

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Penambahan *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder menyebabkan beton mengalami peningkatan berat jenis rerata terhadap beton normal (*fly ash* 0%). Berat jenis beton HVFA berada pada kisaran 2,4 gr/cm³ hingga 2,5 gr/cm³ sehingga termasuk ke dalam jenis beton normal untuk penggunaan struktural.
2. Beton dengan kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder pada umur 28 hari menunjukkan penurunan kuat tekan rerata sebesar 4,706%, 5,647%, dan 5,882% terhadap beton normal (*fly ash* 0%). Berdasarkan data tersebut, *fly ash* dengan hasil optimal berada pada kadar 50% (38,197 MPa) dengan kuat tekan beton normal 40,083 MPa.
3. Beton dengan kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder pada umur 56 hari menunjukkan peningkatan kuat tekan rerata sebesar 13,371%, 6,984%, dan 1,247% terhadap beton normal (*fly ash* 0%). Berdasarkan data tersebut, *fly ash* dengan hasil optimal berada pada kadar 50% (67,363 MPa) dengan kuat tekan beton normal 59,418 MPa.
4. Beton dengan kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder pada umur 56 hari dibandingkan dengan 28 hari pada setiap variasi menunjukkan peningkatan kuat tekan rerata sebesar 76,357%, 68,080%, dan 59,464%.

5. Beton dengan kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder pada umur 28 hari memiliki modulus elastisitas rerata sebesar 19266,729 MPa, 18133,602 MPa, dan 17624,529 MPa atau menunjukkan penurunan modulus elastisitas rerata sebesar 10,65%, 15,91%, dan 18,27% terhadap beton normal (*fly ash* 0%).
6. Beton dengan kadar *fly ash* 50%, 60%, dan 70% dari berat binder pada umur 56 hari memiliki harga bahan susun per m³ campuran beton sebesar Rp 1.093.318, Rp 1.058.253, dan Rp 1.023.189 atau menunjukkan penghematan harga beton sebesar 13,820%, 16,584%, dan 19,348% terhadap beton normal (*fly ash* 0%).

6.2 Saran

Dari pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir, beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dan diharapkan dapat bermanfaat bagi pembaca, antara lain sebagai berikut ini.

1. Perlu dilakukan penelitian serupa tentang beton HVFA dengan bahan tambah *superplasticizer*, namun dengan umur beton yang lebih panjang (≥ 90 hari) agar didapatkan perkembangan kuat tekan beton HVFA lebih lanjut.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan *mix design* yang sama, akan tetapi menggunakan *fly ash* dengan tipe C, sehingga dapat dilakukan perbandingan antara kuat tekan yang dihasilkan dari penggunaan *fly ash* tipe C dan tipe F.
3. Perlu dikembangkan lagi bahan tambah yang mampu meningkatkan kuat tekan beton HVFA, sehingga dapat mengurangi penurunan kuat tekan yang terjadi

pada umur beton 28 hari akibat lambatnya perkembangan kuat tekan beton HVFA dan menaikkan peningkatan kuat tekan beton pada umur beton 56 hari.

4. Perlu dikembangkan lagi penelitian tentang penggunaan material *fly ash* sebagai bahan bangunan, dengan tujuan mengurangi penggunaan semen dan membantu mereduksi limbah PLTU yang selalu meningkat dari tahun ke tahun.



DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, Sugiharto, H., 2007, Kompatibilitas antara *Superplasticizer* Tipe *Polycarboxylate* dan *Naphthalene* dengan Semen Lokal, *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 1 – Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, pp. 357-367.
- ASTM Committee, 1991, *Annual Book of ASTM Standards, Vol. 8*, American Society for Testing and Material, Philadelphia.
- ASTM Committee, 1995, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, ASTM International.
- ASTM Committee, 1997, *Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.02, Concrete and Agregates*, ASTM International.
- Dinas Pekerjaan Umum, 1989, *Spesifikasi Agregat sebagai Bahan Bangunan (SK SNI S-04-1989-F)*, Yayasan LPMB, Jakarta.
- Direktorat Jendral Ketenagalistrikan, 2016, *Pemerintah Dorong Pemanfaatan Limbah PLTU*, diakses tanggal 29 Februari 2016, <http://www.djk.esdm.go.id/index.php/detail-berita?ide=4060>.
- Ekasanti, A.F., Kristiawan, S.A., dan Sunarmasto, 2014, Pengaruh Kadar *Fly Ash* terhadap Kebutuhan Air dan Kuat Tekan *High Volume Fly Ash - Self Compacting Concrete* (HVFA – SCC), *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 2, pp. 8-15.
- Herbudiman, B., Akbar T., 2015, Kajian Korelasi Rasio-Air-Powder dan Kadar Abu Terbang terhadap Kinerja Beton HVFA, *Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil 9 – Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, pp. 715-721.
- Kurniadi, A., *Harapan terhadap Perekat Bahan Bangunan yang akan Datang*, 2014, diakses tanggal 29 Februari 2016, <http://www.sementigaroda.com/read/20150730/173/harapan-terhadap-perekat-bahan-bangunan-yang-akan-datang>.
- Malhotra, V.M., Mehta, P.K., 2005, *High Performance, High-Volume Fly Ash Concrete: materials, mixture proportioning, properties, construction practice, and case histories*, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development Inc., Ottawa.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L.J., dan Brook K.M., (1986). *Bahan dan Praktek Beton*, edisi ke empat, penerbit Erlangga, Jakarta.

- Neville, A.M., Brooks, J.J., 1987, *Concrete Technology*, Longman Scientific & Technical: New York.
- Oner, A., Akyuz, S., Yildiz, R., 2005. An experimental study on strength development of concrete containing fly ash and optimum usage of fly ash in concrete, *Cement and Concrete Research*, Vol. 35, pp. 1165 – 1171.
- Pangestu, M., Sim, A.M., Antoni, Hardjito, D., 2015, Pengaruh Penggunaan Kombinasi *Viscosity Modifying Admixtures* dan *Superplasticizer* terhadap Rheologi Mortar dan Beton *Self Compacting Concrete*, *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, Vol. 4, No 2, pp. 1-7.
- Prihantoro, T.F., Solikin, M., 2015, Perkembangan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dengan Memanfaatkan Teknologi *High Volume Fly Ash Concrete*, *Simposium Nasional RAPI XIV*, pp. 301-307.
- 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, *Laporan Tugas Akhir Universitas Atma Jaya Yogyakarta*, Yogyakarta.
- Pusat Informasi Pengembangan Pemukiman dan Bangunan, 2016, *Daftar Harga Bahan dan Satuan Bangunan*, diakses tanggal 29 Februari 2016, http://pip2bdy.com/info_harga.php.
- Putri, N.A., Kristiawan, S.A., dan 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, pp. 1-7.
- Sata, V., Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, K., 2007, Influence of pozzolan from various by-product materials on mechanical properties of high-strength concrete, *Construction and Building Materials*, 21, pp 1589- 1598.
- Solikin, M., 2012, Upaya Meningkatkan Performa *High Volume Fly Ash Concrete* sebagai Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan: Sebuah Kajian Literatur, *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, pp. 132-138.
- Standar Nasional Indonesia, 2000, *Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi dengan Semen Portland dengan Abu Terbang (SNI 03-6468-2000)*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2004, *Semen Portland (SNI 15-2049-2004)*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2011, *Tata Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974-2011)*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Standar Nasional Indonesia, 2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Badan Standardisasi Nasional, Bandung.

Tjokrodimuljo, K., 1996, 2007, *Teknologi Beton*, KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wang, C.K., Salmon, C.G., 1986, *Disain Beton Bertulang*, penerbit Erlangga, Jakarta.





A. PENGUJIAN BAHAN

A.1 PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS

A.1.1 PEMERIKSAAN BERAT JENIS & 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 (<i>Apparent</i>) $= \frac{(A)}{(C + A - D)}$	2,75
H	Penyerapan (<i>Absorption</i>) $= \frac{(500 - A)}{(A)} \times 100\%$	1,01%



A.1.2 PEMERIKSAAN 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
Tingggi Tabung (cm)	15,95	Tingggi 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.1.3 PEMERIKSAAN GRADASI BUTIRAN AGREGAT HALUS

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

Berat Kering: 1000 gram						
Nomor Saringan	Berat Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	Berat Tertahan (gram)	ΣB. 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)

$$\text{MHB Agregat Halus} = \frac{3146}{1000} = 3,146; 1,5 \leq 3,146 \leq 3,8 \text{ syarat terpenuhi (OK)}$$



A.1.4 PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT HALUS

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

No.	Nomor Pemeriksaan	I
A	Berat Pasir Basah (Pasir+Pan)	254
B	Berat Kering Oven (Pasir+Pan)	249,238
C	Berat Pan	154
D	Kadar Penyerapan = $\frac{A - B}{B - C} \times 100\%$	5,00 %



A.1.5 PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR AGREGAT HALUS

- I. Waktu pemeriksaan: 29 Maret 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
 - c. Tungku (*oven*), suhu antara 105-110°C
 - d. Pasir + piring masuk tungku tanggal 29 Maret 2016 jam 10.00 WIB

IV. Hasil

Pasir + piring keluar tungku tanggal 30 Maret 2016 jam 11.00 WIB

- a. Berat pasir = 100 gram
- b. Berat pasir kering oven = 99 gram

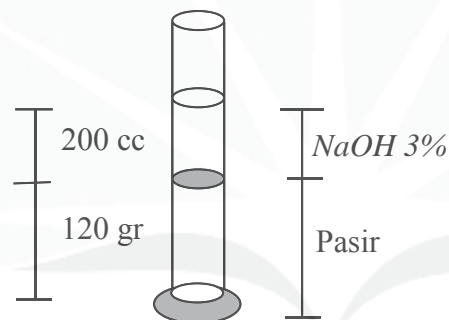
$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{100 - 99}{100} \times 100\% = 1\%$$

Kesimpulan: Kandungan lumpur = 1 % < 5%, syarat terpenuhi (OK)



A.1.6 PEMERIKSAAN KANDUNGAN ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

- I. Waktu pemeriksaan : 29 Maret 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* sesuai dengan No. 5.

