

Analisa Perbandingan Kolom Komposit *Inside Steel* dan *Outside Steel* Terhadap Kapasitas Tahanan Aksial dan Momen

Jaka Propika¹, Dita Kamarul Fitriyah², Yanisfa Septiarsilia³

^{1,2,3} Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya – Jl. Arif Rahman Hakim No.100

*e-mail corresponding author : jakapropika@gmail.com. - 081252887733

ABSTRAK

Penggunaan kolom komposit telah banyak digunakan di berbagai bangunan tinggi. Dan pada umumnya, Kolom komposit dibagi menjadi 2 macam, yaitu kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* dengan struktur baja terbungkus oleh beton disebut dengan kolom *inside steel* atau bisa saja disebut *Concrete Encased Column*. Sedangkan untuk baja yang berisi beton disebut dengan kolom *outside steel* atau juga disebut *Concrete Filled Column*. Penggunaan struktur kolom komposit *outside steel* sebagai kolom utama dalam mendukung beban lateral pada struktur rangka bangunan belum lazim digunakan dalam perkembangan konstruksi saat ini. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa kekuatan dari 2 macam kolom komposit agar diketahui jenis kolom komposit yang paling efektif dan memiliki kekuatan paling tinggi. Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual pada kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* yang berbentuk kotak, sedangkan untuk perhitungan dengan menggunakan program CSICOL dilakukan pada seluruh kolom komposit. Hasil nilai ϕP_n dan ϕM_n kemudian dibandingkan antara perhitungan manual dengan program CSICOL. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kemampuan kolom komposit *outside steel* lebih baik dibandingkan kolom komposit *inside steel* dengan menggunakan standar volume dari ukuran kolom komposit *inside steel* kotak 400x400 mm. Kolom komposit *outside steel* berbentuk bundar dengan diameter 431 mm lebih unggul sebesar 17 % dalam menahan gaya aksial nominal (ϕP_n) dibandingkan semua tipe kolom komposit yang lain. Sedangkan kolom komposit *outside steel* berbentuk kotak dengan ukuran 405.70x405.70 mm lebih unggul menahan momen nominal (ϕM_n) sebesar 10,5 % dibandingkan semua tipe kolom komposit yang lain.

Kata kunci : kolom komposit; *inside steel* (concrete-encased column); *outside steel* (concrete-filled column).

ABSTRACT

The use of composite columns has been widely used in various high-rise buildings. Composite columns are generally divided into two types: composite columns *inside steel* and *outside steel* columns with a steel structure wrapped in concrete called an *inside steel column* (concrete encased column), while steel containing concrete is called an *outside steel column* (concrete-filled column). The use of a composite column structure *outside steel* as the main column in supporting lateral loads in the building frame structure is not yet commonly used in current construction developments. Therefore, it is necessary to consider the strengths of 2 types of composite columns to know which type of composite column is the most effective and has the highest strength. Calculations are performed using manual calculations on composite columns *inside steel* and *outside steel* in the form of a box, while calculations using the CSiCOL program are carried out on all composite columns. The results of the ϕP_n and ϕM_n values are then compared between manual calculations and the CSiCOL program. The calculation results show that the composite *outside steel* column's ability is better than the *inside steel* composite column by using a standard volume from the size of the composite column *inside steel* box 400x400 mm. The round composite *outside steel* column with a 431 mm diameter is 17% superior in withstanding nominal axial force (ϕP_n) than all other composite column types. While the *outside steel* composite column in the form of a box with a size of 405.70x405.70 mm is superior to withstand the little moment (ϕM_n) by 10.5% compared to all other types of composite columns.

Keywords : composite column; *inside steel* (concrete-encased column); *outside steel* (concrete-filled column).

1. PENDAHULUAN

Kolom komposit adalah kolom yang menggunakan gabungan dua material atau lebih. Pada saat ini penggunaan kolom komposit dengan material beton bertulang (komposit beton dan baja tulangan) telah banyak digunakan di berbagai bangunan tinggi[1]. Selain kolom beton bertulang, terdapat kolom komposit dengan penambahan material baja profil, yang dibagi menjadi dua macam yaitu kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* dimana bagian kolom dengan struktur baja terbungkus oleh beton dinamakan dengan kolom *inside steel (concrete encased column)* sedangkan untuk baja yang berisi beton dinamakan kolom *outside steel (concrete filled column)*[2].

