

STUDI PERILAKU PERBANDINGAN KEKUATAN KOLOM *CONCRETE FILLED STEEL TUBE* DENGAN PERBEDAAN TERHADAP PENAMPANG

Pendi Maita Yunas, Budi Suswanto, Heppy Kristijanto
Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
budi_suswanto@ce.its.ac.id

Abstrak—Profil kolom *Concrete Filled Steel Tube* telah menunjukkan kinerja struktural seperti kekuatan, kekakuan dan daktilitas yang lebih baik daripada beton bertulang. Menurut Penelitian terdahulu, perilaku perubahan beban aksial kolom sangat dipengaruhi oleh bentuk *cross-sectional*, rasio diameter/lebar terhadap ketebalan dari *steel tube* dan kekuatan dari beton isi (*filled concrete*)

Dalam Tugas Akhir ini menganalisa bahwa pada kolom *Concrete Filled Steel Tube (CFT)* terdapat perbedaan kekuatan aksial antara penampang berbentuk lingkaran dengan persegi.

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini dapat diringkas sebagai berikut : 1) Kolom CFT tipe circular memiliki kapasitas penampang aksial tekan lebih besar daripada kolom CFT tipe rectangular dengan presentase selisihnya sebesar 16,49%; 2) Pemasangan stiffening bars meningkatkan kekuatan daripada kolom CFT.

Kata kunci : *Concrete Filled Tubes, confinement, beban aksial, cross-sectional.*

