

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada pengujian kolom yang dilapisi *carbon fiber reinforced polymer (CFRP)*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kuat tekan beton tanpa lapisan *CFRP*, dengan satu lapis *CFRP*, dua lapis *CFRP*, dan tiga lapis *CFRP* untuk beton berumur 7 hari berturut-turut sebesar 18,98 MPa, 33,92 MPa, 46,95 MPa, dan 54,45 MPa. Kuat tekan beton umur 14 hari untuk beton tanpa lapisan *CFRP* sebesar 24,97 MPa, beton dengan satu lapis sebesar 37,25 MPa, beton dengan dua lapis *CFRP* sebesar 46,89 MPa, dan beton dengan tiga lapis *CFRP* sebesar 62,03 MPa. Sedangkan untuk beton berumur 28 hari tanpa lapisan *CFRP*, dengan satu lapis *CFRP*, dua lapis *CFRP*, dan tiga lapis *CFRP* berturut-turut adalah sebesar 31,92 MPa, 35,07 MPa, 58,07 MPa, dan 65,22 MPa.
2. Hasil pengujian modulus elastis beton yang diuji pada silinder beton yang berumur 28 hari untuk beton tanpa lapisan *CFRP* hingga dengan tiga lapis *CFRP* berturut-turut sebesar 21701,08 MPa, 23914,38 MPa, 25096,70 MPa, dan 29885,56 MPa.
3. Kapasitas kolom pada pengujian ini untuk kolom tanpa lapisan *CFRP* sebesar 4932,98 Kg, untuk kolom dengan satu lapis *CFRP* sebesar 5199,50 MPa, untuk kolom dengan dua lapis *CFRP* sebesar 5461,29 Kg,

dan untuk kolom dengan tiga lapis *CFRP* sebesar 5737,25 Kg. Dari hasil penelitian juga dapat dilihat bahwa dengan penambahan lapisan *CFRP*, kekuatan kolom semakin bertambah meskipun tidak terlalu signifikan. Kolom dengan satu lapis *CFRP* mengalami peningkatan sebesar 5,4% dari kolom tanpa lapisan *CFRP*. Kolom dengan dua lapis *CFRP* mengalami peningkatan sebesar 10,71% daripada kolom yang tidak diberi lapisan *CFRP*. Dan kolom dengan tiga lapis *CFRP* mengalami peningkatan sebesar 16,30% dibandingkan dengan kolom tanpa lapisan *CFRP*.

4. Pola kerusakan yang terjadi berbeda-beda pada setiap kolom. Ada kolom yang mengalami kerusakan pada bentang tengah dari kolom. Beberapa mengalami kerusakan pada pertemuan antara bentang kolom yang ditinjau dengan sepatu kolom yang menjadi perletakan tumpuan atau beban. Satu kolom (KF0.1) mengalami kerusakan pada tumpuan. Kerusakan terjadi karena pada awal pengujian, peneliti tidak memasang plat baja sehingga data dari kolom tersebut tidak digunakan karena kolom mengalami kerusakan sebelum mencapai beban puncak
5. Dari hasil analisis kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) dengan 3 model menunjukkan lebih rendah dibandingkan dengan kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) yang diperoleh dari hasil eksperimental. Namun pada beton dengan satu lapis *CFRP*, kuat tekan beton hasil eksperimental

lebih rendah dibandingkan hasil perhitungan dengan model yang telah dikemukakan sebelumnya.

6. Dari hasil analisis kapasitas kolom yang dihitung menggunakan nilai kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) model Teng et al. menunjukkan hasil yang hampir sama dengan hasil pengujian dengan perbedaan sebesar -0,1% hingga 0,7%, sedangkan dengan model Richart diperoleh perbedaan yang cukup besar yaitu 3,0% sampai 7,9%, dan untuk model Lam dan Teng menunjukkan hasil yang relatif sama dengan hasil pengujian yang ditunjukkan dengan nilai rasio perbedaan sebesar 0,5% hingga 2,3%.
7. Dari hasil perbandingan analisis kolom menggunakan nilai f'_{cc} dari 3 model dapat disimpulkan bahwa model Teng et al. sangat cocok untuk pengujian ini. Baik untuk menghitung nilai kuat tekan beton terkekang (f'_{cc}) maupun saat digunakan untuk menganalisis kapasitas kolom.

6.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat diberikan oleh peneliti setelah melaksanakan penelitian ini. Saran ini dapat menjadi pertimbangan kedepan bagi para peneliti lain yang akan mengembangkan penelitian ini atau penelitian sejenis ini.

1. Ukuran kolom yang digunakan dapat menggunakan ukuran yang lebih besar. Hal ini untuk bertujuan agar penelitian ini dapat mendekati ukuran kolom asli. Selain itu, dengan memperbesar ukuran kolom, dapat mencegah adanya keropos karena jarak antara tulangan yang cukup terbatas menyebabkan adukan beton susah masuk. Namun ukuran kolom

yang diperbesar harus memperhatikan kapasitas *hydraulic jack* yang tersedia.

2. Pembuatan bekesting dapat menggunakan plat yang cukup tebal, sehingga pada saat dimasukkan adukan bekesting tidak melebar atau dapat diberi pengekang pada tepi bekesting sehingga dapat mengurangi pelebaran dari bekesting.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan beberapa variasi eksentrisitas sehingga dapat dengan jelas dilihat perubahan kapasitas kolom dengan adanya perubahan eksentrisitas.
4. Untuk benda uji silinder dapat dilakukan peninjauan regangan lateral sehingga dapat dilihat besaran regangan yang terjadi sebelum *CFRP* menerima tekanan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (2008). "Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials." ASTM D 3039-08, Philadelphia.
- Bakis, C.E.; Bank, L.C.; Brown, V.L.; Cosenza, E.; Davalos, J.F.; Lesko, J.J.; Machida, A.; Rizkalla, S.H.; Triantafillou, T.C. Fiber-reinforced polymer composites for construction state-of-the-art review. *J. Compos. Constr.* 2002, 6, 73–87.
- Hadi, M. N. S. (2007b). "The behaviour of FRP wrapped HSC columns under different eccentric loads." *Compos. Struct.*
- Hadi, M. N. S. & Widiarsa, I. (2012), "Axial and flexural performance of square RC columns wrapped with CFRP under eccentric loading". *Journal of Composites for Construction*, 16 (6), 640-649.
- Imran, I., Moestopo, M., dan Suharwanto, 1999, "Strength and Deformation of Confined High Strength Concrete", First International Conference on Advances in Structural Engineering and Mechanics, Seoul, Korea.
- Lei, X., Pham, T. M. & Hadi, M. N. S. (2012). Behaviour of CFRP wrapped square RC columns under eccentric loading. *Australasian Structural Engineering Conference* (pp. 1-8). Australia: Engineers Australia.
- Nawy, G, Edward., 1990,"Reinforced Concrete A Fundamental Approach", United States of America.
- Park, R., Paulay, T., 1975, "Reinforced Concrete Structure", United States of America.

- Pati., S. (2014), Studi Perilaku Kolom Pendek Beton Bertulang Dengan Kekangan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Yang Dikenai Beban Konsentrik”, Tesis Magister Teknik Sipil, Program Pascasarjana, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Sianipar, T, Marolop., 2009, ”Analisa Kolom Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP), Skripsi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- SNI 03-2834-2000, 2000, Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 03-2847-2002, 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional BSN.
- SNI 2847-2013, 2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional BSN.
- Sudjati., J., J, Nugroho., H, Mahendra., P ., G, 2013, “Perkuatan Kolom Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Jacket Untuk Meningkatkan Kapasita Beban Aksial”, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7), Universitas Sebelas Maret Surakarta, Indonesia
- Teng, J. G., Chen, J. F., Smith, S. T., and Lam, L. (2002), “FRP-strengthened RC structures”, Wiley, West Sussex, UK.
- Wu., H. (2007), “Constitutive Model Of Concrete Confined By Advanced Fiber Composite Materials and Applications in Seismic Retrofitting”, Faculty of The Graduate School, University of Southern California.



PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

Asal : Clereng
Diperiksa : 20 Oktober 2014

No	Pemeriksaan	I	II	
A	Berat Contoh Kering	500	500	
B	Berat Contoh Jenuh Kering Permukaan (SSD) (B)	501	501	
C	Berat Contoh Dalam Air (C)	313	306	
D	Berat Contoh Setelah Dioven (A)	480	492	
E	Bulk Specific Gravity	$\frac{(A)}{(B) - (C)}$	2.55	2.52
F	Bulk Specific Gravity (SSD)	$\frac{(B)}{(B) - (C)}$	2.66	2.57
G	Apparent Specific Gravity	$\frac{(A)}{(A) - (C)}$	2.87	2.65
H	Absorption	$\frac{(B) - (A)}{(A)} \times 100\%$	4.38%	1.83%
I	Berat Jenis	$\frac{BSG + BSG (SSD)}{2}$	2.61	2.55
J	Berat Jenis Rata-rata	=	2.58	

Persyaratan Umum:

- Absorption : 5%
- Berat Jenis : > 2,4

Pemeriksa

Purwanelson S Pinang
135102089

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng
Kepala Lab Struktur



PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

Asal : Merapi
Diperiksa : 20 Oktober 2014

No	Pemeriksaan	I	II	
A	Berat Contoh Kering (V)	500	500	
B	Air Sampai Batas	297	298	
C	Tambahan Air Setelah Didiamkan	21.4	20	
D	Total Air Dalam Labu (W)	318.4	318	
E	Berat Contoh Setelah Dioven (A)	497.25	497.27	
F	Bulk Spesific Grafity	$\frac{(A)}{(V-W)}$	2.74	2.73
G	Bulk Spesific Grafity (SSD)	$\frac{500}{(V-W)}$	2.75	2.75
H	Apparent Spesific Grafity	$\frac{A}{(V-W) - (500 - A)}$	2.78	2.77
I	Absorption	$\frac{500 - A}{A} \times 100\%$	0.55%	0.55%

Persyaratan Umum:

- Absorption : 5%
- Berat Jenis : > 2,4

Pemeriksa

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

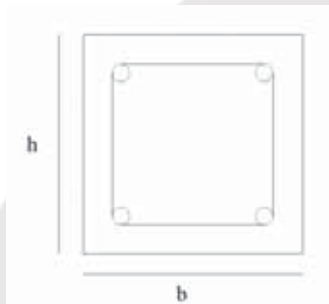
Purwanelson S Pinang
135102089

Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng
Kepala Lab Struktur



PEMERIKSAAN KELANGSINGAN KOLOM

Cek kelangsingan kolom dapat dilakukan dengan cara menghitung kelangsingan suatu kolom tersebut. Rasio kelangsingan suatu kolom ditulis dengan rumus $\frac{KL}{r}$.



Gambar : Penampang Kolom

Keterangan:

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$h = 75 \text{ mm}$$

$$L = 750 \text{ mm}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 34 - 12 \frac{M1}{M2}$$

Keterangan:

K = faktor panjang efektif kolom,

L = panjang bersih kolom,

r = radius girasi atau jari-jari inersia penampang kolom.

