benda Uji - 120

Kode Beton = 0.2% SP-5

P_0 = 201.9 mm

D_0 = 150.1 mm

$A_0 = 17686.0579 \text{ mm}^2$

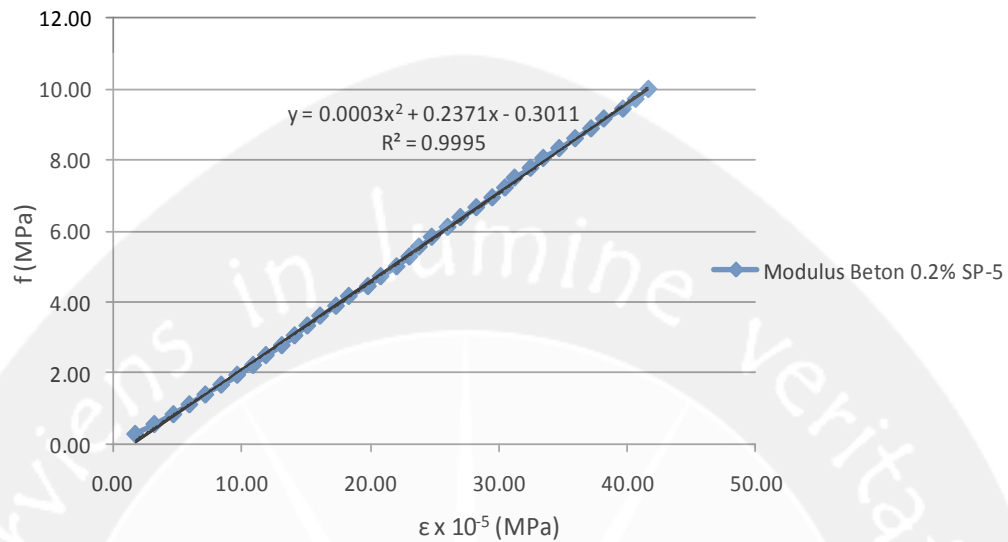
Beban Max = 18000 kgf

$E = 24960.472 \text{ MPa}$

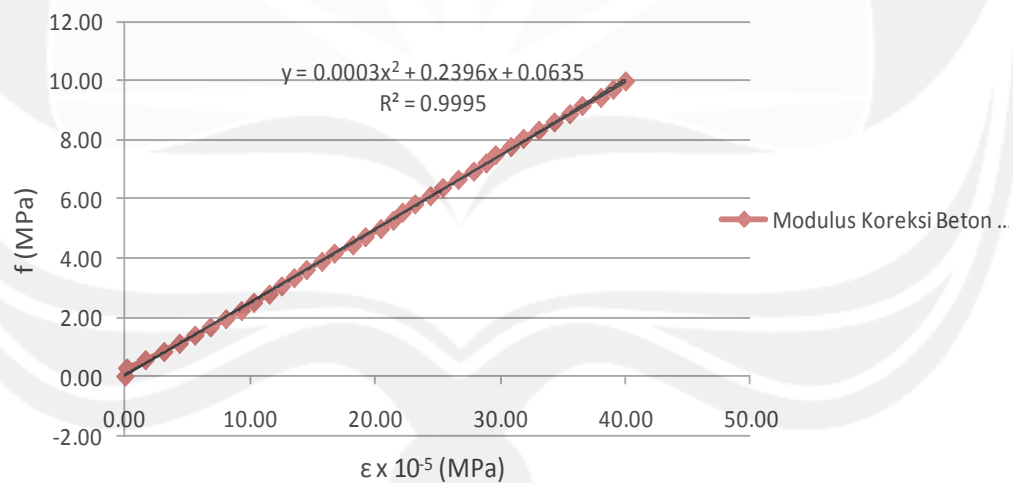
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	$\epsilon \text{ koreksi} \times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	1.60	0.00
500	4905	7	3.5	0.28	1.73	0.13
1000	9810	13	6.5	0.55	3.22	1.61
1500	14715	19	9.5	0.83	4.71	3.10
2000	19620	24	12	1.11	5.94	4.34
2500	24525	29	14.5	1.39	7.18	5.58
3000	29430	34	17	1.66	8.42	6.82
3500	34335	39	19.5	1.94	9.66	8.05
4000	39240	44	22	2.22	10.90	9.29
4500	44145	48	24	2.50	11.89	10.28
5000	49050	53	26.5	2.77	13.13	11.52
5500	53955	57	28.5	3.05	14.12	12.51
6000	58860	61	30.5	3.33	15.11	13.50
6500	63765	65	32.5	3.61	16.10	14.49
7000	68670	70	35	3.88	17.34	15.73
7500	73575	74	37	4.16	18.33	16.72
8000	78480	80	40	4.44	19.81	18.21
8500	83385	84	42	4.71	20.80	19.20
9000	88290	89	44.5	4.99	22.04	20.44
9500	93195	93	46.5	5.27	23.03	21.43
10000	98100	96	48	5.55	23.77	22.17
10500	103005	100	50	5.82	24.76	23.16
11000	107910	105	52.5	6.10	26.00	24.40
11500	112815	109	54.5	6.38	26.99	25.39
12000	117720	114	57	6.66	28.23	26.63
12500	122625	119	59.5	6.93	29.47	27.87
13000	127530	123	61.5	7.21	30.46	28.86
13500	132435	126	63	7.49	31.20	29.60
14000	137340	131	65.5	7.77	32.44	30.84
14500	142245	135	67.5	8.04	33.43	31.83
15000	147150	140	70	8.32	34.67	33.07
15500	152055	145	72.5	8.60	35.91	34.30
16000	156960	150	75	8.87	37.15	35.54
16500	161865	154	77	9.15	38.14	36.53
17000	166770	160	80	9.43	39.62	38.02
17500	171675	164	82	9.71	40.61	39.01
18000	176580	168	84	9.98	41.60	40.00