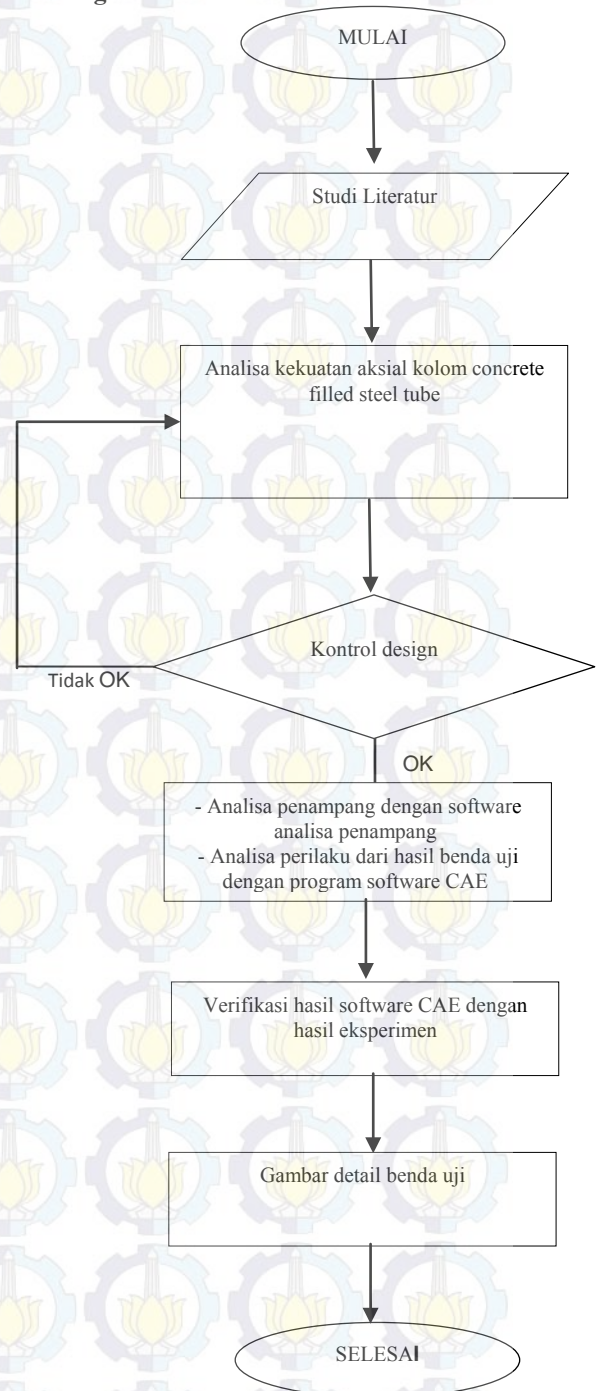
1) Latar Belakang

Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang penting karena bersifat daktil. Salah satu profil baja komposit yang digunakan adalah baja yang berintikan beton atau *Concrete Filled Steel Tube (CFT)*. Profil ini telah menunjukkan kinerja struktural seperti kekuatan, kekakuan dan daktilitas yang lebih baik daripada beton bertulang. Secara konvensional, CFT didesain dari bentuk tabung baja (*steel tube*) yang meliputi penampang berongga persegi, lingkaran, persegi panjang dan elips.

Menurut hasil penelitian, kekuatan aksial ultimate kolom CFT dipengaruhi oleh ketebalan tabung baja (*steel tube*), serta bentuk potongan melintang penampang. Di sisi lain, perilaku perubahan beban aksial kolom ini sangat dipengaruhi oleh bentuk *cross-sectional*, rasio diameter/lebar terhadap ketebalan dari *steel tube* dan kekuatan dari beton isi (*filled concrete*) [1].

Fokus pada Tugas Akhir ini adalah untuk mempelajari perilaku efek bentuk *cross-sectional*, rasio diameter/lebar terhadap ketebalan *steel tube* dan kekuatan *filled concrete* pada elemen struktur kolom CFT yang berhubungan dengan efek pengekangan (*confining effect*) dan efek penahanan (*restraining effect*).

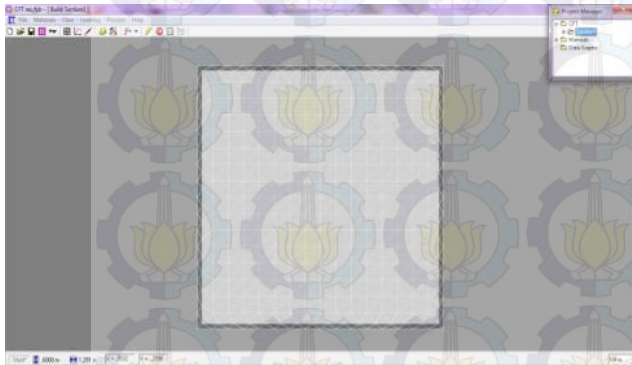
2) Metodologi



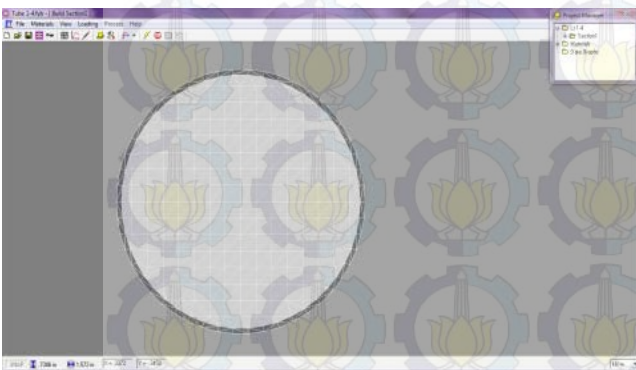
Gambar Diagram Alir Penelitian

3) Analisa Kontrol Penampang

Tahap ini merupakan tahap analisa penampang struktur kolom dengan menggunakan program bantu software analisa penampang. Dari tahapan ini akan diketahui besarnya kapasitas yang dapat diterima penampang.