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



A.2. PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR

A.2.1 PEMERIKSAAN BERAT JENIS & 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 (<i>Apparent</i>) $= \frac{(A)}{(A) - (C)}$	2,75
G	Penyerapan (<i>Absorption</i>) $= \frac{(B) - (A)}{(A)} \times 100\%$	2,88%



A.2.2 PEMERIKSAAN 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 <i>Split</i> (gr)	3524	Berat <i>Split</i> (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.2.3 PEMERIKSAAN GRADASI BUTIRAN AGREGAT KASAR

Bahan : Split
Asal : Clereng
Diperiksa : 28 Maret 2016

Berat Kering: 1000 gram						
Nomor Saringan	Berat Saringan (gram)	Berat Saringan + Tertahan (gram)	Berat 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

$$\text{MHB Agregat Kasar} = \frac{6486}{1000} = 6,486; 6 \leq 6,486 \leq 7,1 \text{ syarat terpenuhi (OK)}$$



A.2.4 PEMERIKSAAN KADAR AIR AGREGAT KASAR

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

No.	Nomor Pemeriksaan	I
A	Berat <i>Split</i> Basah (Kerikil+Pan)	252
B	Berat Kering Oven (Kerikil+Pan)	250,039
C	Berat Pan	152
D	Kadar Penyerapan = $\frac{A - B}{B - C} \times 100\%$	2,00 %



A.2.5 PEMERIKSAAN 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

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{500 - 495}{1000} \times 100\% = 0,5\%$$

Kesimpulan: Kandungan lumpur = 0,5% ≤ 1%, syarat terpenuhi (OK)



A.2.6 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

Bahan : Split
Asal : Clereng
Diperiksa : 29 Maret 2016

Gradasi Saringan		Nomor Pemeriksaan	
		I	II
Lolos	Tertahan	Berat Masing-Masing Agregat	Berat Masing-Masing Agregat
3/8"	1/4"	2500	-
1/4"	No. 4	2500	-

Nomor Pemeriksaan		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%, syarat terpenuhi (OK)

Yogyakarta, Juni 2016
Kepala Laboratorium SBB

Dinar Gumilang Jati, S.T., M.Eng.



A.3 PEMERIKSAAN ABU TERBANG (FLY ASH)

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)
Si02	44.257 %	[0.343]	Quan-FP	SiKa	52.8759
Al203	21.725 %	[0.331]	Quan-FP	AlKa	11.7461
Fe203	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
K20	0.780 %	[0.013]	Quan-FP	K Ka	9.5263
Ti02	0.748 %	[0.008]	Quan-FP	TiKa	21.8519
MnO	0.189 %	[0.002]	Quan-FP	MnKa	18.3949
Er203	0.106 %	[0.018]	Quan-FP	ErLa	6.2146
SrO	0.060 %	[0.001]	Quan-FP	SrKa	31.3838
V205	0.051 %	[0.005]	Quan-FP	V Ka	2.0242
ZnO	0.017 %	[0.001]	Quan-FP	ZnKa	3.6818
Zr02	0.016 %	[0.001]	Quan-FP	ZrKa	8.2297
Cr203	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
Y203	0.004 %	[0.001]	Quan-FP	Y Ka	2.2132

Operator EDX

Wisnu Suprapta



B. PERHITUNGAN *MIX DESIGN*

KARAKTERISTIK BAHAN SUSUN BETON

1. Agregat Halus : Pasir alam berasal dari Kali Progo
 - a. MHB : 3,15
 - b. Berat Jenis SSD : 2,70
 - c. Kadar air : 5%
 - d. Berat Satuan Volume : 1605 kg/m³
2. Agregat Kasar : Batu pecah (*Split*) berasal dari Clereng
 - a. Ukuran Butir Maks. : 10 mm
 - b. MHB : 6,49
 - c. Berat Jenis SSD : 2,62
 - d. Kadar air : 2%
 - e. Berat Satuan Volume : 1270 kg/m³
3. Semen : PPC merek Gresik
 - a. Berat Jenis : 3,15
 - b. Kadar : 100%, 50%, 40%, dan 30% dari berat *binder*
4. *Fly Ash* : *Fly ash* tipe F berasal dari PLTU Paiton
 - a. Berat Jenis : 2,5
 - b. Kadar : 0%, 50%, 60%, dan 70% dari berat *binder*
5. Air : Air bersih berasal dari Lab. SBB FT- UAJY
6. *Superplasticizer* : *Superplasticizer* tipe P merek Sika[®] Viscocrete[®] – 1003 dengan kadar 0,6% dari berat *binder*

PERHITUNGAN PROPORSI CAMPURAN

1. Menentukan slump dan kuat rata-rata yang ditargetkan: 25 mm – 50 mm

Pada penelitian ini lebih ditargetkan nilai f_{as} 0,33 daripada kuat tekan rencana. Dari tabel 3, dengan interpolasi nilai f_{as} 0,33 didapatkan kuat tekan beton rencana sebesar 69,0 MPa, dan setelah dikurangi oleh margin didapat f'_c sebesar 59,34 MPa.



Kemudian dari $f'c$ tersebut dihitung $f'cr$ dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Kuat Tekan Rencana } (f'cr) = \frac{59,34 + 9,66}{0,9} = 76,667 \text{ MPa}$$

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum

Karena kuat tekan beton yang diisyaratkan sebesar 76,667 MPa > 62,1 MPa; maka digunakan agregat kasar dengan ukuran butir maksimum 10 mm

3. Menentukan kadar agregat kasar optimum

Karena ukuran agregat maksimum adalah 10 mm, maka dari tabel 1 didapat fraksi volume agregat kasar optimum sebesar 0,65.

$$\text{Kadar agregat kasar kering oven} = 0,65 \times 1270 = 825,5 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 1 Fraksi Volume Agregat Kasar yang Disarankan

Ukuran	10	15	20	25
padat kering	0,65	0,68	0,72	0,75

4. Estimasi kadar air percampur dan kadar udara

Karena slump awal sebesar 25-50 mm dan ukuran agregat maksimum adalah 10 mm, maka dari tabel 2 didapat estimasi pertama kebutuhan air = 184 liter/m³ dan kadar udara untuk beton kekuatan tinggi dengan *superplasticizer* = 2,5%

$$\text{Kadar udara} = \left(1 - \frac{1605}{2,70 \times 1000}\right) \times 100\% = 40,56 \%$$

$$\text{Koreksi kadar air} = (40,56 - 35) \times 4,75 = 26,39 \text{ liter/m}^3$$

$$\text{Kebutuhan air total} = 184 + 26,39 = 210,39 \text{ liter/m}^3$$

Tabel 2 Estimasi Pertama Kebutuhan Air Percampuran dan Kadar Udara Beton Segar

Slump (mm)	Air Pencampur (liter/m ³)				Keterangan
	Ukuran Agregat Kasar Maks. (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	2,5	2	1,5	Tanpa <i>Superplasticizer</i>
	2,5	2	1,5	1	Dengan <i>Superplasticizer</i>



5. Penentuan rasio $W/(c+p)$

Dalam penelitian ini, lebih ditargetkan untuk nilai f_{cr} 0,33 sehingga tahap ini dilakukan pertama kali dalam *mix design*. Rasio $W/(c+p)$ yang didapat dari tabel 3 untuk beton dengan *superplasticizer* dengan $f'_{cr} = 59,24 + 9,66 = 69$ MPa adalah sebesar 0,33

Tabel 3 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

$$f'_{cr} = f'_c + 9,66 \text{ (MPa)}$$

6. Menghitung kadar bahan bersifat semen

Dari nilai $W/(c+p)$ dan kebutuhan air total yang didapat sebelumnya, maka nilai dapat dihitung nilai $(c+p) = 210,39 / 0,33 = 637,545 \text{ kg/m}^3$ beton.

7. Proporsi campuran dasar dengan semen *portland* saja

Volume semua bahan kecuali pasir per m^3 beton adalah sebagai berikut ini.

Semen <i>portland</i>	= $637,545 : 3,15$	= 202,39	liter
Agregat kasar	= $825,5 : 2,62$	= 315,08	liter
Air	= 210,39	= 210,39	liter
Kadar udara	= $0,024 \times 1000$	= 25,00	liter
Sub Total		= 752,86	liter

Maka kebutuhan agregat halus adalah = $1000 - 752,86 = 247,14$ liter

Dikonversi menjadi berat kering oven = $0,24714 \times 2,70 \times 1000 = 667,28$ kg



Jadi kebutuhan bahan keseluruhan dalam keadaan kering *oven* adalah sebagai berikut ini.