Perhitungan:

$$b = 75 \text{ mm}$$

$$h = 75 \text{ mm}$$

$$L = 750 \text{ mm}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 34 - 12 \frac{M1}{M2}$$

$$\frac{KL}{\frac{I}{A} \pi} \leq 34 - 12 \frac{M1}{M2}$$

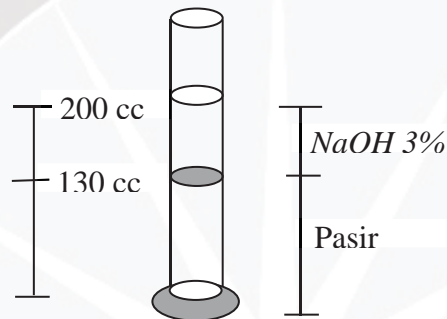
$$\frac{1 \times 750}{\frac{1}{12} \times 75 \times 75^3} \leq 34 - 12 \frac{0}{0}$$

33,64 \leq 34 , termasuk kolom pendek



PEMERIKSAAN KANDUNGAN ZAT ORGANIK DALAM PASIR

- I. Waktu Pemeriksaan : 20 Oktober 2014,
- II. Bahan
 - a. Pasir kering tungku, asal : Merapi, Volume : 130 cc,
 - b. Larutan NaOH 3 %,
- III. Alat
Gelas Ukur, ukuran : 250cc,
- IV. Skets



- V. Hasil
Setelah didiamkan selama 24 jam, warna larutan di atas pasir sesuai dengan warna Gardner Standard Color no 5,

Pemeriksa

Purwanelson Saputra Pinang
135102089

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

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



PEMERIKSAAN KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR

Asal : Merapi
Diperiksa : 21 Oktober 2014
Berat Sampel : 100 gr

No	Pemeriksaan Setelah Dioven	I	II
A	Berat Contoh Kering Sebelum Dikocok	100	100
B	Berat Pasir + Piring (setelah dioven)	139.31	138.85
C	Berat Piring	40.6	40.59
D	Berat Pasir Kering	98.71	98.26
H	Kandungan Lumpur	= $\frac{(A) - (D)}{(A)} \times 100\%$	1.29% 1.74%
I	Kandungan Lumpur Rata-rata	1.52%	

Persyaratan Umum:

- Kandungan Lumpur = 5%

Pemeriksa

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

Purwanelson S Pinang
135102089

Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng
Kepala Lab Struktur



PEMERIKSAAN GRADASI BUTIRAN PASIR

Asal : Merapi
Tgl. Diperiksa : 20 Oktober 2014
Berat Sampel I : 100 gr
Berat Sampel II : 100 gr

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan		Persentase					
			Berat Tertahan (%)		Σ Berat Tertahan (%)		Σ Berat Lolos (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
4.75	0.03	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
2.36	6.87	7.02	6.9	7.0	6.9	7.0	93.1	93.0
1.18	20.12	15.76	20.1	15.8	27.0	22.8	73.0	77.2
0.6	21.35	23.47	21.3	23.5	48.4	46.3	51.6	53.7
0.3	25.14	31.22	25.1	31.2	73.5	77.5	26.5	22.5
0.15	18.05	18.74	18.0	18.7	91.5	96.2	8.5	3.8
Pan	8.48	3.77	8.5	3.8	-	-	-	-
Jumlah	100.0	100.0	100.0	100.0	247.3	249.8		

Modulus Halus Butiran =	$A = \frac{247}{100} = 2.47$	$B = \frac{249.8}{100.0} = 2.4978$
MHB rata-rata =	2.49	
Kesimpulan :	MHB Pasir $1,5 \leq 2,49 \leq 3,8$ Syarat Terpenuhi (OK)	
Pasir Golongan II		

Pemeriksa

Purwanelson S Pinang
135102089

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng
Kepala Lab Struktur



PEMERIKSAAN GRADASI BUTIRAN KERIKIL

Asal : Clereng
Tgl. Diperiksa : 20 Oktober 2014
Berat Sampel I : 500 gr
Berat Sampel II : 500 gr

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertahan (gr)		Persentase					
			Berat Tertahan (%)		Σ Berat Tertahan (%)		Σ Berat Lolos (%)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
50	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
37,5	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
19	447	429	89.4	85.8	89.4	85.8	10.6	14.2
9.5	53	71	10.6	14.2	100.0	100.0	0.0	0.0
4.75	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
2.36	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
1.18	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
0.6	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
0.3	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
0.15	0.00	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0
Pan	0.00	0.00	0.0	0.0	-	-	-	-
Jumlah	500	500	100.0	100.0	789.4	785.8		

Modulus Halus Butiran =	$A = \frac{789}{100} = 7.89$	$B = \frac{785.8}{100.0} = 7.858$
MHB rata-rata =	7.88	
Kesimpulan :	MHB kerikil $5,0 \leq 7,88 \leq 8,0$ Syarat Terpenuhi (OK)	

Pemeriksa

Purwanelson S Pinang
135102089

Yogyakarta, Maret 2015
Mengetahui,

Dinar Gumilang Jati, S.T, M.Eng
Kepala Lab Struktur



MIX DESIGN

Perhitungan campuran beton :

- a. $f'c = 20$ Mpa
- b. Nilai margin = 8,2 Mpa
- c. $f'cr = 28,2$ Mpa
- d. Jenis semen = PC
Jenis kerikil = Batu pecah
- e. Fas (grafik) = 0,53
- f. Fas Maksimum = 0,60 } dipilih fas = 0,53
- g. Slump = 60 – 100 mm
- h. Ukuran maksimum butiran kerikil = 20 mm
- i. Kebutuhan air = $0,67 \times 195 + 0,33 \times 225 = 205$ liter
Semen Minimum = 275 kg } dipilih semen = 386,8
- j. Semen perhitungan = $205/0,53 = 386,79$ kg
- k. Penyesuain fas = tetap
- l. Golongan pasir = II
- m. Persentase pasir terhadap agregat = 35%
- n. Berat Jenis campuran = $0,35 \times 2,74 + 0,65 \times 2,58 = 2,636$
- o. Berat beton = 2385 kg
- p. Berat agregat = $2385 - (387+205) = 1793$ kg
- q. Berat pasir = $0,35 \times 1793 = 627,55$ kg
- r. Berat kerikil = $0,65 \times 1793 = 1165,45$ kg
- s. Sehingga kebutuhan bahan untuk 1 m^3 adukan beton dengan fas 0,53 :



Air = 205 liter

Semen = 387 kg

Pasir = 628 kg

Kerikil = 1165 kg

t. Perbandingan berat 1 : 1,6 : 3

Volume benda uji :

1. 12 buah kolom = $12 \times 0,075 \text{ m} \times 0,075 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} = 0,05 \text{ m}^3$
2. 36 silinder = $36 \times \frac{1}{4} \pi \times 0,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,3 = \underline{0,19 \text{ m}^3}$
 $= 0,24 \text{ m}^3$

Kebutuhan bahan untuk $0,24 \text{ m}^3$ adukan beton dengan fas 0,53 :

Air = $0,24 \times 205 \text{ liter} = 49 \text{ liter}$

Semen = $0,24 \times 387 \text{ kg} = 93 \text{ kg}$

Pasir = $0,24 \times 628 \text{ kg} = 151 \text{ kg}$

Kerikil = $0,24 \times 1165 \text{ kg} = 280 \text{ kg}$



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia Kotak Pos 1086

Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

Lampiran 9
Hal. 80

PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA TULANGAN

d 9.8 mm
A 75.43 mm²
p₀ 162.6 mm²

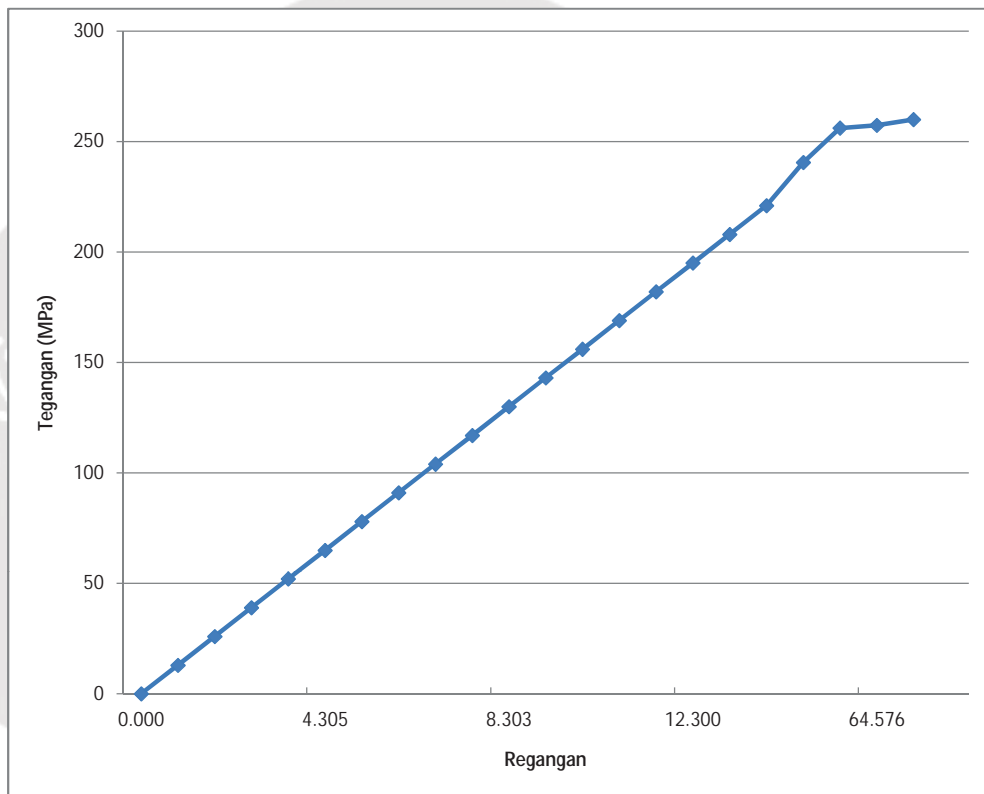
Beban (Kgf)	Beban (N)	σ	Δp	Δp 10-2	$\epsilon \times 10^{-4}$
0	0	0.00	0	0	0.00000
100	980.67	13.00	3	0.03	1.84502
200	1961.34	26.00	4	0.04	2.46002
300	2942.01	39.00	5	0.05	3.07503
400	3922.68	52.00	6	0.06	3.69004
500	4903.35	65.01	7	0.07	4.30504
600	5884.02	78.01	9	0.09	5.53506
700	6864.69	91.01	10	0.1	6.15006
800	7845.36	104.01	11	0.11	6.76507
900	8826.03	117.01	13	0.13	7.99508
1000	9806.70	130.01	13.5	0.135	8.30258
1100	10787.37	143.01	14.5	0.145	8.91759
1200	11768.04	156.01	15.5	0.155	9.53260
1300	12748.71	169.01	17	0.17	10.45510
1400	13729.38	182.02	19	0.19	11.68512
1500	14710.05	195.02	20	0.2	12.30012
1600	15690.72	208.02	21	0.21	12.91513
1700	16671.39	221.02	24	0.24	14.76015
1850	18142.40	240.52	25	0.25	15.37515
1970	19319.20	256.12	100	1	61.50062
1980	19417.27	257.42	105	1.05	64.57565
2000	19613.40	260.02	120	1.2	73.80074