Gambar Penampang kolom *rectangular* dengan menggunakan program XTRACT



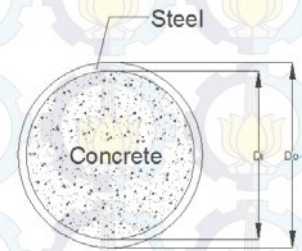
Gambar Penampang kolom *circular* dengan menggunakan program XTRACT

Kapasitas *Concrete Filled Steel Tube* dalam Menerima Beban Aksial (Baig et al, 2006)

Tabel Hasil Pengujian [2]

Marking	D mm	A _s mm ²	A _c mm ²	P _y /kN					
				Tested	LRFD	ACI	EC4	Chinese	By Eq. (5)
4CH	160.00	1237	0	290	341	341	309	341	309.25
4CF	160.00	1237	18 869	1153	698	784	909	1237	986.27
4CFB	160.00	1237	18 869	1090	698	784	909	1237	986.27
6CH	111.25	854	0	237	235	235	214	235	213.50
6CF	111.25	854	8866	526	380	443	454	685	531.61
6CFB	111.25	854	8866	422	380	443	454	685	531.61
4SH	125.66	1231	0	179	339	339	308	339	307.75
4SF	125.66	1231	14 559	594	551	681	788	1061	830.13
4SFB	125.66	1231	14 559	595	551	681	788	1061	830.13
6SH	87.38	848	0	215	234	234	212	234	212.00
6SF	87.38	848	6786	450	293	393	428	598	455.48
6SFB	87.38	848	6786	407	293	393	428	598	455.48

Concrete Filled Steel Tube (CFT) Tipe Circular Kolom Benda Uji Diameter 111,25 mm



Profil *Concrete Filled Steel Tube*
Tipe Circular

Data benda uji :

- D_o = 111,25 mm
- t = 2,5 mm
- D_i = 106,25 mm

Data mutu bahan :

- f_y = 250 Mpa
- f'_c = 27,59 MPa
- E_s = 200000 Mpa

Cek ketebalan minimum profil baja :

$$t_{\min} = D_o \sqrt{\frac{f_y}{8 \times E_s}}$$

$$t_{\min} = 111,25 \times \sqrt{\frac{250}{8 \times 2.10^5}} = 1,391 \text{ mm} < 2,5 \text{ mm} \dots$$

(OK)

Cek luas penampang minimum profil baja :

$$A_s = \frac{1}{4} \pi (D_o^2 - D_i^2) = \frac{1}{4} \times \pi \times (111,25^2 - 106,25^2)$$

$$= 854 \text{ mm}^2$$

$$A_c = \frac{1}{4} \pi D_i^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 106,25^2 = 8866 \text{ mm}^2$$

Rasio luas penampang baja :

$$\frac{A_s}{A_s + A_c} = \frac{854}{854 + 8866} \times 100\% = 8,78\% > 4\% \dots\dots$$

(OK)

Modifikasi tegangan leleh kolom komposit (f_{my}) :

Koefisien c₁, c₂, c₃ untuk pipa baja diisi beton adalah :

- C₁ = 1,00
- C₂ = 0,85
- C₃ = 0,40

Maka :

$$f_{my} = f_y + \left(C_2 \cdot f_c' \cdot \frac{A_c}{A_s} \right) = 250 + \left(0,85 \times 27,59 \times \frac{8866}{854} \right)$$

$$= 493,47 \text{ Mpa}$$

Modifikasi modulus elastisitas kolom komposit (E_m) :

$$E_c = 0,041 \times w^{1,5} \sqrt{f_c'} = 0,041 \times 2400^{1,5} \times \sqrt{27,59}$$

$$= 25320,75 \text{ Mpa}$$

keterangan :

w = berat jenis beton = 2400 kg/m³

$$E_m = E_s + \left(C_3 \cdot E_c \cdot \frac{A_c}{A_s} \right) = 200000 + \left(0,4 \times 25320,75 \times \frac{81}{81} \right)$$

$$= 305149,31 \text{ MPa}$$

Jari-jari girasi modifikasi :

$$r_m = \frac{\sqrt{D_o^2 + D_i^2}}{4} = \frac{\sqrt{111,25^2 + 106,25^2}}{4} = 38,459 \text{ m}$$