Modulus Beton 0.2% SP-5



Modulus Koreksi Beton 0.2% SP-5





Kode Beton = 0.4% SP-4

P_0 = 201.7 mm

D_0 = 151.8 mm

$A_0 = 18088.9434 \text{ mm}^2$

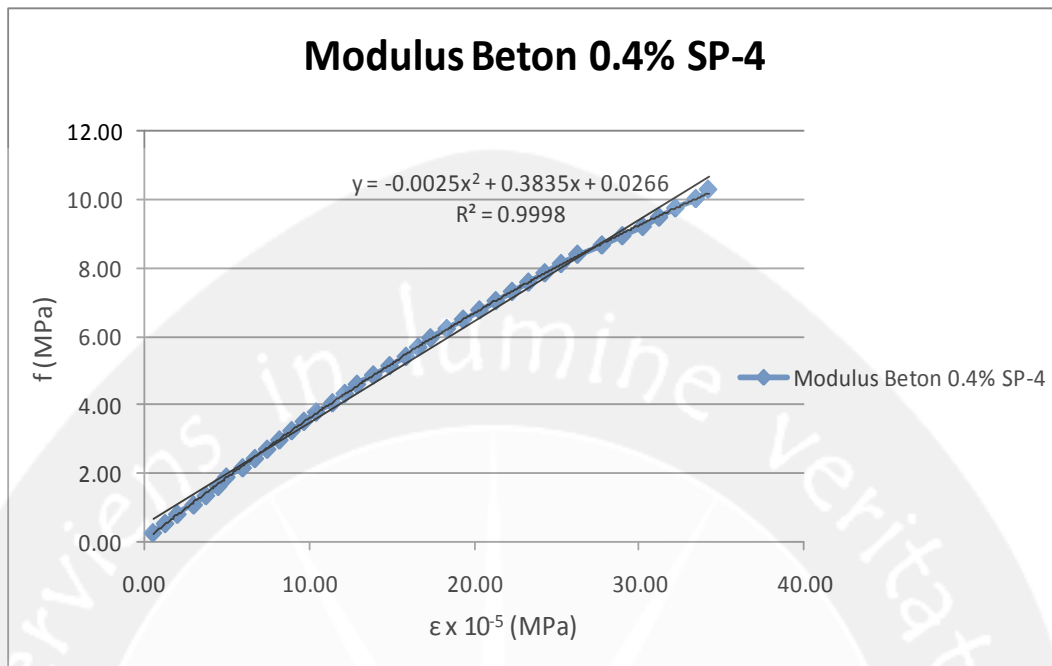
Beban Max = 19000 kgf

$E = 28674.64927 \text{ MPa}$

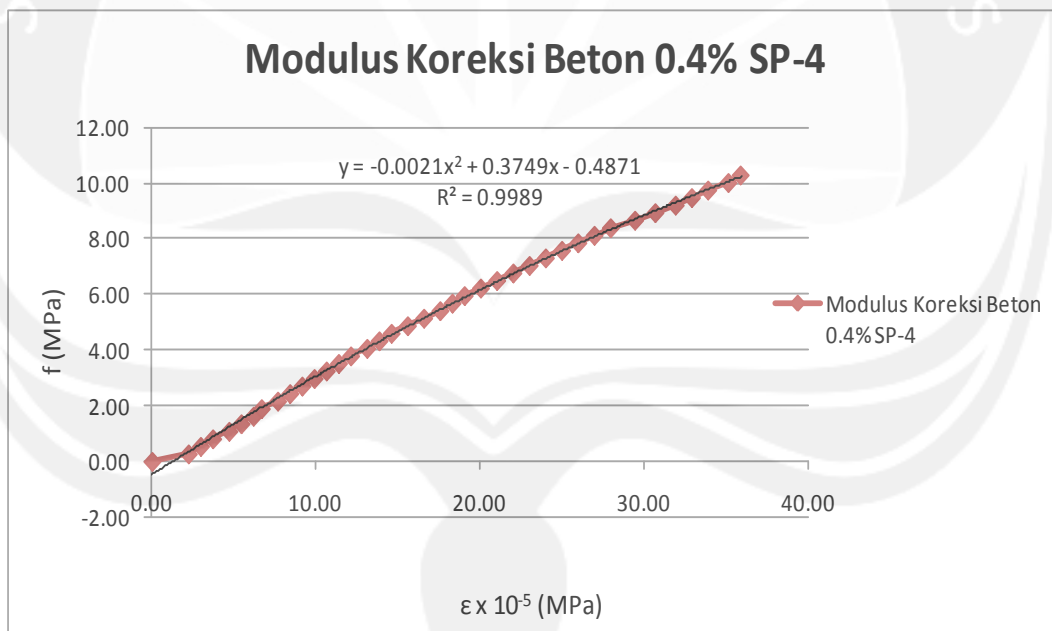
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-1.73	0.00
500	4905	2	1	0.27	0.50	2.22
1000	9810	5	2.5	0.54	1.24	2.96
1500	14715	8	4	0.81	1.98	3.71
2000	19620	12	6	1.08	2.97	4.70
2500	24525	15	7.5	1.36	3.72	5.44
3000	29430	18	9	1.63	4.46	6.19
3500	34335	20	10	1.90	4.96	6.68
4000	39240	24	12	2.17	5.95	7.67
4500	44145	27	13.5	2.44	6.69	8.42
5000	49050	30	15	2.71	7.44	9.16
5500	53955	33	16.5	2.98	8.18	9.91
6000	58860	36	18	3.25	8.92	10.65
6500	63765	39	19.5	3.53	9.67	11.39
7000	68670	42	21	3.80	10.41	12.14
7500	73575	46	23	4.07	11.40	13.13
8000	78480	49	24.5	4.34	12.15	13.87
8500	83385	52	26	4.61	12.89	14.62
9000	88290	56	28	4.88	13.88	15.61
9500	93195	60	30	5.15	14.87	16.60
10000	98100	64	32	5.42	15.87	17.59
10500	103005	67	33.5	5.69	16.61	18.33
11000	107910	70	35	5.97	17.35	19.08
11500	112815	74	37	6.24	18.34	20.07
12000	117720	78	39	6.51	19.34	21.06
12500	122625	82	41	6.78	20.33	22.05
13000	127530	86	43	7.05	21.32	23.04
13500	132435	90	45	7.32	22.31	24.04
14000	137340	94	47	7.59	23.30	25.03
14500	142245	98	49	7.86	24.29	26.02
15000	147150	102	51	8.13	25.29	27.01
15500	152055	106	53	8.41	26.28	28.00
16000	156960	112	56	8.68	27.76	29.49
16500	161865	117	58.5	8.95	29.00	30.73
17000	166770	122	61	9.22	30.24	31.97
17500	171675	126	63	9.49	31.23	32.96
18000	176580	130	65	9.76	32.23	33.95
18500	181485	135	67.5	10.03	33.47	35.19
19000	186390	138	69	10.30	34.21	35.93