Beban Max

f_y 240.52 MPa
f_u 369.23 MPa
 $\epsilon \times 10^{-4}$ 15.64 MPa



GRAFIK PENGUJIAN KUAT TARIK BAJA TULANGAN





PEMERIKSAAN BERAT JENIS BETON

Jumlah Lapis	Umur beton (hari)	Kode Beton	Berat Jenis (KN/m ³)	Rata-rata (KN/m ³)
0	7	SA0.1	23.34	23.64
		SA0.2	23.87	
		SA0.3	23.70	
	14	SB0.1	23.76	23.51
		SB0.2	23.09	
		SB0.3	23.69	
	28	SC0.1	24.02	24.03
		SC0.2	23.89	
		SC0.3	24.19	
1	7	SA1.1	23.69	23.74
		SA1.2	23.76	
		SA1.3	23.78	
	14	SB1.1	23.55	23.45
		SB1.2	23.45	
		SB1.3	23.36	
	28	SC1.1	24.32	24.13
		SC1.2	23.75	
		SC1.3	24.31	
2	7	SA2.1	23.81	23.58
		SA2.2	23.72	
		SA2.3	23.20	
	14	SB2.1	23.85	23.78
		SB2.2	23.85	
		SB2.3	23.63	
	28	SC2.1	24.14	24.20
		SC2.2	24.09	
		SC2.3	24.36	
3	7	SA3.1	23.68	23.62
		SA3.2	23.51	
		SA3.3	23.69	
	14	SB3.1	23.77	23.72
		SB3.2	23.86	
		SB3.3	23.52	
	28	SC3.1	24.13	23.97
		SC3.2	24.14	
		SC3.3	23.64	



REKAP KUAT TEKAN BETON

Jumlah Lapis	Umur beton (hari)	Kode Beton	Diameter Rata-rata	Luas (cm ²)	Beban Max (KN)	f'c (MPa)	f'c rata-rata (MPa)
0	7	SA0.1	15.05	177.86	360	20.24	18.98
		SA0.2	15.41	186.43	385	20.65	
		SA0.3	15.43	186.99	300	16.04	
	14	SB0.1	15.12	179.55	445	24.78	24.97
		SB0.2	15.22	181.82	340	18.70	
		SB0.3	15.46	187.80	590	31.42	
	28	SC0.1	15.40	186.35	510	27.37	31.92
		SC0.2	15.14	180.11	650	36.09	
		SC0.3	15.12	179.55	580	32.30	
1	7	SA1.1	15.46	187.80	560	29.82	33.29
		SA1.2	15.04	177.70	680	38.27	
		SA1.3	15.11	179.28	570	31.79	
	14	SB1.1	15.39	185.90	630	33.89	37.25
		SB1.2	15.15	180.35	625	34.66	
		SB1.3	15.11	179.32	775	43.22	
	28	SC1.1	15.45	187.40	705	37.62	35.07
		SC1.2	15.03	177.42	580	32.69	
		SC1.3	15.40	186.18	650	34.91	
2	7	SA2.1	15.10	179.16	890	49.68	46.95
		SA2.2	15.19	181.18	865	47.74	
		SA2.3	15.60	191.18	830	43.42	
	14	SB2.1	15.08	178.53	960	53.77	46.89
		SB2.2	15.10	179.04	795	44.40	
		SB2.3	15.19	181.26	770	42.48	
	28	SC2.1	15.41	186.43	980	52.57	58.07
		SC2.2	15.38	185.86	1080	58.11	
		SC2.3	15.11	179.40	1140	63.55	
3	7	SA3.1	15.10	178.96	970	54.20	54.45
		SA3.2	15.49	188.45	1080	57.31	
		SA3.3	15.44	187.15	970	51.83	
	14	SB3.1	15.20	181.46	1200	66.13	62.03
		SB3.2	15.08	178.60	1220	68.31	
		SB3.3	15.06	178.13	920	51.65	
	28	SC3.1	15.05	177.89	1290	72.51	65.22
		SC3.2	15.05	177.86	1200	67.47	
		SC3.3	15.12	179.59	1000	55.68	



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia Kotak Pos 1086

Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

Lampiran 12
Hal. 84

PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC0.1

SCO.1

Po	201.4 mm
A	18634.56714 mm ²
Kuat tkn	27.37 Mpa
Bbn mak	510028.1025 N
0,3 <i>f</i> _{maks}	5.2626 Mpa
ε _p	2.2344 (10 ⁻⁴)
modulus	23553.11 Mpa

beban kgf	beban N	Δp x 10 ⁻²	0,5 Δp x 10 ⁻²	f	ε x 10 ⁻⁴
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2631	0.0000
1000	9806.65	0	0	0.5263	0.0000
1500	14709.98	1	0.5	0.7894	0.2483
2000	19613.30	1	0.5	1.0525	0.2483
2500	24516.63	1	0.5	1.3157	0.2483
3000	29419.95	2	1	1.5788	0.4965
3500	34323.28	2	1	1.8419	0.4965
4000	39226.60	3	1.5	2.1050	0.7448
4500	44129.93	3	1.5	2.3682	0.7448
5000	49033.25	4	2	2.6313	0.9930
5500	53936.58	4	2	2.8944	0.9930
6000	58839.90	5	2.5	3.1576	1.2413
6500	63743.23	5	2.5	3.4207	1.2413
7000	68646.55	6	3	3.6838	1.4896
7500	73549.88	7	3.5	3.9470	1.7378
8000	78453.20	8	4	4.2101	1.9861
8500	83356.53	8	4	4.4732	1.9861
9000	88259.85	9	4.5	4.7364	2.2344
9500	93163.18	9	4.5	4.9995	2.2344
10000	98066.50	9	4.5	5.2626	2.2344



PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SCO.2

SCO.2

Po 200.5 mm
A 18010.79344 mm²
Kuat tkn 36.09 Mpa
Bhn mak 650000 N
0,3 *f*_{maks} 5.4449 Mpa
ε_p 2.7431 (10⁻⁴)
modulus 19849.04 Mpa

beban kgf	beban N	Δp x 10 ⁻²	0,5 Δp x 10 ⁻²	f	ε x 10 ⁻⁴
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2722	0.0000
1000	9806.65	1	0.5	0.5445	0.2494
1500	14709.98	1	0.5	0.8167	0.2494
2000	19613.30	2	1	1.0890	0.4988
2500	24516.63	2	1	1.3612	0.4988
3000	29419.95	3	1.5	1.6335	0.7481
3500	34323.28	4	2	1.9057	0.9975
4000	39226.60	4	2	2.1779	0.9975
4500	44129.93	5	2.5	2.4502	1.2469
5000	49033.25	5	2.5	2.7224	1.2469
5500	53936.58	6	3	2.9947	1.4963
6000	58839.90	6	3	3.2669	1.4963
6500	63743.23	7	3.5	3.5392	1.7456
7000	68646.55	7	3.5	3.8114	1.7456
7500	73549.88	8	4	4.0837	1.9950
8000	78453.20	8	4	4.3559	1.9950
8500	83356.53	9	4.5	4.6281	2.2444
9000	88259.85	10	5	4.9004	2.4938
9500	93163.18	10	5	5.1726	2.4938
10000	98066.50	11	5.5	5.4449	2.7431



PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC1.1

SC1.1

Po	193.5 mm
A	18739.56178 mm ²
Kuat tkn	37.62 Mpa
Bbn mak	705000 N
0,3 <i>f</i> _{maks}	5.2331 Mpa
ε _p	2.3256 (10 ⁻⁴)
modulus	22502.44 Mpa

beban kgf	beban N	Δp x 10 ⁻²	0,5 Δp x 10 ⁻²	f	ε x 10 ⁻⁴
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2617	0.0000
1000	9806.65	1	0.5	0.5233	0.2584
1500	14709.98	1	0.5	0.7850	0.2584
2000	19613.30	1	0.5	1.0466	0.2584
2500	24516.63	2	1	1.3083	0.5168
3000	29419.95	2	1	1.5699	0.5168
3500	34323.28	3	1.5	1.8316	0.7752
4000	39226.60	3	1.5	2.0933	0.7752
4500	44129.93	4	2	2.3549	1.0336
5000	49033.25	4	2	2.6166	1.0336
5500	53936.58	4	2	2.8782	1.0336
6000	58839.90	5	2.5	3.1399	1.2920
6500	63743.23	5	2.5	3.4015	1.2920
7000	68646.55	5	2.5	3.6632	1.2920
7500	73549.88	6	3	3.9248	1.5504
8000	78453.20	6	3	4.1865	1.5504
8500	83356.53	7	3.5	4.4482	1.8088
9000	88259.85	8	4	4.7098	2.0672
9500	93163.18	8	4	4.9715	2.0672
10000	98066.50	9	4.5	5.2331	2.3256



PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC1.3

SC1.3

Po 192.5 mm
A 18618.44029 mm²
Kuat tkn 34.91 Mpa
Bbn mak 650000 N
0,3 *fmaks* 5.2626 Mpa
 ϵ_p 2.0779 (10⁻⁴)
modulus 25326.32 Mpa
27770.45

beban kgf	beban N	$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5 \Delta p \times 10^{-2}$	f	$\epsilon \times 10^{-4}$
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2631	0.0000
1000	9806.65	0	0	0.5263	0.0000
1500	14709.98	0	0	0.7894	0.0000
2000	19613.30	0	0	1.0525	0.0000
2500	24516.63	1	0.5	1.3157	0.2597
3000	29419.95	1	0.5	1.5788	0.2597
3500	34323.28	2	1	1.8419	0.5195
4000	39226.60	2	1	2.1050	0.5195
4500	44129.93	2	1	2.3682	0.5195
5000	49033.25	3	1.5	2.6313	0.7792
5500	53936.58	3	1.5	2.8944	0.7792
6000	58839.90	4	2	3.1576	1.0390
6500	63743.23	4	2	3.4207	1.0390
7000	68646.55	5	2.5	3.6838	1.2987
7500	73549.88	5	2.5	3.9470	1.2987
8000	78453.20	6	3	4.2101	1.5584
8500	83356.53	6	3	4.4732	1.5584
9000	88259.85	7	3.5	4.7364	1.8182
9500	93163.18	7	3.5	4.9995	1.8182
10000	98066.50	8	4	5.2626	2.0779



PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC2.1

SC2.1

Po	197.5 mm
A	18642.63318 mm ²
Kuat tkn	52.57 Mpa
Bbn mak	980000 N
0,3 <i>f</i> _{maks}	5.4449 Mpa
ε _p	2.2785 (10 ⁻⁴)
modulus	23896.95 Mpa

beban kgf	beban N	Δp x 10 ⁻²	0,5 Δp x 10 ⁻²	f	ε x 10 ⁻⁴
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2722	0.0000
1000	9806.65	0	0	0.5445	0.0000
1500	14709.98	0	0	0.8167	0.0000
2000	19613.30	1	0.5	1.0890	0.2532
2500	24516.63	1	0.5	1.3612	0.2532
3000	29419.95	2	1	1.6335	0.5063
3500	34323.28	2	1	1.9057	0.5063
4000	39226.60	2	1	2.1779	0.5063
4500	44129.93	3	1.5	2.4502	0.7595
5000	49033.25	3	1.5	2.7224	0.7595
5500	53936.58	4	2	2.9947	1.0127
6000	58839.90	4	2	3.2669	1.0127
6500	63743.23	5	2.5	3.5392	1.2658
7000	68646.55	5	2.5	3.8114	1.2658
7500	73549.88	6	3	4.0837	1.5190
8000	78453.20	6	3	4.3559	1.5190
8500	83356.53	7	3.5	4.6281	1.7722
9000	88259.85	7	3.5	4.9004	1.7722
9500	93163.18	8	4	5.1726	2.0253
10000	98066.50	9	4.5	5.4449	2.2785



PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC2.2

SC2.2

Po 201 mm
A 18586.20755 mm²
Kuat tkn 58.11 Mpa
Bbn mak 1080000 N
0,3 *f*_{maks} 5.2331 Mpa
 ϵ_p 1.9900 (10⁻⁴)
modulus 26296.46 Mpa

beban kgf	beban N	$\Delta p \times 10^{-2}$	$0,5 \Delta p \times 10^{-2}$	f	$\epsilon \times 10^{-4}$
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2617	0.0000
1000	9806.65	0	0	0.5233	0.0000
1500	14709.98	1	0.5	0.7850	0.2488
2000	19613.30	1	0.5	1.0466	0.2488
2500	24516.63	1	0.5	1.3083	0.2488
3000	29419.95	2	1	1.5699	0.4975
3500	34323.28	2	1	1.8316	0.4975
4000	39226.60	3	1.5	2.0933	0.7463
4500	44129.93	3	1.5	2.3549	0.7463
5000	49033.25	3	1.5	2.6166	0.7463
5500	53936.58	4	2	2.8782	0.9950
6000	58839.90	4	2	3.1399	0.9950
6500	63743.23	4	2	3.4015	0.9950
7000	68646.55	5	2.5	3.6632	1.2438
7500	73549.88	5	2.5	3.9248	1.2438
8000	78453.20	5	2.5	4.1865	1.2438
8500	83356.53	6	3	4.4482	1.4925
9000	88259.85	6	3	4.7098	1.4925
9500	93163.18	7	3.5	4.9715	1.7413
10000	98066.50	8	4	5.2331	1.9900



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil

Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi

Jl. Babarsari No.44 Yogyakarta 55281 Indonesia Kotak Pos 1086

Telp.+62-274-487711 (hunting) Fax. +62-274-487748

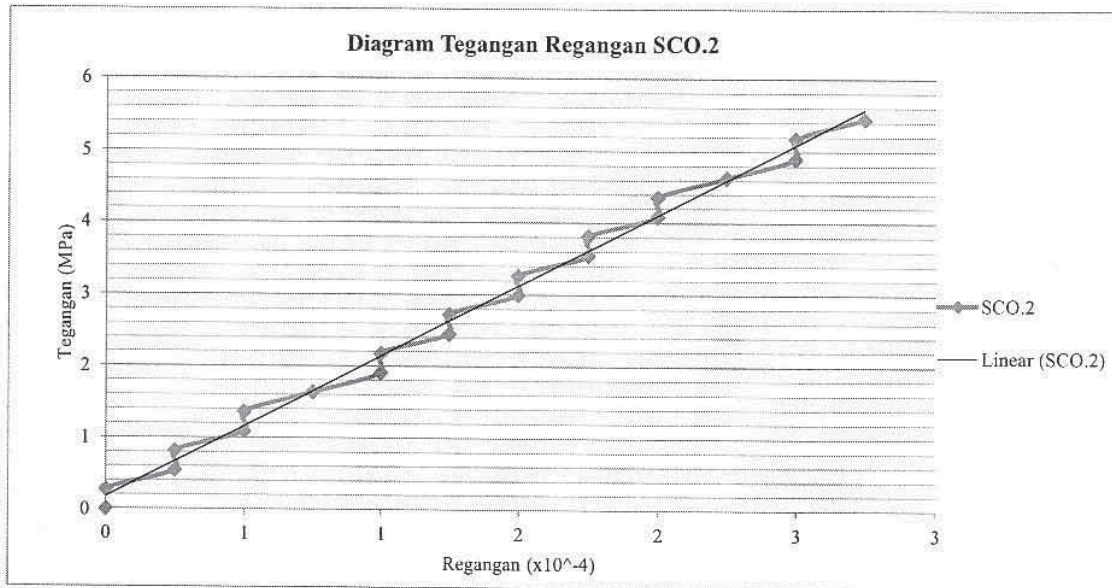
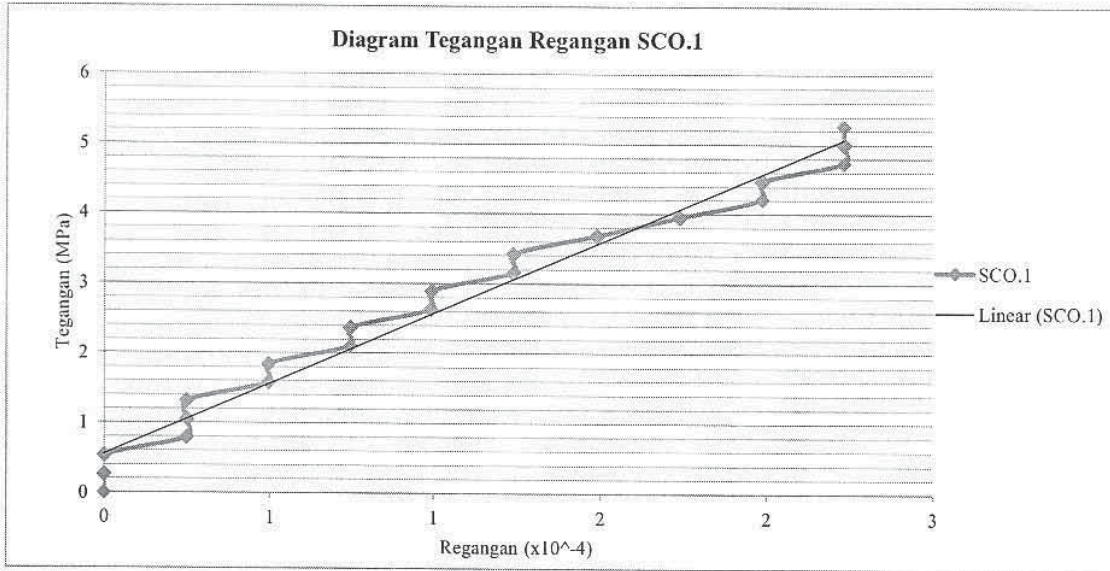
Lampiran 12
Hal. 90

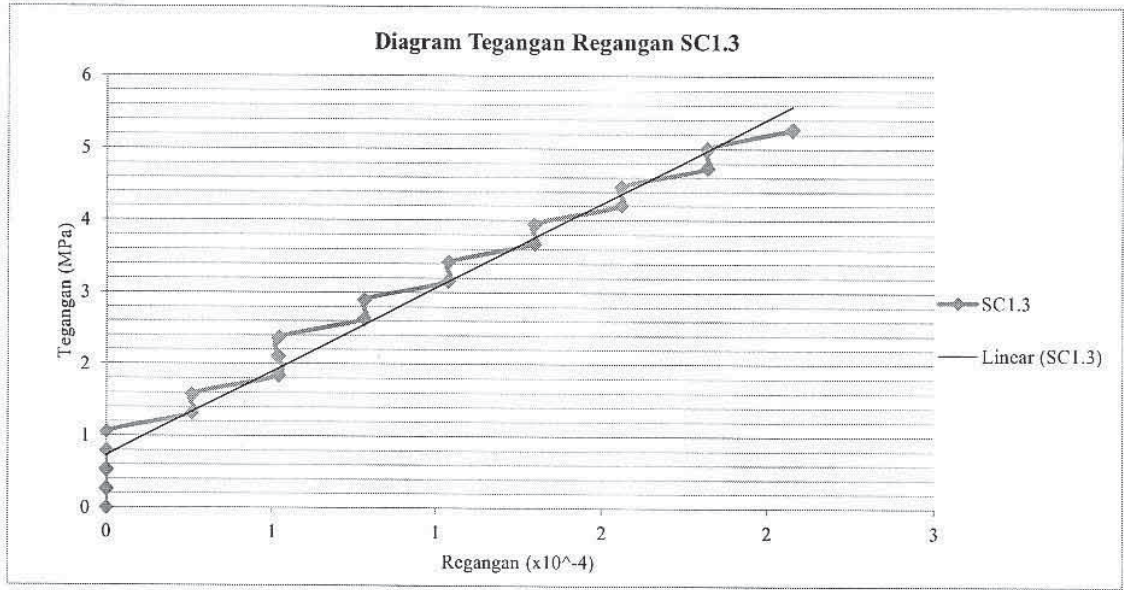
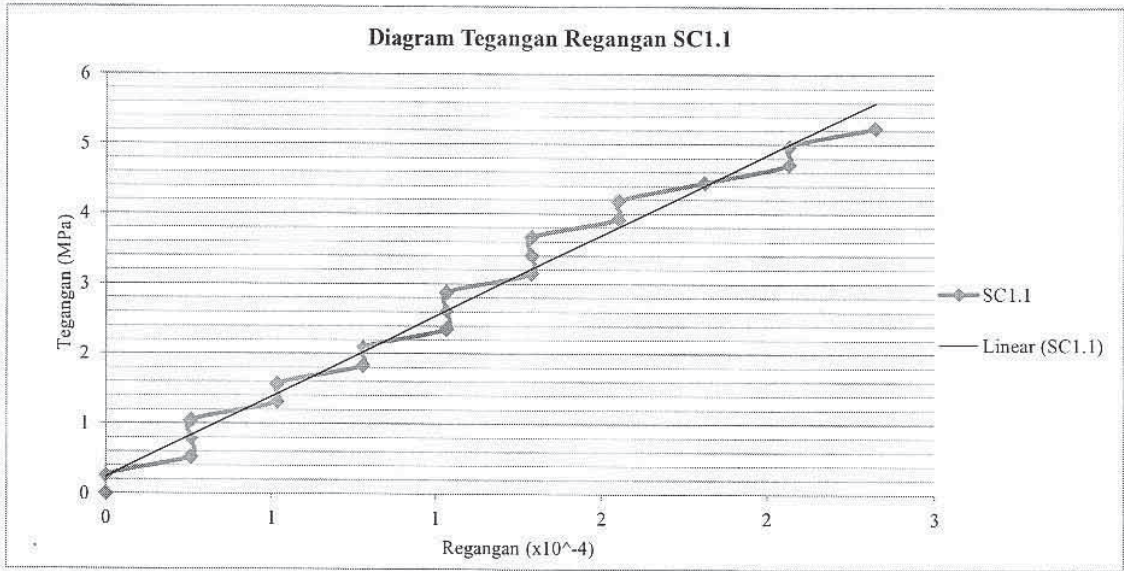
PEMERIKSAAN MODULUS ELASTISITAS SILINDER SC3.2