Parameter kelangsingan (λ_c) :

$$\lambda_c = \frac{kl}{r_m \cdot \pi} \times \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}} = \frac{1 \times 750}{38,459 \times \pi} \times \sqrt{\frac{493,47}{305149,31}}$$

$$= 0,2496 \approx 0,25$$

Karena $\lambda_c \leq 0,25$ maka nilai $\omega = 1$ (SNI 1729 – 2002 pasal 7.6.2)

$$f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega} = \frac{493,47}{1} = 493,47 \text{ Mpa}$$

Sehingga :

Daya dukung nominal struktur tekan diperoleh :

$$P_n = A_s \cdot f_{cr} = 854 \times 493,47 = 421423,38 \text{ N}$$

$$= 421,42 \text{ kN}$$

Sedangkan daya dukung nominal struktur tekan dari program Xtract diperoleh = 431,1 kN

No	Benda Uji	Do/Bo (mm)	t (mm)	Di/Bi (mm)	Nn (kN)	Ntest (kN)	Nxtract (kN)	% selisih Nn dan Nxtract	Ntest/Nn	Nxtract/Nn
1	CF1	111.25	2.5	106.25	421.420	526	431.1	2.297	1.248	1.023
2	CF2	160	2.5	155	751.800	1153	781.6	3.964	1.534	1.040
3	SF1	87.38	2.5	82.38	359.640	450	382.4	6.329	1.251	1.063
4	SF2	125.66	2.5	120.66	649.160	594	674	3.826	0.915	1.038

Tabel Perhitungan Kontrol Penampang

4) Analisa Perilaku Struktur dengan Software CAE

4.1 Pasca Processing *CFT* Tipe Circular

Tabel Hasil Regangan Pada Benda Uji Circular

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		156	0
54.112		156	0
74.112	CF1	156	0
94.112		156	0.0018
114.112		156	0.0075

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		252	0
57.350		252	0
77.350	CF2	252	0
97.350		252	0.0021
117.350		252	0.0087

Tabel Hasil Tegangan Pada Benda Uji Circular

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		47	0
54.112		47	191.09
74.112	CF1	47	261.838
94.112		47	278.828
114.112		47	274.916

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		252	0
57.350		252	164.674
77.350	CF2	252	222.279
97.350		252	244.517
117.350		252	241.286

4.2 Pasca Processing *CFT* Tipe Rectangular

Tabel Hasil Regangan Pada Benda Uji Rectangular

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		334	0
58.940		334	0
78.940	SF1	334	0
98.940		334	0.0003
118.940		334	0.0028

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		113	0
37.620		113	0
87.620	SF2	113	0
137.620		113	0.0006
187.620		113	0.0064

Tabel Hasil Tegangan Pada Benda Uji Rectangular

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		42	0
58.940		42	189.354
78.940	SF1	42	255.018
98.940		42	279.182
118.940		42	277.782

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		14	0
37.620		14	56.356
87.620	SF2	14	135.882
137.620		14	263.023
187.620		14	282.289

4.2 Pasca Processing *CFT* Dengan Menggunakan Stiffening Bars

Tabel Hasil Regangan Pada Benda Uji dengan Stiffening Bars

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		28	0
43.410		28	0
63.410	CFB1	28	0
83.410		28	0.0007
103.410		28	0.0039

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		41	0
54.210		41	0
74.210	CFB2	41	0
94.210		41	0.0004
114.210		41	0.001

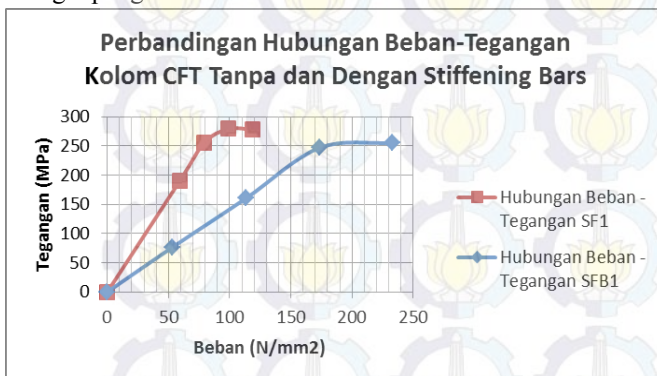
Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		29	0
53.310		29	0
113.310	SFB1	29	0
173.310		29	0.0001
233.310		29	0.003