Agregat halus	= 667,28	kg
Agregat kasar	= 825,50	kg
Semen <i>portland</i>	= 637,54	kg
Air	= 210,39	kg

Dalam keadaan basah, kebutuhan *split*, pasir, dan air perlu dihitung ulang.

Perhitungan kebutuhan bahan dalam keadaan basah adalah sebagai berikut ini.

Agregat halus	= 667,28 x (1+0,05)	= 700,65 kg
Agregat kasar	= 825,5 x (1+ 0,02)	= 842,01 kg
Semen 100%	= 1 x 637,54	= 637,54 kg
Semen 50%	= 0,5 x 637,54	= 318,77 kg
Semen 40%	= 0,4 x 637,54	= 255,02 kg
Semen 30%	= 0,3 x 637,54	= 191,26 kg
<i>Fly ash</i> 0%	= 0 x 637,54	= 0 kg
<i>Fly ash</i> 50%	= 0,5 x 637,54	= 318,77 kg
<i>Fly ash</i> 60%	= 0,6 x 637,54	= 382,53 kg
<i>Fly ash</i> 70%	= 0,7 x 637,54	= 446,28 kg
Air	= 210,39 – 0,02 x 825,5 – 0,05 x 667,28	= 160,52 kg
<i>Superplasticizer</i>	= 0,006 x 637,54	= 3,83 kg

8. Proporsi per m³ campuran berat basah

Jadi kebutuhan bahan keseluruhan dalam keadaan SSD pada setiap variasi beton *fly ash* adalah seperti pada tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Total Kebutuhan Bahan per m³ Campuran Berat Basah

KADAR <i>FLY ASH</i>	PASIR	<i>SPLIT</i>	SEMEN	<i>FLY ASH</i>	AIR	<i>SP</i>
%	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	700,643	842,010	637,542	0,000	160,515	3,825
50	700,643	842,010	318,771	318,771	160,515	3,825
60	700,643	842,010	255,017	382,525	160,515	3,825
70	700,643	842,010	191,263	446,279	160,515	3,825



C. HASIL PENGUJIAN BENDA UJI

C.1 BERAT JENIS BETON

C.1.1 BERAT JENIS BETON 28 HARI

Hasil pengujian berat jenis beton pada umur beton 28 hari adalah sebagai berikut ini.

Kode Beton	Diameter Beton	Tinggi Beton	Berat Beton	Berat Jenis	BJ Rerata
	(cm)	(cm)	(gr)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)
BN - A	15	30	12554	2,37	2,40
BN - B	15	30	13011	2,45	
BN - C	15	30	12441	2,35	
BN - D	15	30	13070	2,47	
BN - E	15	30	12414	2,34	
BFA 50 - A	15	30	12832	2,42	2,42
BFA 50 - B	15	30	13076	2,47	
BFA 50 - C	15	30	12862	2,43	
BFA 50 - D	15	30	13194	2,49	
BFA 50 - E	15	30	12223	2,31	
BFA 60 - A	15	30	13144	2,48	2,45
BFA 60 - B	15	30	12928	2,44	
BFA 60 - C	15	30	12842	2,42	
BFA 60 - D	15	30	12913	2,44	
BFA 60 - E	15	30	13055	2,46	
BFA 70 - A	15	30	12949	2,44	2,47
BFA 70 - B	15	30	13039	2,46	
BFA 70 - C	15	30	12998	2,45	
BFA 70 - D	15	30	13516	2,55	
BFA 70 - E	15	30	13069	2,47	



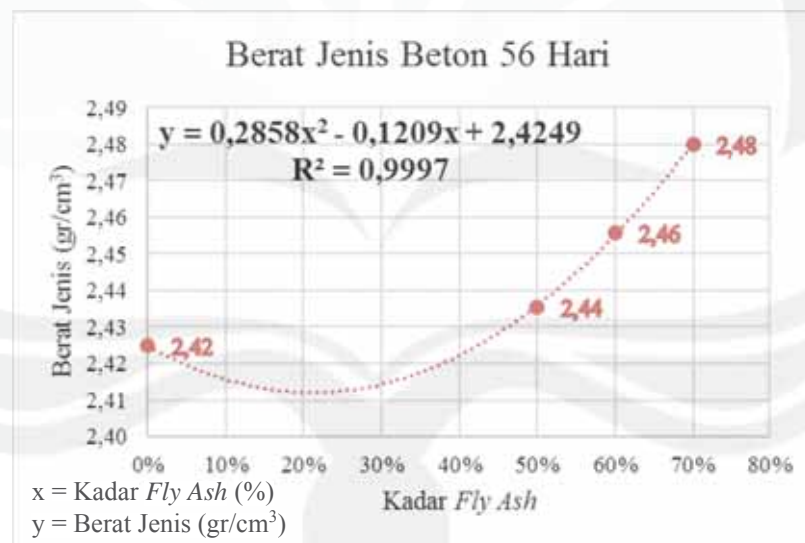
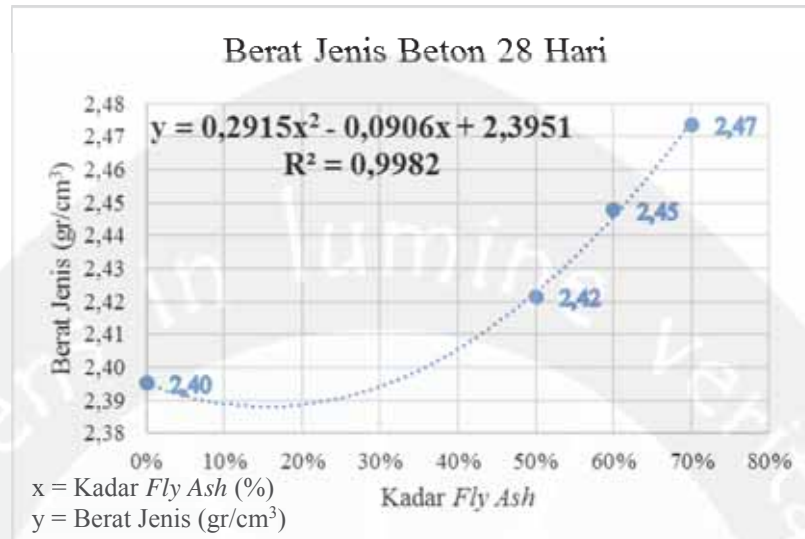
C.1.2 BERAT JENIS BETON 56 HARI

Hasil pengujian berat jenis beton pada umur beton 56 hari adalah sebagai berikut ini.

Kode Beton	Diameter Beton	Tinggi Beton	Berat Beton	Berat Jenis	BJ Rerata
	(cm)	(cm)	(gr)	(gr/cm ³)	(gr/cm ³)
BN - F	15	30	13334	2,52	2,42
BN - G	15	30	12340	2,33	
BN - H	15	30	12751	2,41	
BN - I	10	20	3875	2,47	
BN - J	10	20	3785	2,41	
BFA 50 - F	15	30	12837	2,42	2,44
BFA 50 - G	15	30	12280	2,32	
BFA 50 - H	15	30	13073	2,47	
BFA 50 - I	10	20	3950	2,51	
BFA 50 - J	10	20	3863	2,46	
BFA 60 - F	15	30	13041	2,46	2,46
BFA 60 - G	15	30	12894	2,43	
BFA 60 - H	15	30	13019	2,46	
BFA 60 - I	10	20	3877	2,47	
BFA 60 - J	10	20	3869	2,46	
BFA 70 - F	15	30	12958	2,44	2,48
BFA 70 - G	15	30	12989	2,45	
BFA 70 - H	15	30	13318	2,51	
BFA 70 - I	10	20	3936	2,51	
BFA 70 - J	10	20	3908	2,49	

Contoh perhitungan berat jenis beton BN – A (28 Hari):

$$\begin{aligned} \text{Berat beton (W)} &= 12554 \text{ gr} \\ \text{Diameter beton (D)} &= 15 \text{ cm} \\ \text{Tinggi beton (T)} &= 30 \text{ cm} \\ \text{Volumer beton (V)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times T = 5301,44 \text{ cm}^3 \\ \text{Berat jenis beton} &= \frac{W}{V} = \frac{12554}{5301,44} = 2,37 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$





C.2 KUAT TEKAN BETON

C.2.1 KUAT TEKAN BETON 28 HARI

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur beton 28 hari adalah sebagai berikut ini.

Jenis Beton	Kode Beton	Beban Maksimum	f^c	f^c Rerata	Penurunan Kuat Tekan
		(kN)	(MPa)	(MPa)	%
Beton Normal	BN - A	690	39,05	40,08	-
	BN - B	465	26,31		
	BN - C	575	32,54		
	BN - D	735	41,59		
	BN - E	700	39,61		
Beton HVFA	BFA 50 - A	620	35,09	38,20	-4,71
	BFA 50 - B	485	27,45		
	BFA 50 - C	695	39,33		
	BFA 50 - D	710	40,18		
	BFA 50 - E	520	29,43		
	BFA 60 - A	700	39,61	37,82	-5,65
	BFA 60 - B	510	28,86		
	BFA 60 - C	585	33,10		
	BFA 60 - D	670	37,91		
	BFA 60 - E	635	35,93		
	BFA 70 - A	665	37,63	37,73	-5,88
	BFA 70 - B	540	30,56		
	BFA 70 - C	650	36,78		
	BFA 70 - D	685	38,76		
	BFA 70 - E	560	31,69		



C.2.2 KUAT TEKAN BETON 56 HARI

Hasil pengujian kuat tekan beton pada umur beton 56 hari adalah sebagai berikut ini.