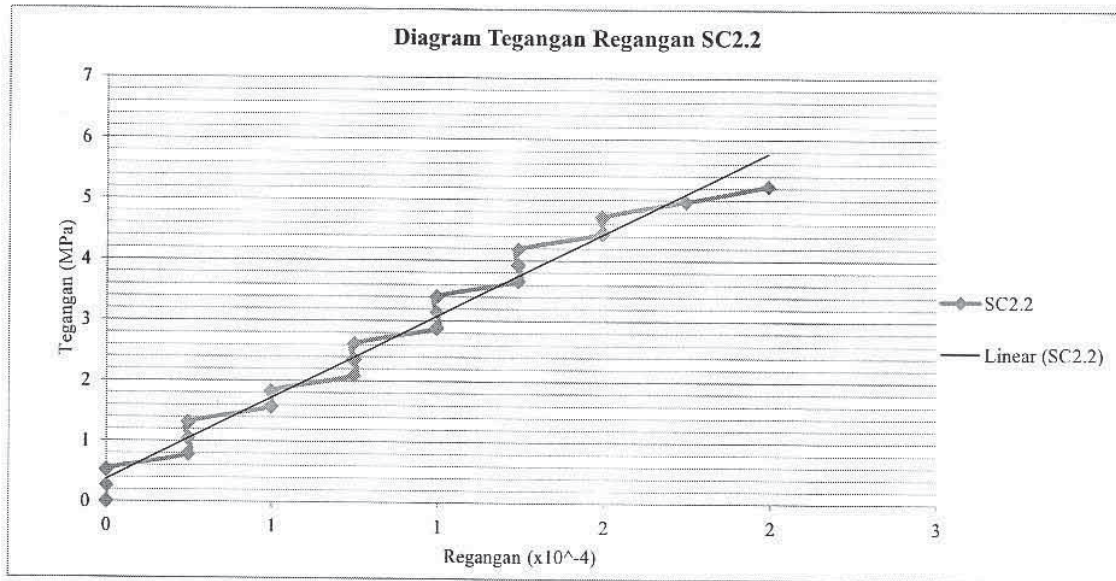
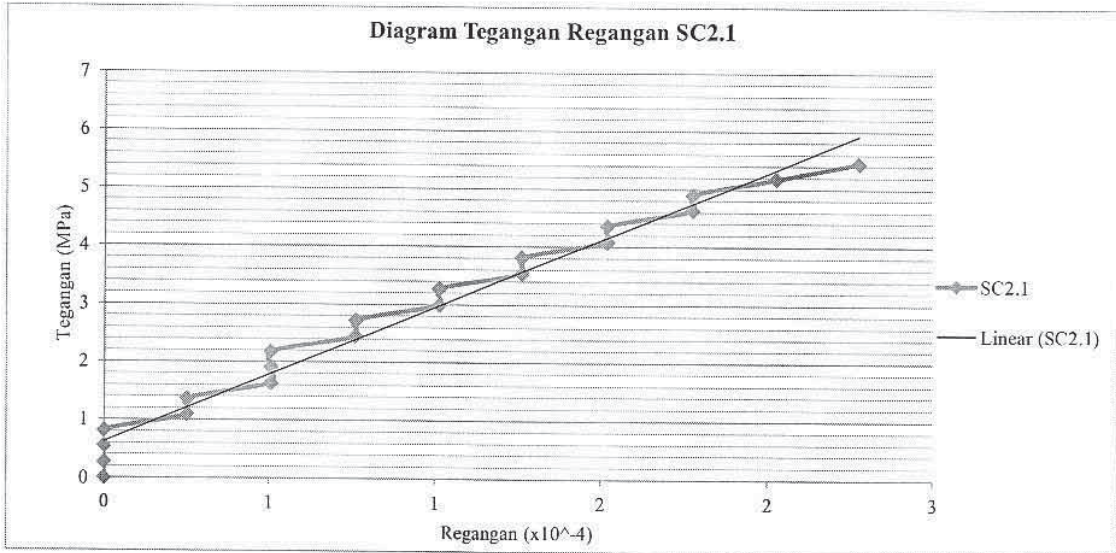
SC3.2

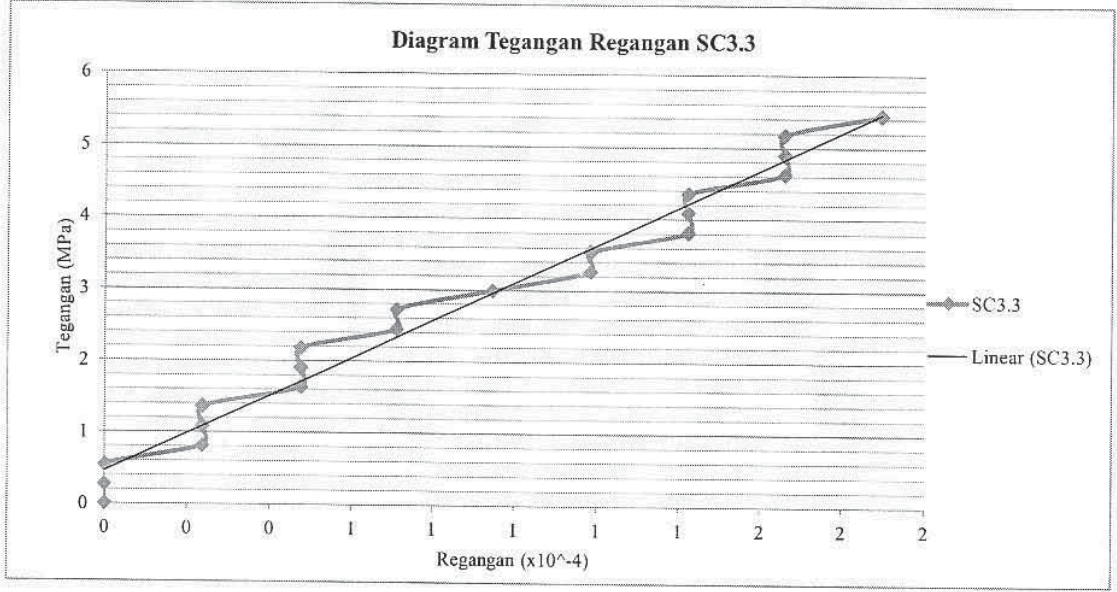
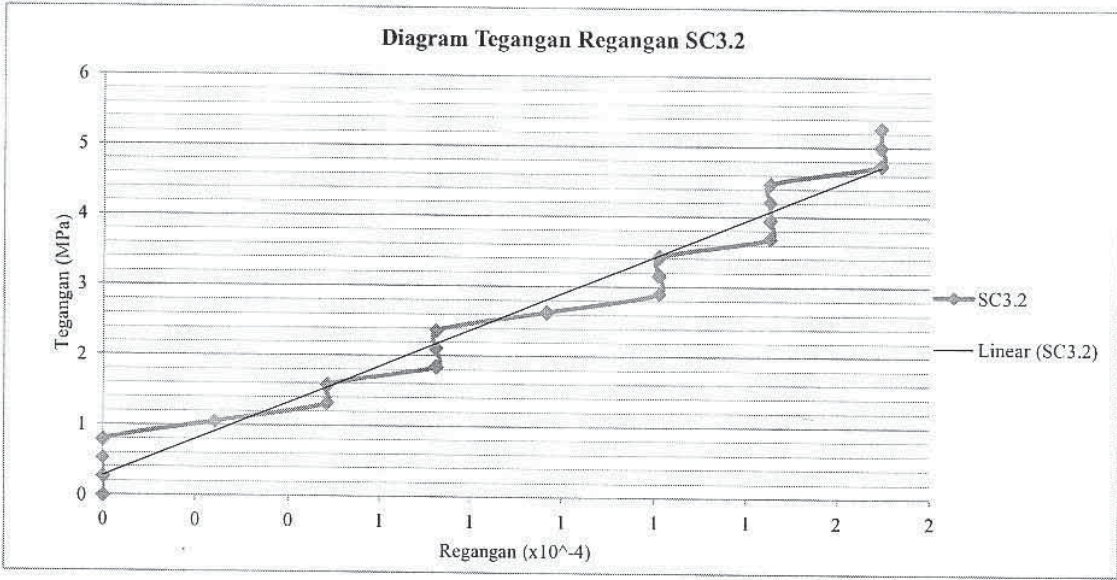
Po	206.5 mm
A	17785.52489 mm ²
Kuat tkn	67.47 Mpa
Bbn mak	1200000 N
0,3 <i>f</i> _{maks}	5.2626 Mpa
ε _p	1.6949 (10 ⁻⁴)
modulus	31049.41 Mpa

beban kgf	beban N	Δp x 10 ⁻²	0,5 Δp x 10 ⁻²	f	ε x 10 ⁻⁴
0	0.00	0	0	0.0000	0.0000
500	4903.33	0	0	0.2631	0.0000
1000	9806.65	0	0	0.5263	0.0000
1500	14709.98	0	0	0.7894	0.0000
2000	19613.30	1	0.5	1.0525	0.2421
2500	24516.63	2	1	1.3157	0.4843
3000	29419.95	2	1	1.5788	0.4843
3500	34323.28	3	1.5	1.8419	0.7264
4000	39226.60	3	1.5	2.1050	0.7264
4500	44129.93	3	1.5	2.3682	0.7264
5000	49033.25	4	2	2.6313	0.9685
5500	53936.58	5	2.5	2.8944	1.2107
6000	58839.90	5	2.5	3.1576	1.2107
6500	63743.23	5	2.5	3.4207	1.2107
7000	68646.55	6	3	3.6838	1.4528
7500	73549.88	6	3	3.9470	1.4528
8000	78453.20	6	3	4.2101	1.4528
8500	83356.53	6	3	4.4732	1.4528
9000	88259.85	7	3.5	4.7364	1.6949
9500	93163.18	7	3.5	4.9995	1.6949
10000	98066.50	7	3.5	5.2626	1.6949









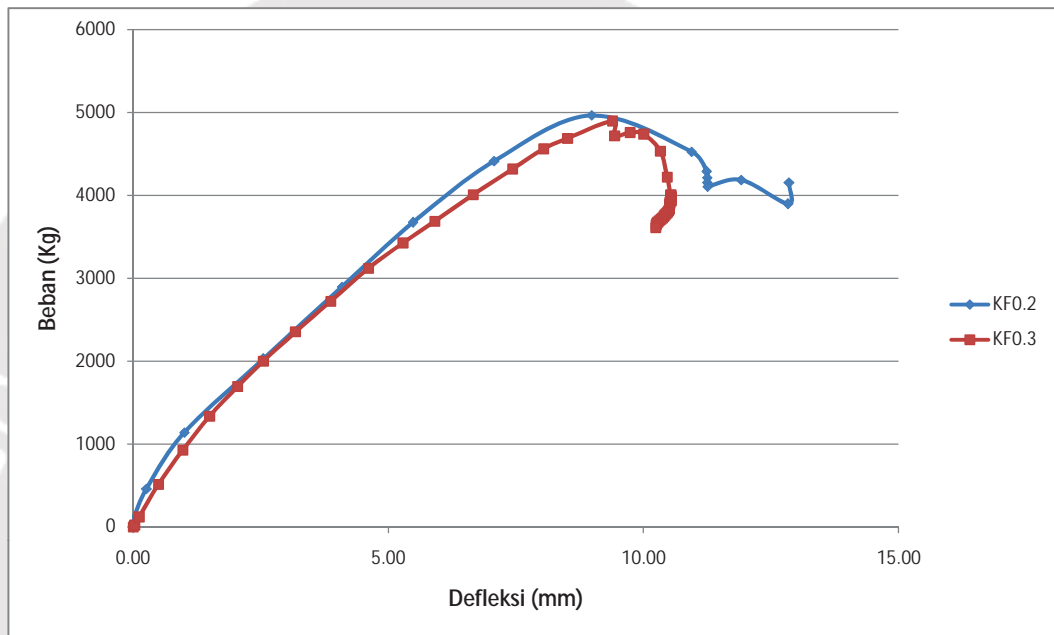


PENGUJIAN KOLOM KF0.1

Time	LOAD	LVDT
s	kg	mm
0	-112.21	-0.39
5	-112.28	-0.44
10	228.73	-0.17
15	395.13	0.02
20	604.27	0.18
25	778.29	0.39
30	1105.79	1.00
35	1296.22	1.35
40	1489.07	1.75
45	1625.59	1.95
50	1924.07	2.52
55	2098.37	2.82
60	2331.95	3.32
65	2654.83	3.90
70	1984.67	3.74
75	-175.60	2.44
80	-204.18	2.41