Modulus Beton 0.4% SP-4



Modulus Koreksi Beton 0.4% SP-4





Kode Beton = 0.4% SP-5

P_0 = 201.7 mm

D_0 = 151.8 mm

$A_0 = 18088.9434 \text{ mm}^2$

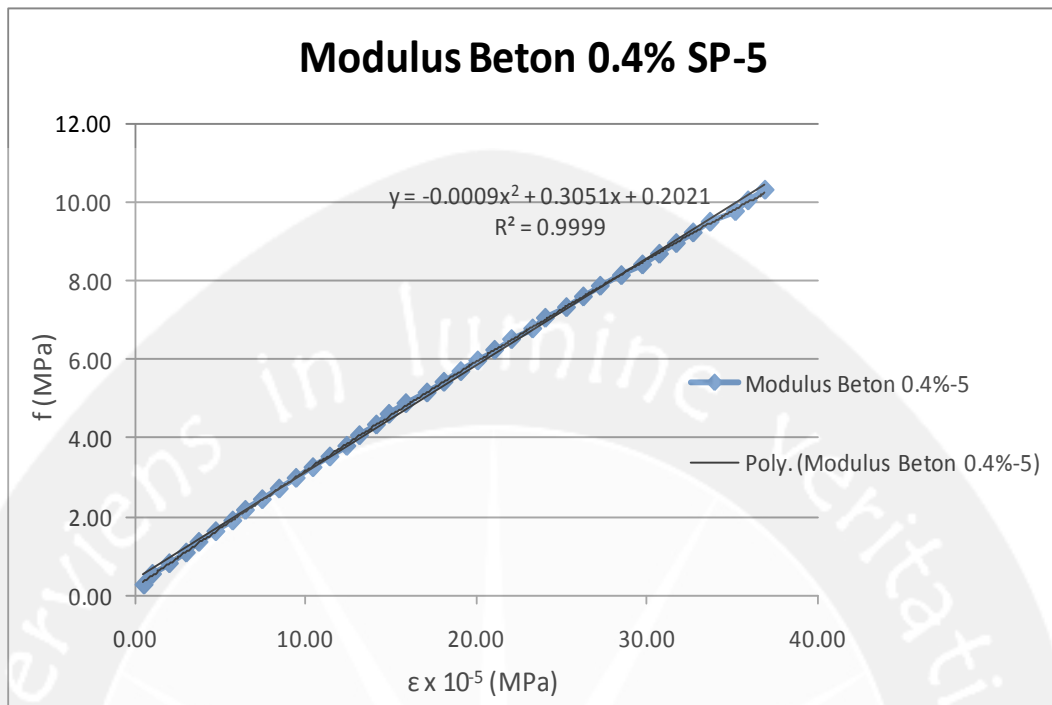
Beban Max = 19000 kgf

$E = 26819.95105 \text{ MPa}$

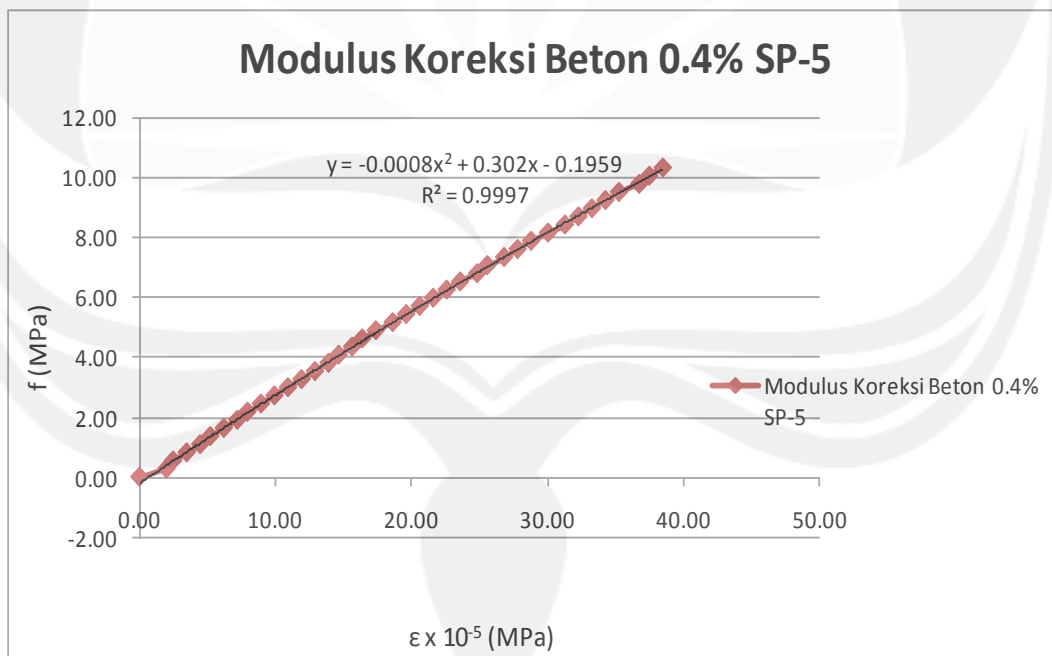
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	$\epsilon \text{ koreksi} \times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-1.48	0.00
500	4905	2	1	0.27	0.50	1.98
1000	9810	4	2	0.54	0.99	2.48
1500	14715	8	4	0.81	1.98	3.47
2000	19620	12	6	1.08	2.97	4.46
2500	24525	15	7.5	1.36	3.72	5.20
3000	29430	19	9.5	1.63	4.71	6.19
3500	34335	23	11.5	1.90	5.70	7.18
4000	39240	26	13	2.17	6.45	7.93
4500	44145	30	15	2.44	7.44	8.92
5000	49050	34	17	2.71	8.43	9.91
5500	53955	38	19	2.98	9.42	10.90
6000	58860	42	21	3.25	10.41	11.89
6500	63765	46	23	3.53	11.40	12.89
7000	68670	50	25	3.80	12.39	13.88