Jenis Beton	Kode	Beban Maksimum	$f'c$	$f'c$ Rerata	Peningkatan Kuat Tekan
		(kN)	(MPa)	(MPa)	%
Beton Normal	BN - F	1095	61,96	59,42	-
	BN - G	1085	61,40		
	BN - H	970	54,89		
	BN - I	375	46,31		
	BN - J	380	46,93		
Beton HVFA	BFA 50 - F	1105	62,53	67,36	13,37
	BFA 50 - G	1100	62,25		
	BFA 50 - H	1080	61,12		
	BFA 50 - I	610	75,34		
	BFA 50 - J	520	64,22		
	BFA 60 - F	1160	65,64	63,57	6,98
	BFA 60 - G	1080	61,12		
	BFA 60 - H	1130	63,95		
	BFA 60 - I	400	49,40		
	BFA 60 - J	450	55,58		
	BFA 70 - F	1105	62,53	60,16	1,25
	BFA 70 - G	875	49,52		
	BFA 70 - H	935	52,91		
	BFA 70 - I	475	58,67		
BFA 70 - J	480	59,28			

Contoh perhitungan kuat tekan beton BN – C (28 Hari):

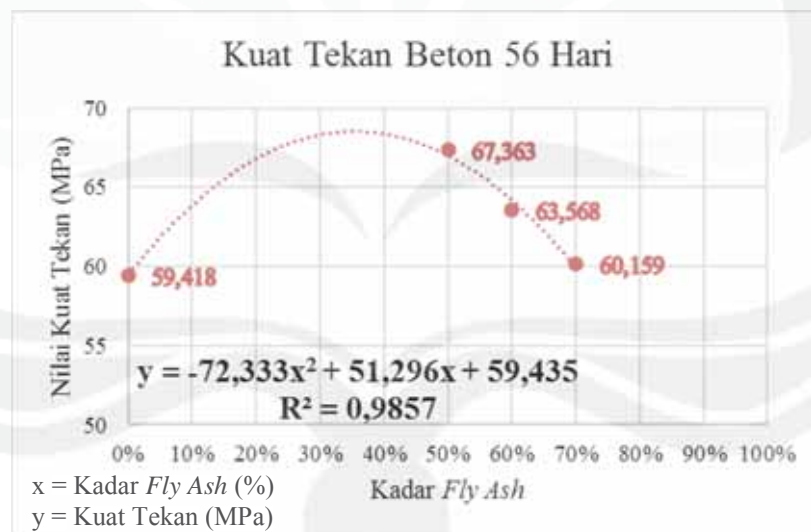
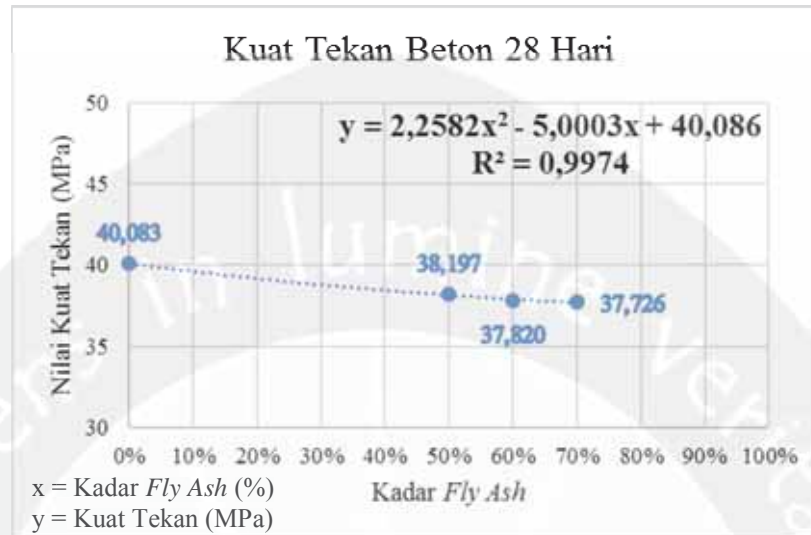
$$\text{Beban Maksimum(P)} = 575 \text{ kN}$$

$$\text{Diameter beton (D)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Kuat tekan beton (} f'c \text{)} = \frac{P \times 1000}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} = 32,54 \text{ MPa}$$

(untuk silinder kecil, hasil $f'c$ harus dikali 0,97)

$$\text{Peningkatan kuat tekan} = \left(\frac{\text{Rerata } f'c \text{ BFA 70}}{\text{Rerata } f'c \text{ BN}} \times 100\% \right) - 100\% = 1,25\%$$

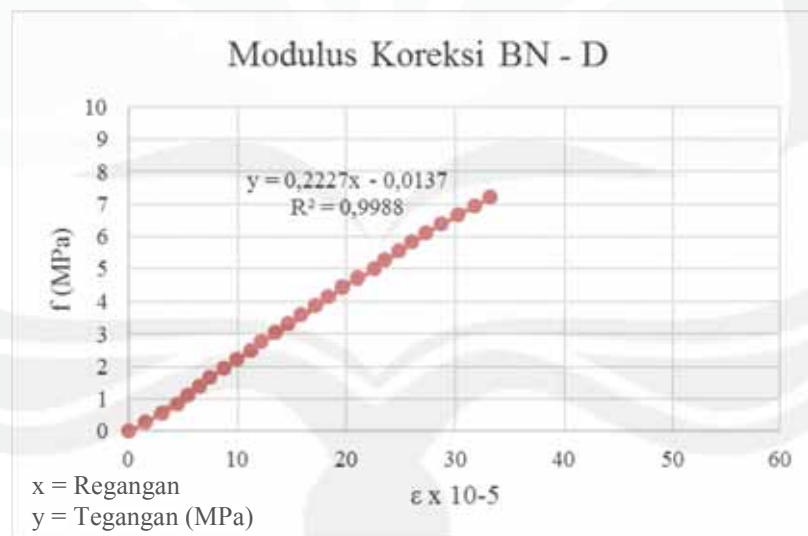
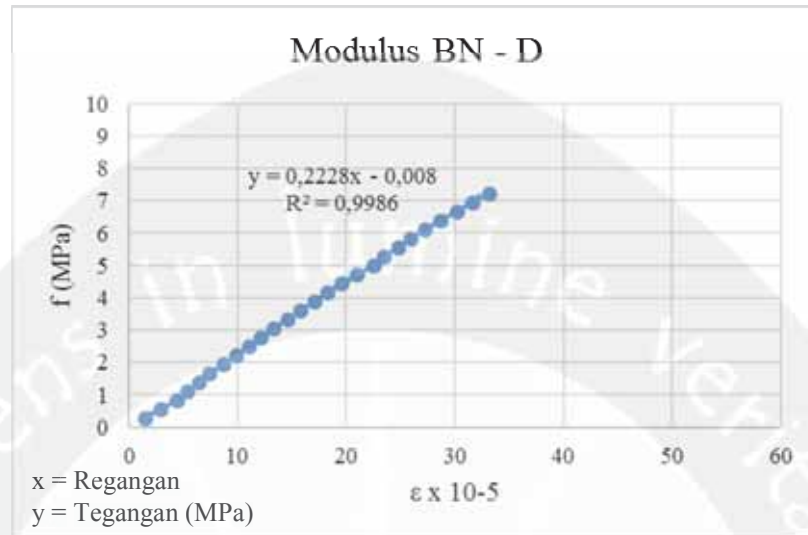




C.3 MODULUS ELASTISITAS BETON

Kode Beton = BN – D
P₀ = 202,0 mm
D₀ = 150,1 mm
A₀ = 17695,0285 mm²
Beban Max = 140 kN = 14000 kgf
E = 21753,4113 MPa
X koreksi = 0,035906643