GRAFIK HASIL PENGUJIAN KOLOM KF0





PENGUJIAN KOLOM KF0.2

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	34.98	-0.04
5	459.37	0.26
10	1137.97	1.00
15	2029.07	2.55
20	2896.55	4.09
25	3674.80	5.48
30	4414.13	7.08
35	4966.17	8.99
40	4526.22	10.95
45	4288.53	11.24
50	4213.30	11.25
55	4152.81	11.25
60	4105.80	11.26
65	4186.03	11.92
70	3898.18	12.84
75	4154.77	12.85



PENGUJIAN KOLOM KF0.3

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
60	22.64785	0.02694636
62	22.61203	0.02339093
64	120.2716	0.11668415
66	511.9824	0.49415889
68	925.9973	0.97280252
70	1335.867	1.4966006
72	1694.965	2.0471807
74	2000.664	2.5519183
76	2354.488	3.1772208
78	2722.148	3.8704448
80	3119.737	4.6126819
82	3428.023	5.2875404
84	3687.745	5.9107623
86	4009.342	6.6646829
88	4320.052	7.4347043
90	4563.508	8.0445633
92	4687.967	8.5129204
94	4899.803	9.3935766
96	4720.378	9.4353085
98	4759.307	9.7394838
100	4741.255	10.007322
102	4533.372	10.33313

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
104	4221.4282	10.46718
106	4003.5923	10.53431
108	4007.554	10.53936
110	3979.6411	10.54775
112	3956.2451	10.5426
114	3936.6604	10.54689
116	3917.3047	10.5199
118	3894.4204	10.51486
120	3871.814	10.51255
122	3854.4563	10.51149
124	3834.6636	10.51169
126	3815.7869	10.49233
128	3797.3604	10.47227
130	3780.1511	10.44486
132	3762.7551	10.42052
134	3745.3127	10.39854
136	3727.022	10.36884
138	3710.3115	10.34026
140	3695.262	10.31085
142	3678.1702	10.28343
144	3662.4158	10.26082
146	3646.6077	10.25078
148	3609.7908	10.24163

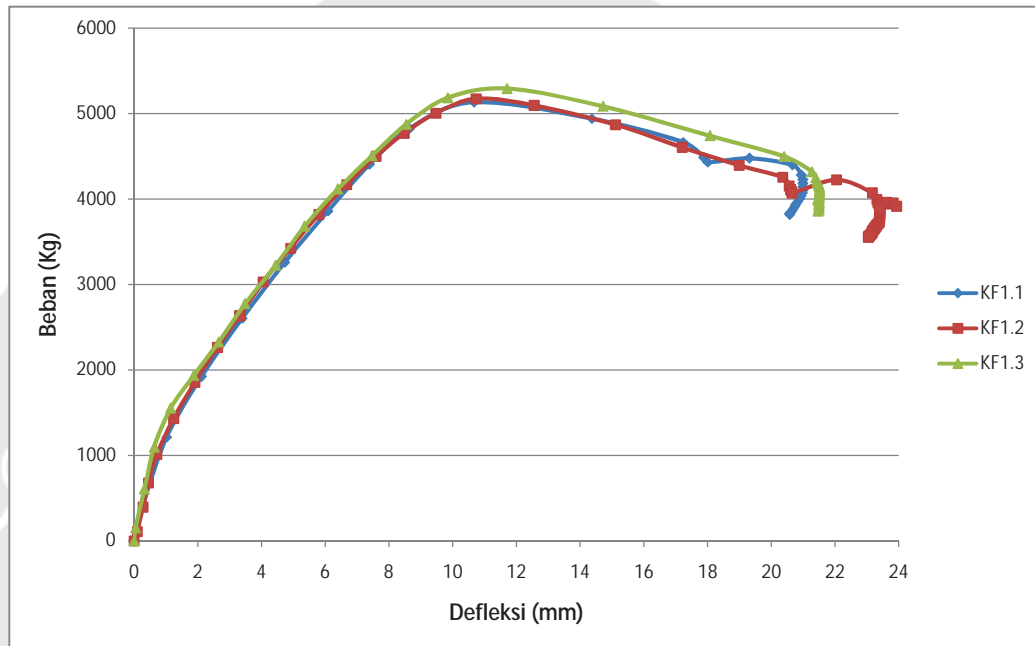


PENGUJIAN KOLOM KF 1.1

Time s	LOAD KG	LVDT MM
0	0.00	0.00
5	425.62	0.29
10	1213.84	1.02
15	1923.94	2.12
20	2602.68	3.39
25	3259.55	4.73
30	3858.43	6.09
35	4407.03	7.39
40	4823.71	8.65
45	5133.23	10.67
50	4940.50	14.37
55	4663.04	17.24
60	4485.08	17.88
65	4430.02	18.01
70	4477.20	19.32
75	4398.50	20.66
80	4279.77	20.95
85	4229.13	21.00
90	4181.94	21.00
95	4141.99	20.99
100	4104.78	21.00
105	4069.51	20.98
110	4036.17	20.94
115	4003.13	20.89
120	3970.36	20.83
125	3940.01	20.78
130	3908.55	20.73
135	3878.58	20.68
140	3848.45	20.62
145	3816.84	20.58
150	3828.75	20.57



GRAFIK HASIL PENGUJIAN KOLOM KF1





PENGUJIAN KOLOM KF 1.2

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0.00	0.00
2	0.00	0.00
4	108.97	0.10
6	394.55	0.28
8	678.29	0.45
10	1010.89	0.71
12	1430.13	1.24
14	1853.51	1.91
16	2264.51	2.62
18	2634.62	3.31
20	3029.26	4.05
22	3423.23	4.91
24	3818.06	5.79
26	4167.83	6.67
28	4499.62	7.60
30	4770.12	8.48
32	5005.16	9.47
34	5172.82	10.73
36	5095.94	12.56
38	4870.04	15.11
40	4605.87	17.20
42	4394.24	18.99
44	4254.48	20.36
46	4152.26	20.56
48	4110.74	20.60
50	4085.47	20.64
52	4066.91	20.65
54	4225.54	22.04
56	4073.95	23.17
58	3994.94	23.31
60	3959.03	23.35
62	3937.14	23.38

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
64	3919.55	23.40
66	3900.95	23.40
68	3881.22	23.41
70	3862.96	23.40
72	3844.83	23.40
74	3828.81	23.40
76	3812.70	23.40
78	3798.64	23.40
80	3783.29	23.40
82	3769.54	23.39
84	3754.45	23.39
86	3741.38	23.39
88	3727.23	23.38
90	3712.17	23.35
92	3698.03	23.31
94	3684.89	23.29
96	3671.01	23.27
98	3657.90	23.23
100	3642.72	23.21
102	3629.48	23.18
104	3616.09	23.17
106	3603.74	23.16
108	3590.46	23.13
110	3577.80	23.09
112	3564.22	23.07
114	3549.97	23.04
116	3565.02	23.05
118	3961.88	23.62
120	3955.53	23.82
122	3915.26	23.93
124	3893.42	23.41
126	3820.42	15.19



PENGUJIAN KOLOM KF 1.3

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0	0
2	152.18	0.05
4	607.32	0.33
6	1096.94	0.63
8	1552.45	1.15
10	1934.83	1.87
12	2324.14	2.65
14	2773.16	3.48
16	3225.74	4.44
18	3679.60	5.35
20	4115.13	6.39
22	4506.92	7.47
24	4873.79	8.54
26	5183.37	9.85
28	5292.43	11.71
30	5084.21	14.72
32	4739.76	18.07
34	4498.02	20.39
36	4318.31	21.28
38	4248.67	21.40
40	4209.35	21.44
42	4192.31	21.46
44	4174.81	21.49
46	4160.68	21.50

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
48	4147.37	21.51
50	4125.04	21.51
52	4105.57	21.52
54	4086.59	21.51
56	4077.11	21.51
58	4055.97	21.51
60	4048.97	21.51
62	4030.11	21.50
64	4010.95	21.50
66	3998.68	21.50
68	3978.19	21.50
70	3967.71	21.50
72	3953.01	21.50
74	3938.29	21.50
76	3931.46	21.50
78	3910.32	21.49
80	3900.33	21.49
82	3889.96	21.50
84	3873.96	21.50
86	3857.19	21.46
88	3997.16	21.46



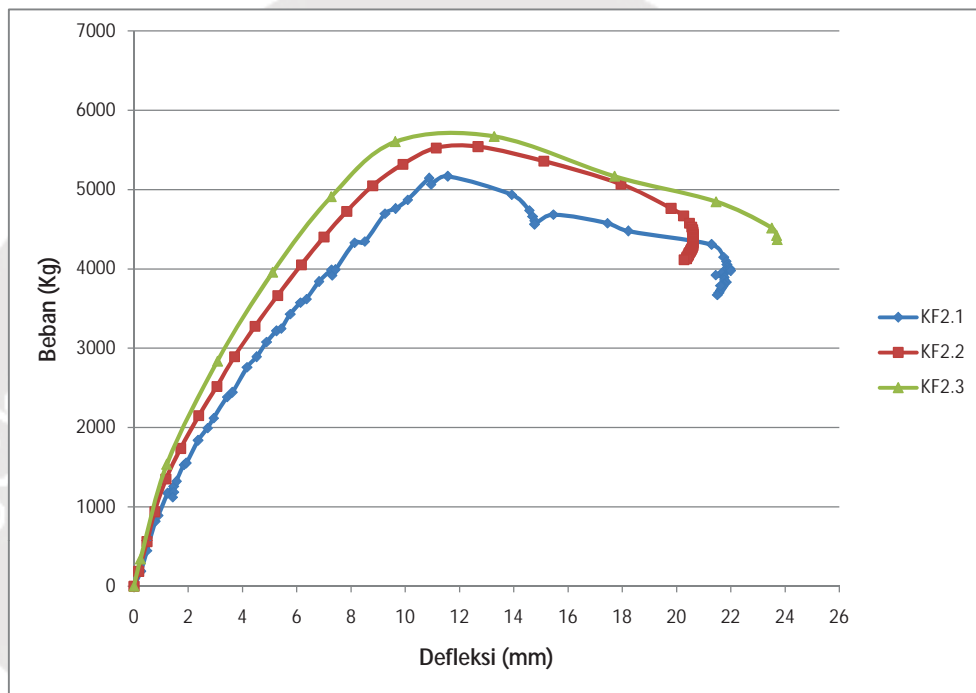
PENGUJIAN KOLOM KF 2.1

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0	0
5	188.33	0.26
10	448.08	0.48
15	820.98	0.79
20	890.61	0.90
25	1173.02	1.25
30	1259.12	1.47
35	1186.98	1.47
40	1122.95	1.43
45	1321.76	1.57
50	1530.75	1.85
55	1552.20	1.93
60	1839.29	2.37
65	1994.94	2.71
70	2119.62	2.94
75	2385.54	3.44
80	2444.45	3.63
85	2761.35	4.18
90	2892.94	4.52
95	3079.28	4.89
100	3218.80	5.26
105	3249.12	5.43
110	3431.56	5.77
115	3576.17	6.15
120	3621.66	6.36
125	3840.36	6.82
130	3986.45	7.29
135	3919.52	7.31
140	3989.54	7.43
145	4330.99	8.13
150	4345.93	8.51
155	4698.61	9.26
160	4760.03	9.65