7500	73575	53	26.5	4.07	13.14	14.62
8000	78480	57	28.5	4.34	14.13	15.61
8500	83385	60	30	4.61	14.87	16.36
9000	88290	64	32	4.88	15.87	17.35
9500	93195	69	34.5	5.15	17.10	18.59
10000	98100	73	36.5	5.42	18.10	19.58
10500	103005	77	38.5	5.69	19.09	20.57
11000	107910	81	40.5	5.97	20.08	21.56
11500	112815	85	42.5	6.24	21.07	22.55
12000	117720	89	44.5	6.51	22.06	23.55
12500	122625	94	47	6.78	23.30	24.79
13000	127530	97	48.5	7.05	24.05	25.53
13500	132435	102	51	7.32	25.29	26.77
14000	137340	106	53	7.59	26.28	27.76
14500	142245	110	55	7.86	27.27	28.75
15000	147150	115	57.5	8.13	28.51	29.99
15500	152055	120	60	8.41	29.75	31.23
16000	156960	124	62	8.68	30.74	32.22
16500	161865	128	64	8.95	31.73	33.21
17000	166770	132	66	9.22	32.72	34.21
17500	171675	136	68	9.49	33.71	35.20
18000	176580	142	71	9.76	35.20	36.68
18500	181485	145	72.5	10.03	35.94	37.43
19000	186390	149	74.5	10.30	36.94	38.42