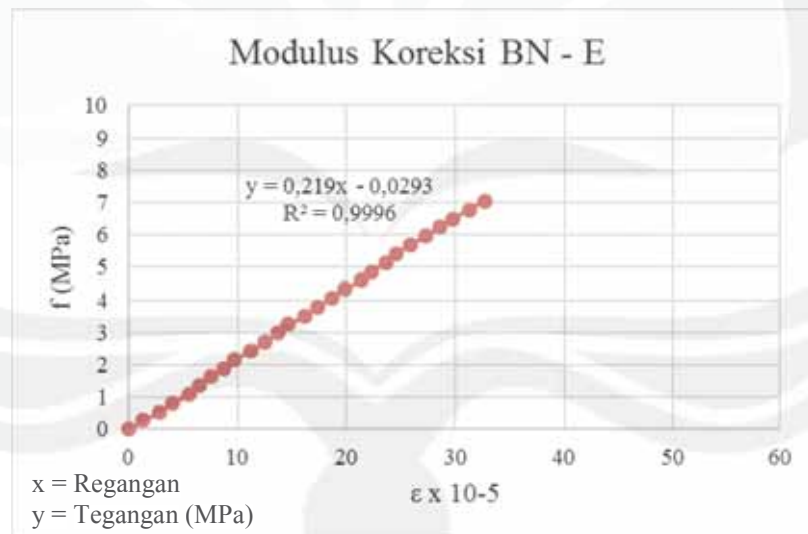
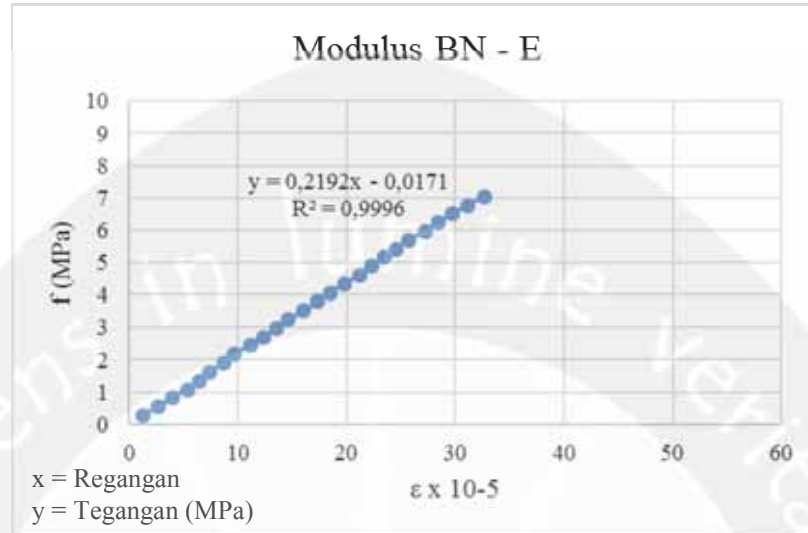
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,04	0,00
500	4905	6	3	0,28	1,49	1,52
1000	9810	12	6	0,55	2,97	3,01
1500	14715	18	9	0,83	4,46	4,49
2000	19620	22	11	1,11	5,45	5,48
2500	24525	26	13	1,39	6,44	6,47
3000	29430	30	15	1,66	7,43	7,46
3500	34335	35	17,5	1,94	8,66	8,70
4000	39240	40	20	2,22	9,90	9,94
4500	44145	45	22,5	2,49	11,14	11,17
5000	49050	49	24,5	2,77	12,13	12,16
5500	53955	54	27	3,05	13,37	13,40
6000	58860	59	29,5	3,33	14,60	14,64
6500	63765	64	32	3,60	15,84	15,88
7000	68670	69	34,5	3,88	17,08	17,12
7500	73575	74	37	4,16	18,32	18,35
8000	78480	79	39,5	4,44	19,55	19,59
8500	83385	85	42,5	4,71	21,04	21,08
9000	88290	91	45,5	4,99	22,52	22,56
9500	93195	95	47,5	5,27	23,51	23,55
10000	98100	100	50	5,54	24,75	24,79
10500	103005	105	52,5	5,82	25,99	26,03
11000	107910	110	55	6,10	27,23	27,26
11500	112815	116	58	6,38	28,71	28,75
12000	117720	122	61	6,65	30,20	30,23
12500	122625	128	64	6,93	31,68	31,72
13000	127530	134	67	7,21	33,17	33,20
13500	132435	139	69,5	7,48	34,41	34,44
14000	137340	144	72	7,76	35,64	35,68





Kode Beton = BN – E
P₀ = 202,1 mm
D₀ = 151,9 mm
A₀ = 18121,9709 mm²
Beban Max = 140 kN = 14000 kgf
E = 21374,4675 MPa
X koreksi = 0,078010949

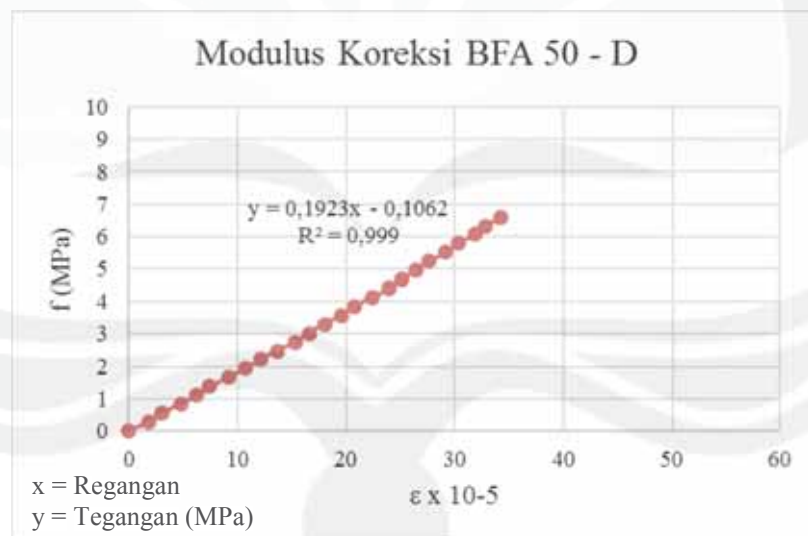
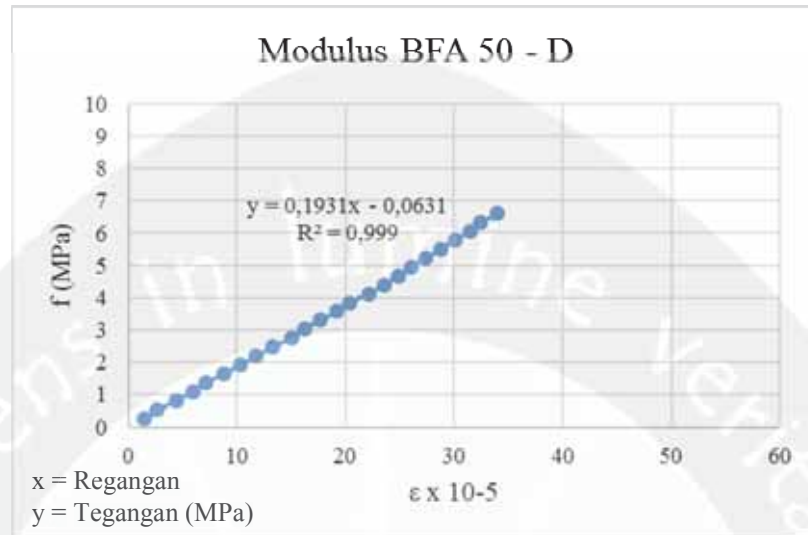
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,08	0,00
500	4905	5	2,5	0,27	1,24	1,32
1000	9810	11	5,5	0,54	2,72	2,80
1500	14715	16	8	0,81	3,96	4,04
2000	19620	22	11	1,08	5,44	5,52
2500	24525	26	13	1,35	6,43	6,51
3000	29430	30	15	1,62	7,42	7,50
3500	34335	35	17,5	1,89	8,66	8,74
4000	39240	39	19,5	2,17	9,65	9,73
4500	44145	45	22,5	2,44	11,13	11,21
5000	49050	50	25	2,71	12,37	12,45
5500	53955	55	27,5	2,98	13,61	13,69
6000	58860	59	29,5	3,25	14,60	14,67
6500	63765	65	32,5	3,52	16,08	16,16
7000	68670	70	35	3,79	17,32	17,40
7500	73575	75	37,5	4,06	18,56	18,63
8000	78480	80	40	4,33	19,79	19,87
8500	83385	86	43	4,60	21,28	21,35
9000	88290	90	45	4,87	22,27	22,34
9500	93195	95	47,5	5,14	23,50	23,58
10000	98100	99	49,5	5,41	24,49	24,57
10500	103005	104	52	5,68	25,73	25,81
11000	107910	110	55	5,95	27,21	27,29
11500	112815	115	57,5	6,23	28,45	28,53
12000	117720	120	60	6,50	29,69	29,77
12500	122625	126	63	6,77	31,17	31,25
13000	127530	132	66	7,04	32,66	32,74
13500	132435	137	68,5	7,31	33,89	33,97
14000	137340	143	71,5	7,58	35,38	35,46





Kode Beton = BFA 50 – D
P₀ = 203,3 mm
D₀ = 150,7 mm
A₀ = 17836,7771 mm²
Beban Max = 146 kN = 15000 kgf
E = 19464,9700 MPa
X koreksi = 0,326773692