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
165	4871.84	10.09
170	5144.64	10.89
175	5066.25	10.95
180	5168.92	11.57
185	4936.65	13.93
190	4737.34	14.57
195	4661.09	14.70
200	4610.45	14.76
205	4562.09	14.77
210	4684.87	15.47
215	4577.27	17.46
220	4477.34	18.23
225	4309.27	21.30
230	4149.83	21.75
235	4097.08	21.83
240	4056.40	21.87
245	4018.39	21.87
250	3983.99	21.85
255	3952.19	21.67
260	3922.11	21.45
265	3893.04	21.76
270	3863.77	21.77
275	3835.40	21.84
280	3807.77	21.77
285	3780.80	21.72
290	3753.56	21.66
295	3727.14	21.61
300	3700.27	21.57
305	3674.00	21.51
310	3790.43	21.63
315	4003.96	21.98
320	3978.13	22.00



GRAFIK HASIL PENGUJIAN KOLOM KF2





PENGUJIAN KOLOM KF 2.2

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0.00	0.00
2	0.00	0.00
4	188.50	0.18
6	563.79	0.48
8	939.20	0.77
10	1351.60	1.18
12	1737.73	1.73
14	2150.47	2.39
16	2518.60	3.06
18	2893.76	3.71
20	3277.32	4.47
22	3665.49	5.30
24	4053.32	6.17
26	4403.31	7.00
28	4726.18	7.84
30	5049.84	8.80
32	5320.39	9.92
34	5525.67	11.14
36	5543.38	12.68
38	5359.58	15.11
40	5068.54	17.95
42	4764.45	19.80
44	4669.32	20.26
46	4577.34	20.48
48	4528.25	20.56

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
50	4495.90	20.59
52	4467.10	20.61
54	4442.75	20.61
56	4421.13	20.61
58	4402.54	20.62
60	4387.38	20.61
62	4370.64	20.61
64	4352.04	20.61
66	4336.77	20.61
68	4322.28	20.61
70	4306.14	20.61
72	4291.00	20.61
74	4276.78	20.59
76	4263.05	20.57
78	4248.60	20.55
80	4235.30	20.53
82	4221.73	20.51
84	4207.76	20.48
86	4195.08	20.46
88	4180.16	20.44
90	4166.84	20.42
92	4154.17	20.39
94	4141.54	20.37
96	4128.38	20.37
98	4115.79	20.28



PENGUJIAN KOLOM KF 2.3

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0	0
0	343.6767	0.242204
5	1536.551	1.210827
10	2838.229	3.083396
15	3960.101	5.116135
20	4912.988	7.277451
25	5604.588	9.639134
30	5671.568	13.28283
35	5169.202	17.72407
40	4847.753	21.46492
45	4516.6	23.51973
50	4422.274	23.69049
55	4368.447	23.71003

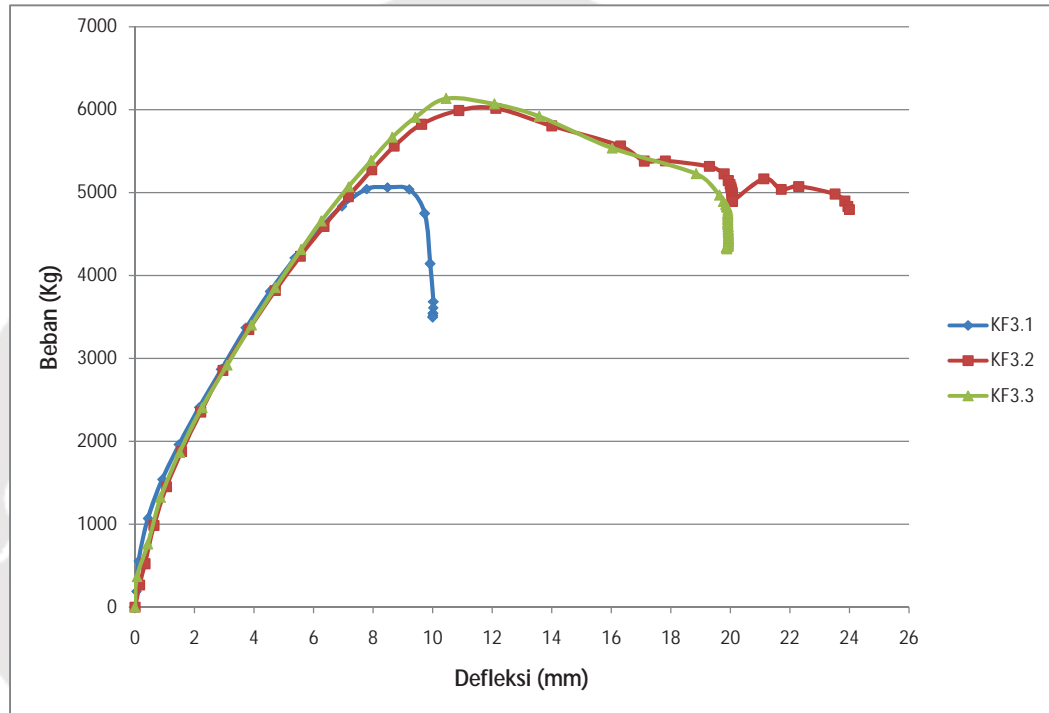


PENGUJIAN KOLOM KF 3.1

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
2	0.00	0.00
4	189.32	0.04
6	555.87	0.12
8	1067.83	0.43
10	1540.36	0.92
12	1961.29	1.48
14	2409.78	2.15
16	2867.88	2.90
18	3369.56	3.73
20	3805.36	4.53
22	4211.75	5.38
24	4562.80	6.21
26	4834.40	6.95
28	5043.19	7.78
30	5062.89	8.48
32	5038.98	9.21
34	4746.68	9.73
36	4140.46	9.92
38	3684.08	10.02
40	3610.45	10.02
42	3542.03	10.01
44	3518.46	10.00
46	3495.43	10.00



GRAFIK HASIL PENGUJIAN KOLOM KF3





PENGUJIAN KOLOM KF 3.2

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
2	0.00	0.00
4	265.56	0.15
6	522.49	0.33
8	984.62	0.63
10	1451.37	1.06
12	1876.26	1.57
14	2353.23	2.20
16	2855.95	2.95
18	3348.27	3.82
20	3818.99	4.71
22	4232.49	5.55
24	4592.38	6.35
26	4949.04	7.17
28	5276.34	7.95
30	5558.83	8.70
32	5824.17	9.62
34	5989.67	10.88
36	6016.00	12.12
38	5805.84	14.00
40	5562.26	16.31
42	5380.57	17.11

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
44	5383.33	17.81
46	5315.71	19.29
48	5225.56	19.79
50	5144.38	19.93
52	5099.27	19.98
54	5063.60	20.01
56	5038.52	20.03
58	5022.21	20.04
60	5003.95	20.05
62	4984.14	20.06
64	4962.45	20.06
66	4944.18	20.06
68	4932.84	20.06
70	4911.98	20.06
72	4893.09	20.07
74	5166.19	21.12
76	5038.05	21.71
78	5074.43	22.29
80	4982.43	23.51
82	4897.04	23.84
84	4832.42	23.95
86	4795.61	24.00



PENGUJIAN KOLOM KF 3.3

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
0	0.00	0.00
2	364.42	0.07
4	760.88	0.43
6	1323.06	0.86
8	1865.79	1.50
10	2406.10	2.25
12	2918.22	3.09
14	3401.81	3.91
16	3851.67	4.71
18	4311.28	5.57
20	4654.71	6.25
22	5069.91	7.18
24	5384.59	7.93
26	5667.18	8.64
28	5905.57	9.41
30	6132.87	10.45
32	6068.08	12.07
34	5916.85	13.58
36	5536.88	16.03
38	5225.66	18.85
40	4966.45	19.63
42	4890.69	19.77
44	4855.92	19.83
46	4829.25	19.87
48	4820.00	19.89
50	4786.01	19.91
52	4756.30	19.91
54	4747.63	19.92
56	4732.27	19.92
58	4715.33	19.91

Time	LOAD	LVDT
s	Kg	mm
60	4698.56	19.91
62	4678.08	19.92
64	4675.05	19.92
66	4651.22	19.91
68	4636.97	19.91
70	4626.80	19.91
72	4613.66	19.92
74	4592.95	19.92
76	4588.14	19.93
78	4563.32	19.93
80	4557.33	19.92
82	4538.43	19.93
84	4530.62	19.93
86	4501.82	19.93
88	4503.10	19.94
90	4498.35	19.94
92	4474.30	19.93
94	4454.90	19.93
96	4447.59	19.93
98	4440.82	19.93
100	4424.36	19.93
102	4406.95	19.93
104	4405.22	19.92
106	4386.15	19.93
108	4376.39	19.93
110	4365.69	19.92
112	4353.63	19.93
114	4345.06	19.90
116	4320.72	19.88
118	4338.43	19.87



PERHITUNGAN KUAT TEKAN BETON TERKEKANG (f'_{cc})

1. Model Teng et al. (2002)

Analisis menggunakan persamaan (3.19) sampai persamaan (3.24).

a. 1 lapis CFRP

$$k_1 = 2,98$$

$$R_c = 0,3b = 0,3 \times 75 = 22,5 \text{ mm (SNI 2847-2013)}$$

$$A_g = bh - (4 - \pi)R_c^2 = 75 \times 75 - (4 - \pi) \times 22,5^2 = 5106,18 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{sc} = A_s/bd = 157,08/(75 \times 54) = 0,004$$

$$\frac{A_e}{A_c} = \frac{1 - \frac{b}{h} \frac{h - 2R_c}{2} + \frac{h}{b} \frac{b - 2R_c}{2} / (3A_g) - \rho_{sc}}{1 - \rho_{sc}} = 0,92$$

$$k_s = \frac{b}{h} \frac{A_e}{A_c} = \frac{75}{75} \times 0,92 = 0,92$$

$$f_{frp} = E_{frp} \varepsilon_{frp} = 231000 \times 0,004 = 920 \text{ MPa}$$

$$fl \text{ 1 lapis} = \frac{2f_{frp}t_{frp}}{h^2 + b^2} = \frac{2 \times 920 \times 0,127}{75^2 + 75^2} = 2,203$$

$$f'_{cc} \text{ 1 lapis} = f'_c + k_1 k_s fl = 31,92 + 2,98 \times 0,92 \times 2,203 = 37,95 \text{ MPa}$$

b. 2 lapis CFRP

$$fl \text{ 2 lapis} = \frac{2f_{frp}t_{frp}}{h^2 + b^2} = \frac{2 \times 920 \times 2 \times 0,127}{75^2 + 75^2} = 4,41$$

$$f'_{cc} \text{ 2 lapis} = f'_c + k_1 k_s fl = 31,92 + 2,98 \times 0,92 \times 4,41 = 43,98 \text{ MPa}$$

c. 3 lapis CFRP

$$fl \text{ 3 lapis} = \frac{2f_{frp}t_{frp}}{h^2 + b^2} = \frac{2 \times 920 \times 3 \times 0,127}{75^2 + 75^2} = 6,61$$

$$f'_{cc} \text{ 3 lapis} = f'_c + k_1 k_s fl = 31,92 + 2,98 \times 0,92 \times 6,61 = 50,00 \text{ MPa}$$