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Regangan (Mpa)
0.000		52	0
37.680		52	0
97.680	SFB2	52	0
187.680		52	0.0003
217.680		52	0.0032

Tabel Hasil Tegangan Pada Benda Uji dengan Stiffening Bars

Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		21	0
43.410		21	138.32
63.410	CFB1	21	178.677
83.410		21	203.399
103.410		21	236.909
Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		1	0
54.210		1	153.87
74.210	CFB2	1	212.196
94.210		1	244.728
114.210		1	246.96
Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		11	0
53.310		11	76.555
113.310	SFB1	11	160.314
173.310		11	246.685
233.310		11	255.356
Beban (N/mm ²)	Benda Uji	Node	Tegangan (Mpa)
0.000		5	0
37.680		5	51.867
97.680	SFB2	5	136.441
187.680		5	252.535
217.680		5	257.317

Dari hasil tegangan yang terjadi dengan analisa program Abaqus pada salah satu benda uji, yaitu Tipe Rectangular dengan panjang sisi 87,38 mm akan diperbandingkan antara yang tidak menggunakan stiffening bars dengan yang menggunakan stiffening bars sebagai pengaku. Berikut grafik yang menunjukkan perbedaan terhadap kolom CFT tanpa dan dengan stiffening bars sebagai pengaku :



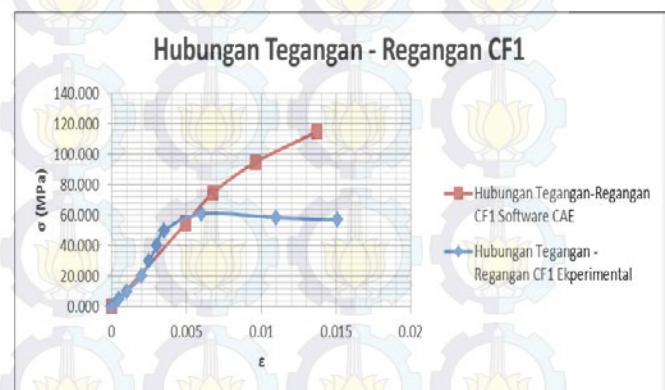
Grafik perbandingan hubungan beban – tegangan pada benda uji CFT tanpa dan dengan stiffening bar

Dari grafik perbandingan hubungan beban-tegangan diatas, terlihat bahwa kolom CFT dengan menggunakan stiffening bars mampu menerima beban lebih besar dengan hasil tegangan yang hampir sama dengan kolom CFT tanpa menggunakan stiffening bars. Dapat diambil kesimpulan bahwa kolom CFT dengan menggunakan stiffening bars

memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan kolom CFT tanpa stiffening bars. Sehingga lebih efisien bila menggunakan kolom CFT dengan stiffening bars untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan yang lebih besar.

Verifikasi Perilaku CFT Menggunakan Software CAE Dengan Hasil Eksperimental [2]

Dari hasil analisa perilaku kolom CFT dengan menggunakan program Abaqus akan diperbandingkan dengan hasil perilaku kolom CFT berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh Baig, Jiansheng dan Jianguo. Berikut merupakan salah satu contoh grafik perbandingan perilaku kolom CFT menggunakan program bantu software CAE dengan pengujian



Grafik perbandingan hubungan tegangan-lendutan pada benda uji CFT hasil analisa software CAE dengan hasil pengujian