Modulus Beton 0.4% SP-5



Modulus Koreksi Beton 0.4% SP-5





Kode Beton = 0.6% SP-4

P₀ = 202.1 mm

D₀ = 151.1 mm

A₀ = 17922.4999 mm²

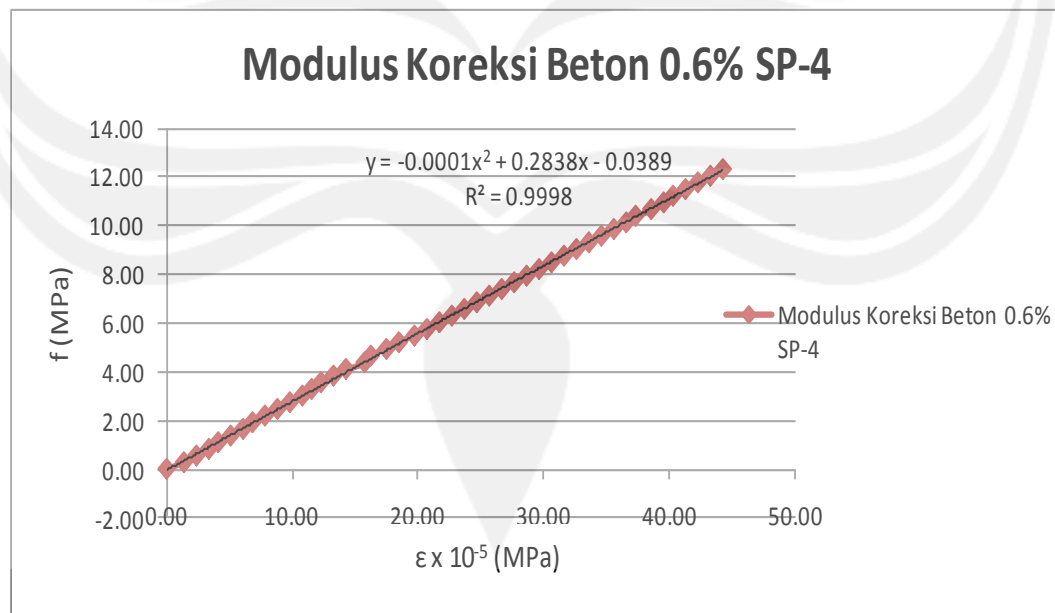
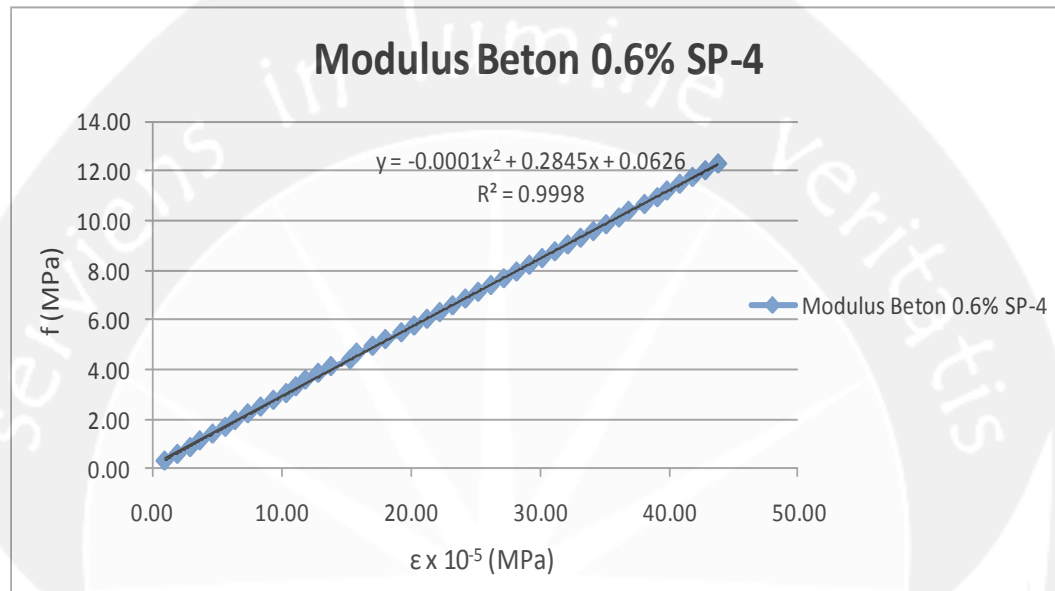
Beban Max = 22500 kgf