2. Model Richart (1928)

Analisis menggunakan persamaan (3.23) sampai persamaan (3.25)

Perhitungan fl menggunakan hasil perhitungan pada model Teng et al.

a. 1 lapis *CFRP*

$$k_1 = 4,1$$

$$fl \text{ 1 lapis} = 2,203$$

$$f'cc \text{ 1 lapis} = f'c + k_1 fl = 31,92 + 4,1 \times 2,203 = 40,95 \text{ MPa}$$

b. 2 lapis *CFRP*

$$k_1 = 4,1$$

$$fl \text{ 2 lapis} = 4,41$$

$$f'cc \text{ 2 lapis} = f'c + k_1 fl = 31,92 + 4,1 \times 4,41 = 49,99 \text{ MPa}$$

c. 3 lapis *CFRP*

$$k_1 = 4,1$$

$$fl \text{ 3 lapis} = 6,61$$

$$f'cc \text{ 3 lapis} = f'c + k_1 fl = 31,92 + 4,1 \times 6,61 = 59,02 \text{ MPa}$$

3. Model Lam dan Teng (2003)

Analisis menggunakan persamaan (3.21), (3.23), dan (3.26).

a. 1 lapis *CFRP*

$$fl \text{ 1 lapis} = 2,203$$

$$f'cc \text{ 1 lapis} = f'c + k_1 fl = 31,92 + 3,3 \times 0,92 \times 2,203 = 38,59 \text{ MPa}$$

b. 2 lapis *CFRP*

$$fl \text{ 2 lapis} = 4,41$$

$$f'cc \text{ 2 lapis} = f'c + k_1 fl = 31,92 + 3,3 \times 0,92 \times 4,41 = 45,27 \text{ MPa}$$



c. 3 lapis CFRP

$$f_l \text{ 3 lapis} = 6,61$$

$$f'_{cc} \text{ 3 lapis} = f'_c + k_1 f_l = 31,92 + 3,3 \times 0,92 \times 6,61 = 51,94 \text{ MPa.}$$





PERHITUNGAN KAPASITAS KOLOM EKSENTRIS

1. Kapasitas Kolom Model Teng et al.

a. Kolom dengan 1 lapis CFRP

$$f'_{cc} = 37,95 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times E_s \times d}{f_y + 0,003 \times E_s} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\epsilon_s' < \epsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 37,95 \times 30,35 \times 75 = 73414,56 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 65991,203 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2763369,6 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{2763369,6}{65991,203} = 41,9 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 31,6 mm



$$a = 0,85 \times c = 26,86 \text{ mm}$$

$$f'_s = E_s \times \frac{0,003(c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003(31,6-21)}{31,6} = 157,425 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 37,95 \times 26,86 \times 75 = 64978,84 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 157,425 = 24728,23 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 51926,274 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2595439,5 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 49,98 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$P_n = 5192,63 \text{ Kg}$$

b. Kolom dengan 2 lapis CFRP

$$f'_c = 43,98 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times E_s \times d}{f_y + 0,003 \times E_s} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\epsilon_s' < \epsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 43,98 \times 30,35 \times 75 = 85075, \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 77652,58 \text{ N}$$



$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3023727,1 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 38,9 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 29,8 mm

$$a = 0,85 \times c = 25,33 \text{ mm}$$

$$f'_s = Es \times \frac{0,003 (c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003 (29,8-21)}{29,8} = 138,59 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 37,95 \times 25,33 \times 75 = 71011,004 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 138,59 = 21769,109 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 54999,32 \text{ N}$$

$$M_n = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2746131,7 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 49,9 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$P_n = 5499,932 \text{ Kg}$$

c. Kolom dengan 3 lapis CFRP

$$f'_c = 50,00 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times Es \times d}{f_y + 0,003 \times Es} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$



$$\varepsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\varepsilon_s' < \varepsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 50,00 \times 30,35 \times 75 = 96737,319 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 \text{ MPa}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 89313,958 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3284084,6 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 36,77 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 28,27 mm

$$a = 0,85 \times c = 24,03 \text{ mm}$$

$$f'_s = E_s \times \frac{0,003(c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003(28,27-21)}{28,27} = 120,69 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 50,00 \times 24,03 \times 75 = 76598,89 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 120,69 = 18957,578 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 57775,675 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2888325 \text{ Nmm}$$



$$e = \frac{Mn}{Pn} = 49,99 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$Pn = 5777,568 \text{ Kg}$$

2. Kapasitas Kolom Model Richart

a. Kolom dengan 1 lapis CFRP

$$f'_{cc} = 40,95 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times E_s \times d}{f_y + 0,003 \times E_s} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\epsilon_s' < \epsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 40,95 \times 30,35 \times 75 = 79228,527 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 71805,527 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2893174,9 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 40,29 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.



Dicoba dengan nilai c sebesar 30,68 mm

$$a = 0,85 \times c = 26,078 \text{ mm}$$

$$f'_s = E_s \times \frac{0,003 (c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003 (30,68-21)}{30,68} = 148,07 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 40,95 \times 26,078 \times 75 = 68083,137 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 148,07 = 23259,172 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 53561,516 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2672541 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 49,897 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$P_n = 5356,152 \text{ Kg}$$

b. Kolom dengan 2 lapis CFRP

$$f'_c = 49,99 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times E_s \times d}{f_y + 0,003 \times E_s} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$\epsilon_s' < \epsilon_s$ (tulangan desak belum luluh)

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 49,99 \times 30,35 \times 75 = 96703,867 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{n_b} = C_c + C_s - T_s = 89280,505 \text{ N}$$



$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3283337,8 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 36,78 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 28,30 mm

$$a = 0,85 \times c = 24,055 \text{ mm}$$

$$f'_s = Es \times \frac{0,003(c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003(28,3-21)}{28,3} = 121,06 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 49,99 \times 24,055 \times 75 = 76653,66 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 121,06 = 19015,628 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 57888,495 \text{ N}$$

$$M_n = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2889701,3 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 49,92 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$P_n = 5788,85 \text{ Kg}$$

c. Kolom dengan 3 lapis CFRP

$$f'_c = 59,02 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times Es \times d}{f_y + 0,003 \times Es} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$



$$\varepsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\varepsilon_s' < \varepsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 59,02 \times 30,35 \times 75 = 114179,21 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 106755,84 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3673500,6 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 34,4 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 26,43 mm

$$a = 0,85 \times c = 22,47 \text{ mm}$$

$$f'_s = E_s \times \frac{0,003(c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003(26,43-21)}{26,43} = 96,42 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 59,02 \times 22,47 \times 75 = 84525,317 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 96,42 = 15145,266 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 61889,79 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3093527,6 \text{ Nmm}$$



$$e = \frac{Mn}{Pn} = 49,98 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$Pn = 6188,979 \text{ Kg}$$

3. Kapasitas Kolom Model Lam dan Teng

a. Kolom dengan 1 lapis CFRP

$$f'_{cc} = 38,59 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times E_s \times d}{f_y + 0,003 \times E_s} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\epsilon_s' < \epsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 38,59 \times 30,35 \times 75 = 74666,793 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 67243,431 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2791327,5 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 41,5 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.



Dicoba dengan nilai c sebesar 31,39 mm

$$a = 0,85 \times c = 26,68 \text{ mm}$$

$$f's = Es \times \frac{0,003 (c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003 (31,39-21)}{31,39} = 155,34 \text{ MPa}$$

$$Cc = 0,85 \times f'cc \times a \times b = 0,85 \times 38,59 \times 26,68 \times 75 = 65647,99 \text{ N}$$

$$Cs = As' \times f's = 157,08 \times 155,34 = 24400,486 \text{ N}$$

$$Ts = As \times fy = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 52267,684 \text{ N}$$

$$Mn = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2611997,3 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{Mn}{Pn} = 49,97 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$Pn = 5226,768 \text{ Kg}$$

b. Kolom dengan 2 lapis CFRP

$$f'cc = 45,27 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times Es \times d}{fy + 0,003 \times Es} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$

$$\epsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$\epsilon_s' < \epsilon_s$ (tulangan desak belum luluh)

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$Cc = 0,85 \times f'cc \times a \times b = 0,85 \times 45,27 \times 30,35 \times 75 = 87580,399 \text{ N}$$

$$Cs = As' \times fs = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$Ts = As \times fy = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$Pn_b = Cc + Cs - Ts = 80157,037 \text{ N}$$



$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3079642,8 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 38,42 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 29,43 mm

$$a = 0,85 \times c = 25,02 \text{ mm}$$

$$f'_s = Es \times \frac{0,003 (c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003 (29,43-21)}{29,43} = 134,43 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a \times b = 0,85 \times 45,27 \times 25,02 \times 75 = 72193,783 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 134,43 = 21115,996 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 55528,986 \text{ N}$$

$$M_n = Cc \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + Cs \left(\frac{h}{2} - d' \right) + Ts \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2776082,1 \text{ Nmm}$$

$$e = \frac{M_n}{P_n} = 49,99 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$P_n = 5552,899 \text{ Kg}$$

c. Kolom dengan 3 lapis CFRP

$$f'_{cc} = 51,94 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{0,003 \times Es \times d}{f_y + 0,003 \times Es} = \frac{0,003 \times 156434,71 \times 54}{240,52 + 0,003 \times 156434,71} = 35,7 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times c_b = 0,85 \times 35,7 = 30,35 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} = \frac{35,7-21}{35,7} = 0,0012$$



$$\varepsilon_s = \frac{fy}{Es} = \frac{240,52}{156434,71} = 0,0015$$

$$\varepsilon_s' < \varepsilon_s \text{ (tulangan desak belum luluh)}$$

$$f_s = \varepsilon_s' \times E_s = 0,0012 \times 156434,71 = 193,26 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 51,94 \times 30,35 \times 75 = 100494 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_s = 157,08 \times 193,26 = 30357,432 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s = 93070,643 \text{ N}$$

$$\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} = \frac{75}{2} - \frac{30,35}{2} = 22,33 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{2} - d' = \frac{75}{2} - 21 = 16,5 \text{ mm}$$

$$d - \frac{h}{2} = 54 - \frac{75}{2} = 16,5 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 3367958,2 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 36,19 \text{ mm}$$

$e > e_b$, maka keruntuhan tarik menentukan.

Dicoba dengan nilai c sebesar 27,84 mm

$$a = 0,85 \times c = 23,664 \text{ mm}$$

$$f'_s = E_s \times \frac{0,003(c-d')}{c} = 156434,71 \times \frac{0,003(27,84-21)}{27,84} = 115,3 \text{ MPa}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_{cc} \times a \times b = 0,85 \times 51,94 \times 23,664 \times 75 = 78363,172 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f'_s = 157,08 \times 115,3 = 18111,78 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \times f_y = 157,08 \times 240,52 = 37780,793 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 58694,158 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{ab}{2} \right) + C_s \left(\frac{h}{2} - d' \right) + T_s \left(d - \frac{h}{2} \right) = 2933653,3 \text{ Nmm}$$



$$e = \frac{Mn}{Pn} = 49,98 \text{ mm} \approx 50 \text{ mm}$$

$$Pn = 5869,416 \text{ Kg}$$