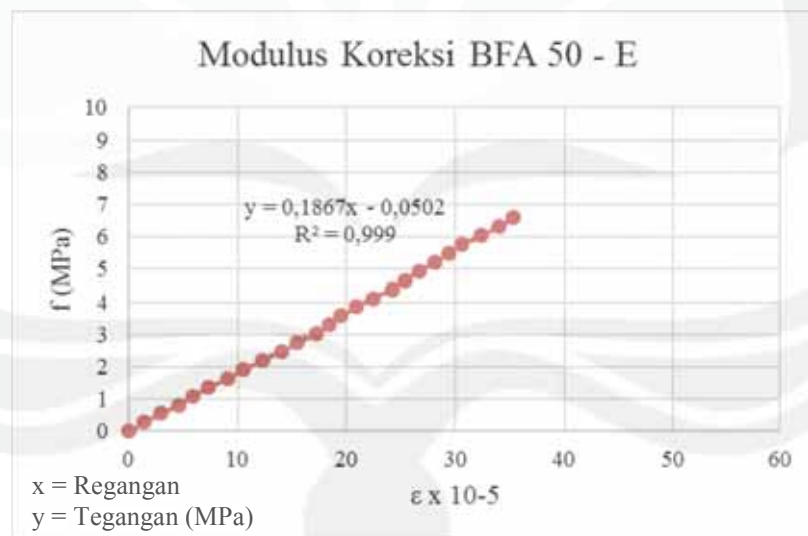
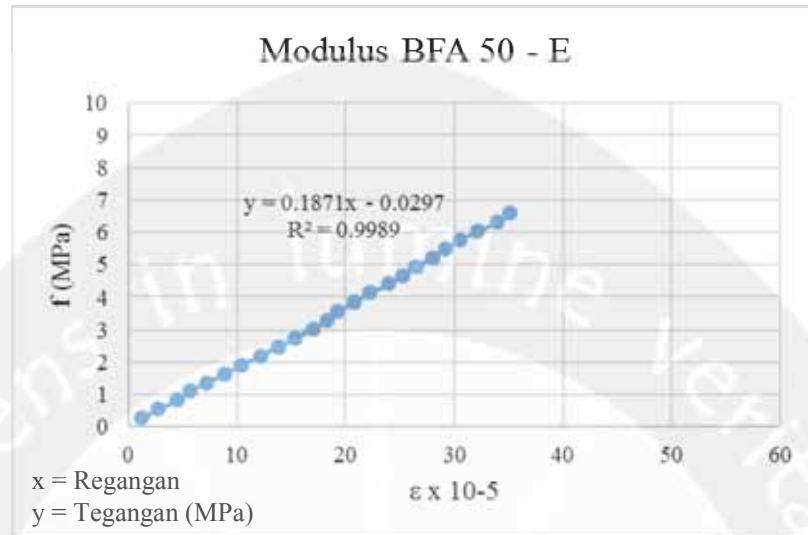
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,33	0,00
500	4905	6	3	0,27	1,48	1,80
1000	9810	11	5,5	0,55	2,71	3,03
1500	14715	18	9	0,82	4,43	4,75
2000	19620	24	12	1,10	5,90	6,23
2500	24525	29	14,5	1,37	7,13	7,46
3000	29430	36	18	1,65	8,85	9,18
3500	34335	42	21	1,92	10,33	10,66
4000	39240	48	24	2,20	11,81	12,13
4500	44145	54	27	2,47	13,28	13,61
5000	49050	61	30,5	2,75	15,00	15,33
5500	53955	66	33	3,02	16,23	16,56
6000	58860	72	36	3,30	17,71	18,03
6500	63765	78	39	3,57	19,18	19,51
7000	68670	83	41,5	3,85	20,41	20,74
7500	73575	90	45	4,12	22,13	22,46
8000	78480	96	48	4,40	23,61	23,94
8500	83385	101	50,5	4,67	24,84	25,17
9000	88290	106	53	4,95	26,07	26,40
9500	93195	111	55,5	5,22	27,30	27,63
10000	98100	117	58,5	5,50	28,78	29,10
10500	103005	122	61	5,77	30,00	30,33
11000	107910	128	64	6,05	31,48	31,81
11500	112815	132	66	6,32	32,46	32,79
12000	117720	138	69	6,60	33,94	34,27
12500	122625	144	72	6,87	35,42	35,74
13000	127530	150	75	7,15	36,89	37,22
13500	132435	155	77,5	7,42	38,12	38,45
14000	137340	160	80	7,70	39,35	39,68
14500	142245	166	83	7,97	40,83	41,15
15000	147150	171	85,5	8,25	42,06	42,38





Kode Beton = BFA 50 – E
P₀ = 202,1 mm
D₀ = 150,8 mm
A₀ = 17860,4569 mm²
Beban Max = 146 kN = 15000 kgf
E = 19068,4879 MPa
X koreksi = 0,158738642

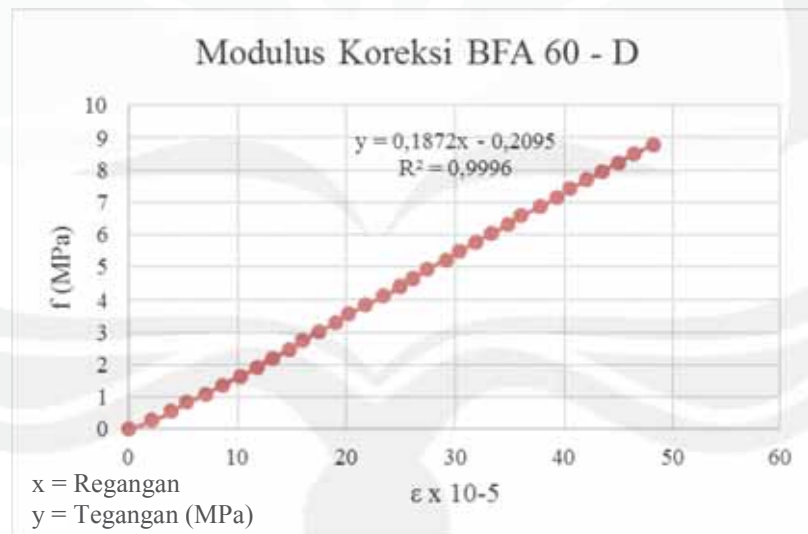
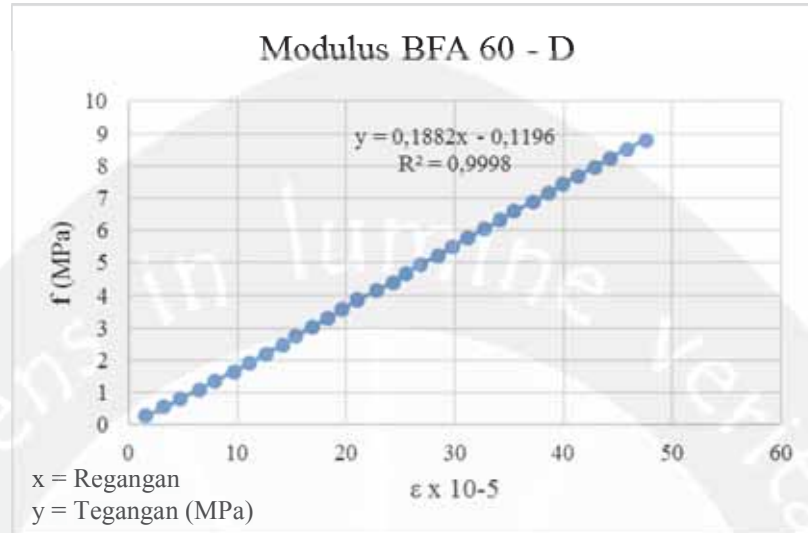
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,16	0,00
500	4905	5	2,5	0,27	1,24	1,40
1000	9810	11	5,5	0,55	2,72	2,88
1500	14715	18	9	0,82	4,45	4,61
2000	19620	23	11,5	1,10	5,69	5,85
2500	24525	29	14,5	1,37	7,17	7,33
3000	29430	36	18	1,65	8,91	9,07
3500	34335	42	21	1,92	10,39	10,55
4000	39240	49	24,5	2,20	12,12	12,28
4500	44145	56	28	2,47	13,85	14,01
5000	49050	62	31	2,75	15,34	15,50
5500	53955	69	34,5	3,02	17,07	17,23
6000	58860	74	37	3,30	18,31	18,47
6500	63765	78	39	3,57	19,30	19,46
7000	68670	84	42	3,84	20,78	20,94
7500	73575	90	45	4,12	22,27	22,42
8000	78480	97	48,5	4,39	24,00	24,16
8500	83385	102	51	4,67	25,24	25,39
9000	88290	107	53,5	4,94	26,47	26,63
9500	93195	113	56,5	5,22	27,96	28,12
10000	98100	118	59	5,49	29,19	29,35
10500	103005	123	61,5	5,77	30,43	30,59
11000	107910	130	65	6,04	32,16	32,32
11500	112815	137	68,5	6,32	33,89	34,05
12000	117720	142	71	6,59	35,13	35,29
12500	122625	147	73,5	6,87	36,37	36,53
13000	127530	153	76,5	7,14	37,85	38,01
13500	132435	158	79	7,41	39,09	39,25
14000	137340	164	82	7,69	40,57	40,73
14500	142245	169	84,5	7,96	41,81	41,97
15000	147150	174	87	8,24	43,05	43,21





Kode Beton = BFA 60 – D
P₀ = 201,9 mm
D₀ = 150,8 mm
A₀ = 17860,4569 mm²
Beban Max = 153 kN = 16000 kgf
E = 18238,7685 MPa
X koreksi = 0,635494155