E = 27876.7437 MPa

Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-0.39	0.00
500	4905	4	2	0.27	0.99	1.38
1000	9810	8	4	0.55	1.98	2.37
1500	14715	12	6	0.82	2.97	3.36
2000	19620	15	7.5	1.09	3.71	4.10
2500	24525	19	9.5	1.37	4.70	5.09
3000	29430	23	11.5	1.64	5.69	6.08
3500	34335	26	13	1.92	6.43	6.82
4000	39240	30	15	2.19	7.42	7.81
4500	44145	34	17	2.46	8.41	8.80
5000	49050	38	19	2.74	9.40	9.79
5500	53955	42	21	3.01	10.39	10.78
6000	58860	45	22.5	3.28	11.13	11.52
6500	63765	48	24	3.56	11.88	12.26
7000	68670	52	26	3.83	12.86	13.25
7500	73575	56	28	4.11	13.85	14.24
8000	78480	62	31	4.38	15.34	15.73
8500	83385	64	32	4.65	15.83	16.22
9000	88290	69	34.5	4.93	17.07	17.46
9500	93195	73	36.5	5.20	18.06	18.45
10000	98100	78	39	5.47	19.30	19.69
10500	103005	82	41	5.75	20.29	20.68
11000	107910	86	43	6.02	21.28	21.66
11500	112815	90	45	6.29	22.27	22.65
12000	117720	94	47	6.57	23.26	23.64
12500	122625	98	49	6.84	24.25	24.63
13000	127530	102	51	7.12	25.24	25.62
13500	132435	106	53	7.39	26.22	26.61
14000	137340	110	55	7.66	27.21	27.60
14500	142245	114	57	7.94	28.20	28.59
15000	147150	118	59	8.21	29.19	29.58
15500	152055	122	61	8.48	30.18	30.57
16000	156960	126	63	8.76	31.17	31.56
16500	161865	130	65	9.03	32.16	32.55
17000	166770	134	67	9.31	33.15	33.54
17500	171675	138	69	9.58	34.14	34.53
18000	176580	142	71	9.85	35.13	35.52
18500	181485	146	73	10.13	36.12	36.51
19000	186390	149	74.5	10.40	36.86	37.25
19500	191295	154	77	10.67	38.10	38.49
20000	196200	158	79	10.95	39.09	39.48
20500	201105	161	80.5	11.22	39.83	40.22



Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
21000	206010	165	82.5	11.49	40.82	41.21
21500	210915	169	84.5	11.77	41.81	42.20
22000	215820	173	86.5	12.04	42.80	43.19
22500	220725	177	88.5	12.32	43.79	44.18





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia KotakPos 1086
Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