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa analisa perilaku kolom CFT hasil program bantu Software CAE memiliki tegangan yang semakin meningkat dibandingkan dengan hasil pengujian. Selain itu, pada hasil pengujian regangan yang terjadi semakin besar dengan tegangan yang semakin menurun yang mungkin dikarenakan baja telah mengalami kondisi plastis (mencapai batasnya). Sedangkan pada hasil program Abaqus, regangan semakin besar diimbangi dengan tegangan yang semakin besar pula. Dapat disimpulkan bahwa pada analisa perilaku kolom CFT menggunakan program bantu software CAE kolom CFT berdeformasi dengan tegangan yang lebih besar dari hasil pengujian. Hal ini mungkin disebabkan karena mutu baja atau beton yang lebih rendah pada benda uji hasil pengujian atau karena adanya perbedaan asumsi permodelan yang dilakukan dengan program bantu software CAE

5) Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan kontrol penampang yang telah dilakukan secara manual, untuk *CFT* tipe *circular* dan *rectangular* telah memenuhi persyaratan untuk suatu kolom komposit dilihat dari kontrol luas penampang minimum profil baja yang hasilnya lebih dari 4%.
2. Dari hasil perhitungan kontrol penampang didapatkan hasil kuat aksial nominal dari software kontrol penampang lebih besar dibandingkan dengan kuat aksial nominal hasil perhitungan manual, sebagai contoh untuk tipe *circular* dengan diameter 111,25 mm kuat aksial nominal dengan perhitungan manual sebesar 421,42 kN sedangkan hasil dari program bantu software kontrol penampang sebesar 431,1 kN.
3. Dari hasil perhitungan kontrol penampang didapatkan hasil kuat aksial nominal untuk *CFT* tipe *circular* lebih besar daripada *CFT* tipe *rectangular*, sebagai contoh kuat aksial nominal untuk tipe *circular* diameter 111,25 mm diperoleh sebesar 431,1 kN dengan program bantu software kontrol penampang sedangkan tipe *rectangular* dengan panjang sisi 87,38 mm didapat kuat aksial nominal sebesar 382,4 Kn dengan presentase selisih sebesar 2,297 %
4. Dari hasil analisa perilaku kolom CFT dengan menggunakan software CAE tegangan terbesar yang terjadi adalah 282,289 MPa pada benda uji tipe *rectangular* dengan panjang sisi 125,66 mm. sedangkan regangan terbesar yang terjadi adalah 0,028 pada benda uji *rectangular* dengan panjang sisi 125,66 mm.
5. Dengan menganalisa perilaku pada kolom CFT tipe *circular* dan *rectangular* dengan menggunakan software CAE yang kemudian dibebani beban yang lebih besar dari beban pengujian yang telah dilakukan akan menghasilkan tegangan dan regangan yang lebih besar pula.
6. Dengan adanya stiffening bars pada kolom CFT meningkatkan kekuatan dapat dilihat dari hasil abaqus dimana pada kolom CFT tipe *circular* diameter 111,25 mm tanpa menggunakan stiffening bars sudah mengalami penurunan tegangan menjadi 274,916 MPa pada penambahan beban 60 N/mm² dari beban test, sedangkan kolom CFT dengan diberi stiffening bars baru memiliki tegangan sebesar 236,909 MPa.

6) Saran

1. Analisis dengan menggunakan software CAE perlu dilakukan dengan tingkat yang lebih lanjut, terlebih mengenai permodelan pemasangan stiffening bars pada kolom CFT.
2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan dimensi kolom CFT yang sebenarnya di lapangan dalam permodelan dengan software CAE.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Giakoumelis G, Lam D. Axial capacity of circular concrete-filled tube columns. *Journal of Constructional Steel Research*, 2004, **60**(7): 1049-1068.
- [2] Baig M N, Jiansheng FAN, Jianguo NIE. Strength of Concrete Filled Steel Tubular Columns. *Journal of Department of Civil Engineering Tsianghua University*, 2006. Beijing 100084, China.
- [3] Setiawan, Agus.2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Jakarta: Erlangga.