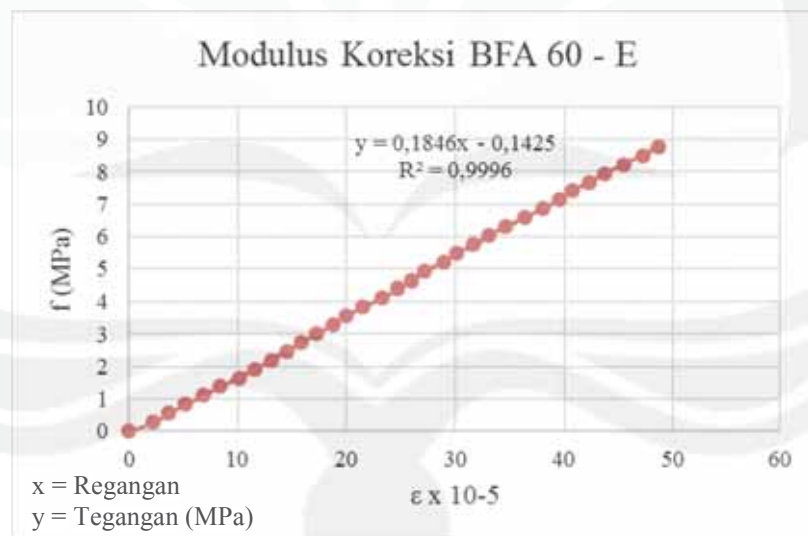
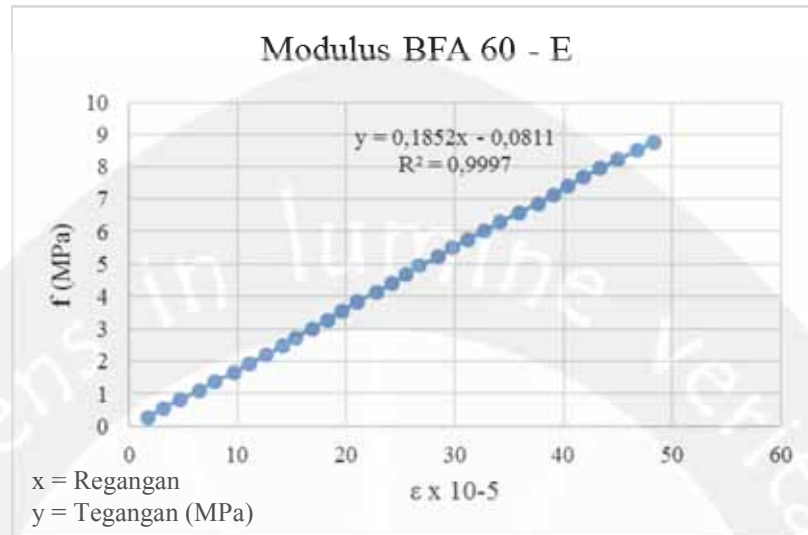
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,64	0,00
500	4905	6	3	0,27	1,49	2,12
1000	9810	13	6,5	0,55	3,22	3,85
1500	14715	19	9,5	0,82	4,71	5,34
2000	19620	26	13	1,10	6,44	7,07
2500	24525	32	16	1,37	7,92	8,56
3000	29430	39	19,5	1,65	9,66	10,29
3500	34335	45	22,5	1,92	11,14	11,78
4000	39240	51	25,5	2,20	12,63	13,27
4500	44145	57	28,5	2,47	14,12	14,75
5000	49050	62	31	2,75	15,35	15,99
5500	53955	68	34	3,02	16,84	17,48
6000	58860	74	37	3,30	18,33	18,96
6500	63765	79	39,5	3,57	19,56	20,20
7000	68670	85	42,5	3,84	21,05	21,69
7500	73575	92	46	4,12	22,78	23,42
8000	78480	98	49	4,39	24,27	24,90
8500	83385	103	51,5	4,67	25,51	26,14
9000	88290	108	54	4,94	26,75	27,38
9500	93195	115	57,5	5,22	28,48	29,11
10000	98100	120	60	5,49	29,72	30,35
10500	103005	126	63	5,77	31,20	31,84
11000	107910	132	66	6,04	32,69	33,32
11500	112815	138	69	6,32	34,18	34,81
12000	117720	143	71,5	6,59	35,41	36,05
12500	122625	150	75	6,87	37,15	37,78
13000	127530	156	78	7,14	38,63	39,27
13500	132435	161	80,5	7,41	39,87	40,51
14000	137340	167	83,5	7,69	41,36	41,99
14500	142245	173	86,5	7,96	42,84	43,48
15000	147150	179	89,5	8,24	44,33	44,96
15500	152055	185	92,5	8,51	45,81	46,45
16000	156960	192	96	8,79	47,55	48,18





Kode Beton = BFA 60 – E
P₀ = 202,1 mm
D₀ = 150,9 mm
A₀ = 17884,1524 mm²
Beban Max = 153 kN = 16000 kgf
E = 18028,4349 MPa
X koreksi = 0,437904968

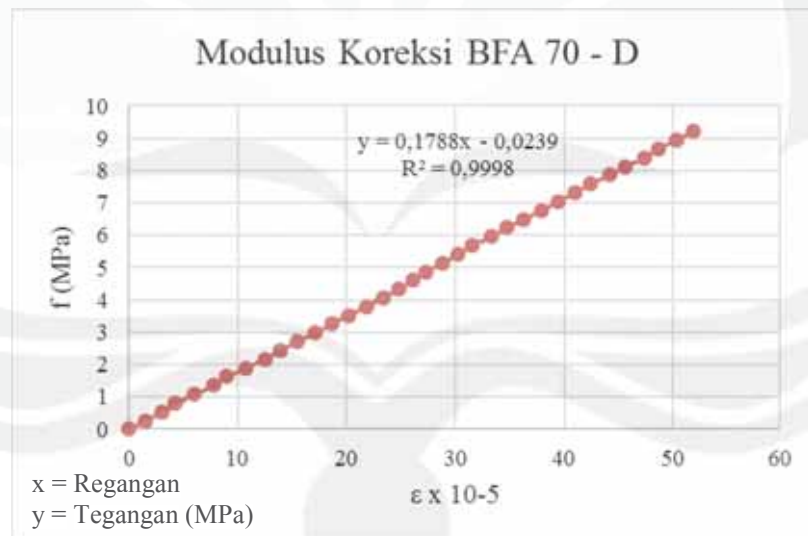
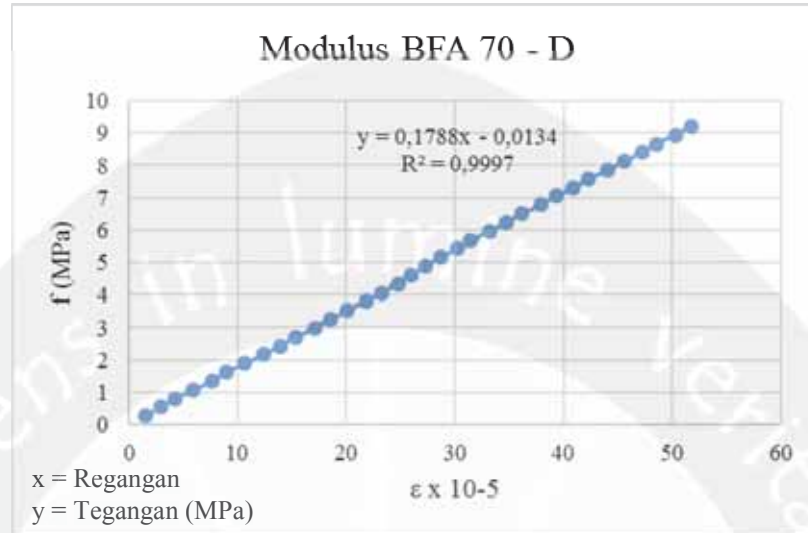
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,44	0,00
500	4905	7	3,5	0,27	1,73	2,17
1000	9810	13	6,5	0,55	3,22	3,65
1500	14715	19	9,5	0,82	4,70	5,14
2000	19620	26	13	1,10	6,43	6,87
2500	24525	32	16	1,37	7,92	8,35
3000	29430	39	19,5	1,65	9,65	10,09
3500	34335	45	22,5	1,92	11,13	11,57
4000	39240	51	25,5	2,19	12,62	13,06
4500	44145	57	28,5	2,47	14,10	14,54
5000	49050	62	31	2,74	15,34	15,78
5500	53955	68	34	3,02	16,82	17,26
6000	58860	74	37	3,29	18,31	18,75
6500	63765	79	39,5	3,57	19,54	19,98
7000	68670	85	42,5	3,84	21,03	21,47
7500	73575	92	46	4,11	22,76	23,20
8000	78480	98	49	4,39	24,25	24,68
8500	83385	103	51,5	4,66	25,48	25,92
9000	88290	108	54	4,94	26,72	27,16
9500	93195	115	57,5	5,21	28,45	28,89
10000	98100	120	60	5,49	29,69	30,13
10500	103005	126	63	5,76	31,17	31,61
11000	107910	132	66	6,03	32,66	33,10
11500	112815	138	69	6,31	34,14	34,58
12000	117720	145	72,5	6,58	35,87	36,31
12500	122625	152	76	6,86	37,61	38,04
13000	127530	158	79	7,13	39,09	39,53
13500	132435	163	81,5	7,41	40,33	40,76
14000	137340	169	84,5	7,68	41,81	42,25
14500	142245	175	87,5	7,95	43,30	43,73
15000	147150	182	91	8,23	45,03	45,47
15500	152055	189	94,5	8,50	46,76	47,20
16000	156960	195	97,5	8,78	48,24	48,68





Kode Beton = BFA 70 – D
P₀ = 202,0 mm
D₀ = 151,8 mm
A₀ = 18098,1184 mm²
Beban Max = 162 kN = 17000 kgf
E = 17786,5159 MPa
X koreksi = 0,074944072