C. Hasil Pengujian Benda Uji - 128

Kode Beton = 0.6% SP-4

P_0 = 201.9 mm

D_0 = 153 mm

$A_0 = 18376.065 \text{ mm}^2$

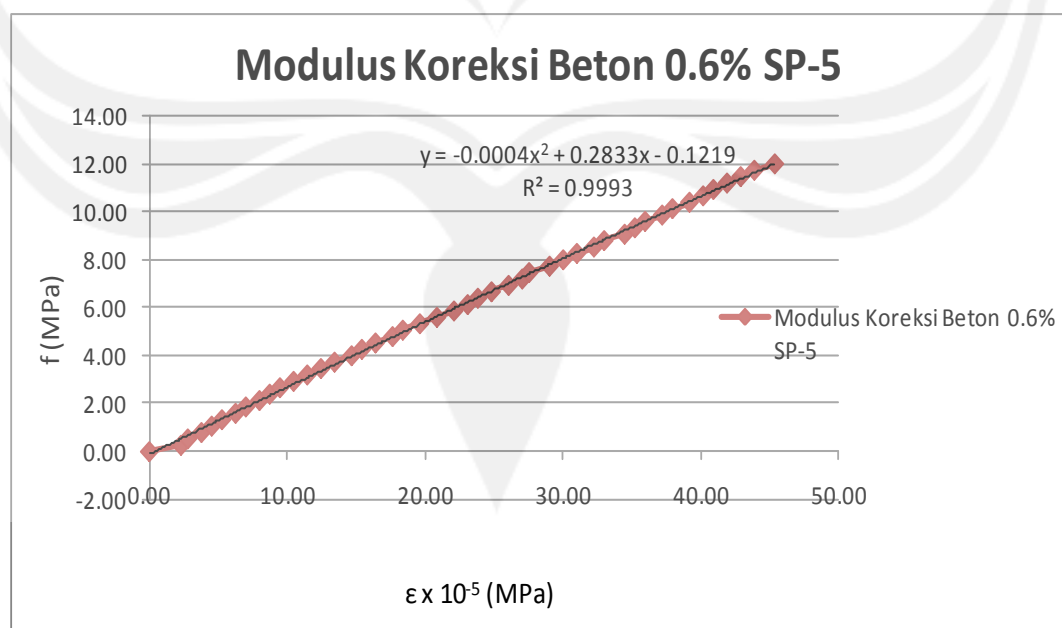
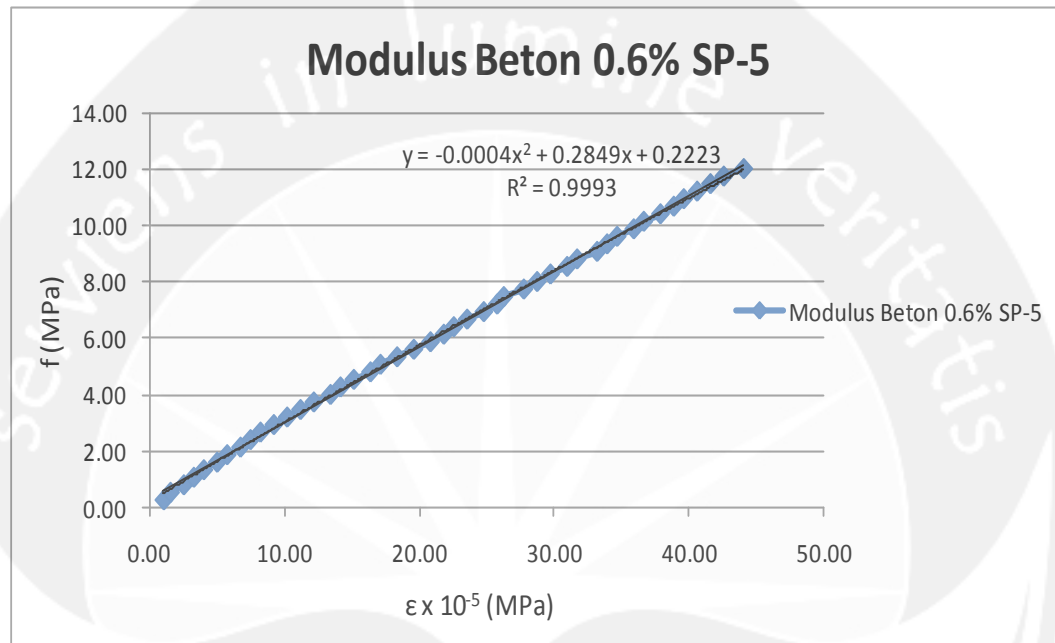
Beban Max = 22500 kgf

$E = 26462.9255 \text{ MPa}$

Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	$\epsilon \text{ koreksi} \times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0.00	-1.31	0.00
500	4905	4	2	0.27	0.99	2.30
1000	9810	6	3	0.53	1.49	2.79
1500	14715	10	5	0.80	2.48	3.79
2000	19620	13	6.5	1.07	3.22	4.53
2500	24525	16	8	1.33	3.96	5.27
3000	29430	20	10	1.60	4.95	6.26
3500	34335	23	11.5	1.87	5.70	7.00
4000	39240	27	13.5	2.14	6.69	8.00
4500	44145	30	15	2.40	7.43	8.74
5000	49050	33	16.5	2.67	8.17	9.48
5500	53955	37	18.5	2.94	9.16	10.47
6000	58860	41	20.5	3.20	10.15	11.46
6500	63765	45	22.5	3.47	11.14	12.45
7000	68670	49	24.5	3.74	12.13	13.44
7500	73575	54	27	4.00	13.37	14.68
8000	78480	57	28.5	4.27	14.12	15.42
8500	83385	61	30.5	4.54	15.11	16.42
9000	88290	66	33	4.80	16.34	17.65
9500	93195	69	34.5	5.07	17.09	18.40
10000	98100	74	37	5.34	18.33	19.63
10500	103005	79	39.5	5.61	19.56	20.87
11000	107910	84	42	5.87	20.80	22.11
11500	112815	88	44	6.14	21.79	23.10
12000	117720	91	45.5	6.41	22.54	23.84
12500	122625	95	47.5	6.67	23.53	24.84
13000	127530	100	50	6.94	24.76	26.07
13500	132435	104	52	7.21	25.76	27.06
14000	137340	106	53	7.47	26.25	27.56
14500	142245	112	56	7.74	27.74	29.05
15000	147150	116	58	8.01	28.73	30.04
15500	152055	120	60	8.27	29.72	31.03
16000	156960	125	62.5	8.54	30.96	32.26
16500	161865	128	64	8.81	31.70	33.01
17000	166770	134	67	9.08	33.18	34.49
17500	171675	137	68.5	9.34	33.93	35.24
18000	176580	140	70	9.61	34.67	35.98
18500	181485	145	72.5	9.88	35.91	37.22
19000	186390	148	74	10.14	36.65	37.96
19500	191295	153	76.5	10.41	37.89	39.20
20000	196200	157	78.5	10.68	38.88	40.19
20500	201105	160	80	10.94	39.62	40.93



Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
21000	206010	164	82	11.21	40.61	41.92
21500	210915	168	84	11.48	41.60	42.91
22000	215820	172	86	11.74	42.60	43.90
22500	220725	178	89	12.01	44.08	45.39





D. DOKUMENTASI PENELITIAN

D.1 ALAT DAN BAHAN



Mesin UTM merek Shimadzu



Mesin CTM merek ELE



Strainometer



Timbangan



Kerucut Abrams



Concrete Mixer



Concrete Vibrator



Cetakan Silinder
15 cm x 30 cm



Cetakan Silinder
10 cm x 20 cm



Mesin Ayakan



Gelas Ukur 25 ml



Gelas Ukur 500 ml



Kerucut Kuningan



Oven



Alat Kaping



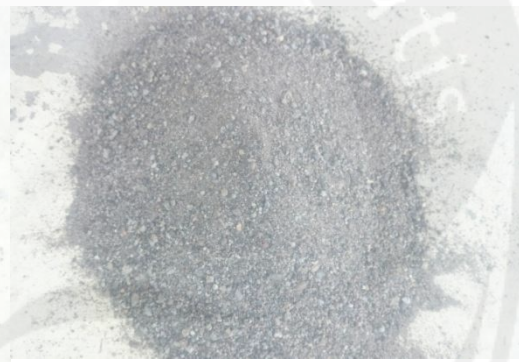
Semen



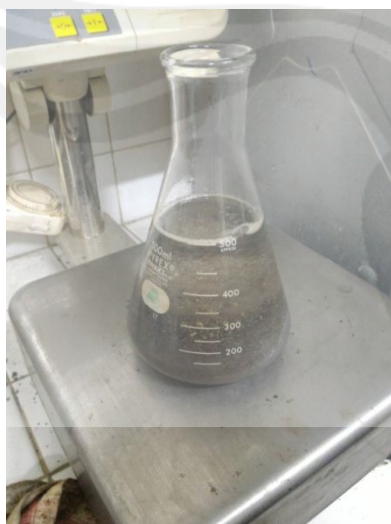
Fly Ash



Split



Pasir



Air



Superplasticizer



D.2 PENGUJIAN BAHAN SUSUN



Pengujian Zat Organik



Pengujian Gradasi Agregat



Pengujian Berat Jenis Pasir



Pengujian Kandungan Lumpur Pasir



Pengujian Berat Jenis Kerikil



Pengujian Kandungan lumpur
Kerikil



Pengujian Berat Satuan Volume



Pengujian Kadar Air dan Penyerapan Agregat kasar



Keausan Agregat



Kadar Air Pasir dan Penyerapan Agregat Halus



D.3 PEMBUATAN BENDA UJI



Penuangan Bahan ke Dalam *Mixer*



Proses Pengadukan oleh *Mixer*



Pengujian Slump Beton Normal



Pengukuran Nilai Slump



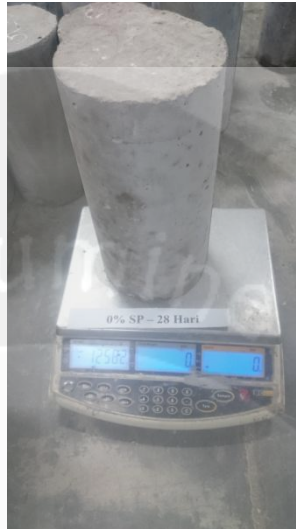
Penuangan Adukan Beton



Pencetakan Beton Pada Silinder



D.4 PENGUJIAN BENDA UJI



Penimbangan Beton
28 Hari



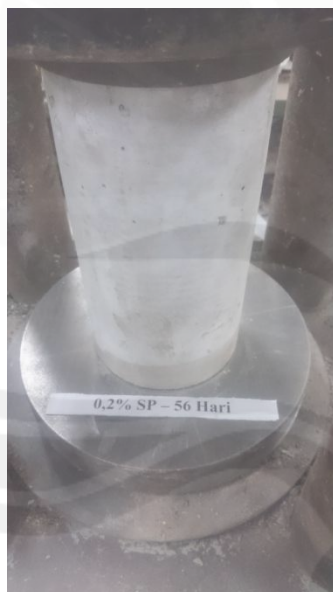
Pengujian Kuat Tekan Beton
28 Hari



Pengujian Modulus Elastisitas Beton
28 Hari



Penimbangan Beton
56 Hari



Pengujian Kuat Tekan Beton
56 Hari



Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton
56 Hari