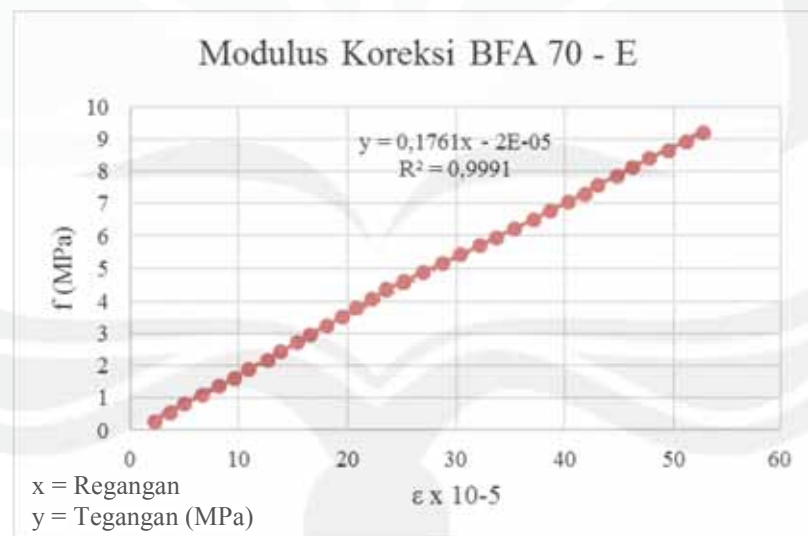
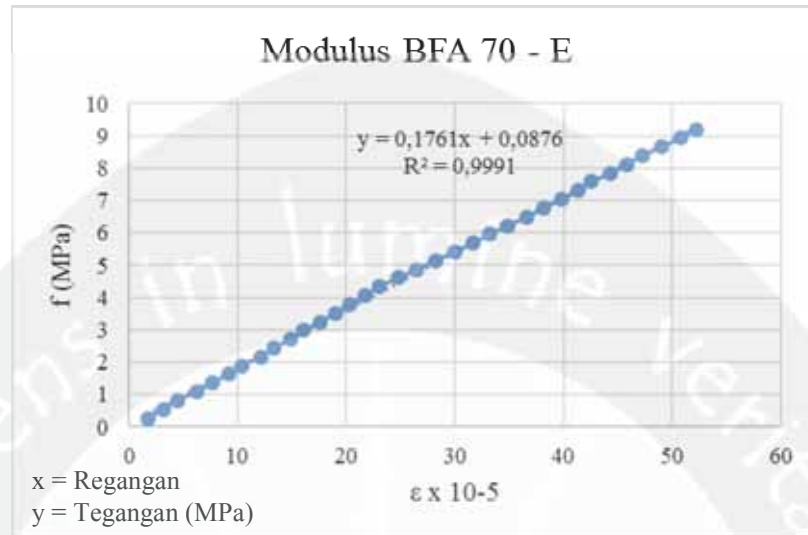
Beban		$\Delta p (10^{-3})$	$0,5 \times \Delta p (10^{-3})$	f	$\epsilon \times 10^5$	ϵ koreksi $\times 10^5$
Kgf	N	(mm)	(mm)	(MPa)		
0	0	0	0	0,00	-0,07	0,00
500	4905	6	3	0,27	1,49	1,56
1000	9810	12	6	0,54	2,97	3,05
1500	14715	17	8,5	0,81	4,21	4,28
2000	19620	24	12	1,08	5,94	6,02
2500	24525	31	15,5	1,36	7,67	7,75
3000	29430	36	18	1,63	8,91	8,99
3500	34335	43	21,5	1,90	10,64	10,72
4000	39240	50	25	2,17	12,38	12,45
4500	44145	56	28	2,44	13,86	13,94
5000	49050	62	31	2,71	15,35	15,42
5500	53955	69	34,5	2,98	17,08	17,15
6000	58860	75	38	3,25	18,56	18,64
6500	63765	81	40,5	3,52	20,05	20,12
7000	68670	88	44	3,79	21,78	21,86
7500	73575	94	47	4,07	23,27	23,34
8000	78480	100	50	4,34	24,75	24,83
8500	83385	105	52,5	4,61	25,99	26,07
9000	88290	110	55	4,88	27,23	27,30
9500	93195	116	58	5,15	28,71	28,79
10000	98100	122	61	5,42	30,20	30,27
10500	103005	127	63,5	5,69	31,44	31,51
11000	107910	134	67	5,96	33,17	33,24
11500	112815	140	70	6,23	34,65	34,73
12000	117720	146	73	6,50	36,14	36,21
12500	122625	153	76,5	6,78	37,87	37,95
13000	127530	159	80	7,05	39,36	39,43
13500	132435	165	82,5	7,32	40,84	40,92
14000	137340	171	86	7,59	42,33	42,40
14500	142245	178	89	7,86	44,06	44,13
15000	147150	184	92	8,13	45,54	45,62
15500	152055	191	95,5	8,40	47,28	47,35
16000	156960	196	98	8,67	48,51	48,59
16500	161865	203	101,5	8,94	50,25	50,32
17000	166770	209	105	9,21	51,73	51,81





Kode Beton = BFA 70 – E
P₀ = 202,1 mm
D₀ = 151,9 mm
A₀ = 18121,9709 mm²
Beban Max = 162 kN = 17000 kgf
E = 17462,5414 MPa
X koreksi = 0,497444634

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	-0,50	0,00
500	4905	7	3,5	0,27	1,73	2,23
1000	9810	13	6,5	0,54	3,22	3,71
1500	14715	18	9	0,81	4,45	4,95
2000	19620	25	12,5	1,08	6,19	6,68
2500	24525	31	15,5	1,35	7,67	8,17
3000	29430	37	18,5	1,62	9,15	9,65
3500	34335	42	21	1,89	10,39	10,89
4000	39240	49	24,5	2,17	12,12	12,62
4500	44145	54	27	2,44	13,36	13,86
5000	49050	60	30	2,71	14,84	15,34
5500	53955	65	32,5	2,98	16,08	16,58
6000	58860	71	35,5	3,25	17,57	18,06
6500	63765	77	38,5	3,52	19,05	19,55
7000	68670	82	41	3,79	20,29	20,78
7500	73575	88	44	4,06	21,77	22,27
8000	78480	93	46,5	4,33	23,01	23,51
8500	83385	100	50	4,60	24,74	25,24
9000	88290	107	53,5	4,87	26,47	26,97
9500	93195	114	57	5,14	28,20	28,70
10000	98100	121	60,5	5,41	29,94	30,43
10500	103005	128	64	5,68	31,67	32,16
11000	107910	134	67	5,95	33,15	33,65
11500	112815	141	70,5	6,23	34,88	35,38
12000	117720	148	74	6,50	36,62	37,11
12500	122625	154	77	6,77	38,10	38,60
13000	127530	161	80,5	7,04	39,83	40,33
13500	132435	167	83,5	7,31	41,32	41,81
14000	137340	172	86	7,58	42,55	43,05
14500	142245	179	89,5	7,85	44,29	44,78
15000	147150	185	92,5	8,12	45,77	46,27
15500	152055	191	95,5	8,39	47,25	47,75
16000	156960	198	99	8,66	48,99	49,48
16500	161865	205	102,5	8,93	50,72	51,21
17000	166770	211	105,5	9,20	52,20	52,70





Contoh perhitungan modulus elastisitas beton BN - E (28 Hari):

$$P = 500 \times 9,81 = 4905 \text{ N}$$

$$D_0 = 151,9 \text{ mm}$$

$$A_0 = 0,25 \times \pi \times d^2 = 0,25 \times \pi \times 151,9^2 = 18121,9709 \text{ mm}^2$$

$$P_0 = 202,1 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{f}{A_0} = \frac{4905}{18121,9709} = 0,2707 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta p}{P_0} = \frac{2,5 \times 10^{-3}}{202,1} = 1,2370 \times 10^{-5}$$

$$X_{\text{koreksi}} = 0,078010949 \times 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{\text{koreksi}} = \varepsilon - x_{\text{koreksi}} = 1,2370 \cdot 10^{-5} + (0,078010949 \cdot 10^{-5}) = 1,3150 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{\text{maks}} = 140 \text{ kN}$$

$$F_{\text{maks}} = \frac{140 \times 1000}{18121,9709} \times \frac{100}{30} = 25,7514 \text{ MPa}$$

$$f_p = 7,5786 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_p = 35,4565 \cdot 10^{-5}$$

$$E = \frac{f_p}{\varepsilon_p} = 21374,4675 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{teoritis}} = W_c^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f'_c} = 24725,5528 \text{ MPa}$$



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 Capping



Semen



Fly Ash



Split



Pasir



Air



Superplasticizer



D.2 PENGUJIAN BAHAN



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



Pengujian Kadar Air dan
Penyerapan Agregat Halus



D.3 PEMBUATAN BENDA UJI



Penuangan Bahan ke Dalam *Mixer*



Proses Pengadukan oleh *Mixer*



Pengujian *Slump* Beton Normal



Nilai *Slump* 17cm



Penuangan Adukan Beton



Pencetakan Beton pada Silinder



D.4 PENGUJIAN BENDA UJI



Penimbangan Beton Normal SB
28 Hari



Beton Normal SB Sebelum
Diuji Tekan 28 Hari



Beton Normal SB Setelah Diuji Tekan
28 Hari



Beton Normal SB Diuji Modulus
28 Hari



Penimbangan Beton HVFA 70 SB
28 Hari



Beton HVFA 70 SB Sebelum
Diuji Tekan 28 Hari



Beton HVFA 70 SB Setelah Diuji Tekan
28 Hari



Beton HVFA 70 SB Diuji Modulus
28 Hari



Penimbangan Beton HVFA 50 SS
56 Hari



Penimbangan Beton HVFA 60 SS
56 Hari



Pengujian Beton HVFA 50 SS
56 Hari



Pengujian Beton HVFA 60 SS
56 Hari