Terdapat dua peraturan yang mengatur tentang kolom komposit di Amerika, yaitu peraturan beton ACI 318 dan peraturan baja AISC LRFD. Kedua peraturan ini mempunyai cara yang berbeda dalam menghitung kekuatan kolom komposit. Perbedaan tersebut dikarenakan dasar yang digunakan adalah berbeda, ACI 318 mengenalkan dasar beton, sedangkan AISC LRFD melihatnya dengan dasar baja. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan perhitungan kapasitas kolom dengan peraturan ACI 318 lebih akurat dibandingkan dengan AISC LRFD dan juga dalam ACI 318 tidak ada perbandingan luas penampang kolom dengan luas baja[3].

Penggunaan struktur kolom komposit *outside steel* sebagai kolom utama dalam mendukung beban lateral pada struktur rangka bangunan belum lazim dalam perkembangan konstruksi saat ini[4]. Oleh karena itu dilakukan perhitungan terhadap kekuatan masing - masing jenis kolom komposit sehingga hasil yang diperoleh

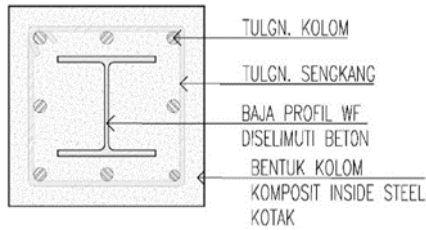
menunjukkan jenis kolom komposit yang paling efektif dan memiliki kekuatan paling tinggi, sehingga penggunaannya pada konstruksi dapat dinilai sebagai pemilihan yang tepat[5].

2. METODE PENELITIAN

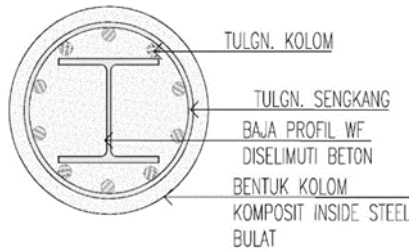
Elemen struktur komposit baja dan beton merupakan struktur yang terdiri dari 2 material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Komposit baja dengan beton didasarkan pada pemikiran bahwa beton mempunyai perilaku yang menguntungkan ketika menerima beban tekan dan perilaku yang kurang menguntungkan ketika menerima beban tarik. Sedangkan baja mempunyai kemampuan bahan yang sama baik untuk beban tarik dan tekan tetapi harus diwaspadai terhadap bahaya tekuk ketika menerima beban tekan. Oleh karena itu, struktur komposit dengan kolom komposit mulai banyak digunakan di luar negeri. Berdasarkan SNI 03-1729-2002 Pasal 12, Jenis kolom komposit terdiri dari dua macam[6], yaitu :

1. Kolom komposit terbungkus beton adalah kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekeliling (kolom baja berselubung beton) Kolom ini dapat dinamakan kolom komposit *Inside Steel (Concrete encased column)* yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

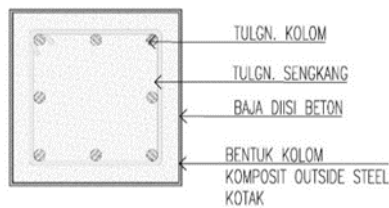
2. Kolom komposit terisi beton adalah kolom komposit yang terbuat dari penampang baja berongga dan diisi beton didalamnya (kolom baja berisikan beton). Kolom ini dapat dinamakan kolom komposit *Outside Steel (Concrete filled column)* yang dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 1. Kolom Komposit *Inside Steel* Kotak



Gambar 2. Kolom Komposit *Inside Steel* Bundar



Gambar 3. Kolom Komposit *Outside Steel* Kotak



Gambar 4. Kolom Komposit *Outside Steel* Bundar

Beton dan baja dianggap sebagai satu kesatuan dalam kolom yang dibebani dengan beban aksial. Kapasitas beban aksial maksimum yang dapat dihitung. Sesuai dengan desain beban aksial maksimum pada komponen struktur non-prategang dengan tulangan pengikat (termasuk kolom bersengkang) [7]:

$$\phi P_n(\max) = 0,80 \phi (0,85 f_c \times (A_g - A_s) + A_s x f_y) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

A_c = Luas beton , inchi² (mm²).

A_s = Luas penampang baja, inchi² (mm²).

f_y = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari penampang baja, ksi (Mpa).

f_c = Kuat tekan minimum beton, ksi (Mpa).

Momen lentur pada kolom terjadi saat adanya beban aksial yang menekan kolom ditambah dengan bertambahnya eksentrisitas. Semakin besar bertambahnya eksentrisitas pada kolom dapat menyebabkan keruntuhan terjadi akibat tulangan meleleh sebelum hancurnya beton.

Menurut Nawy (1985), momen tahan nominal M_n yaitu sebesar P_{ne} dapat diperoleh dengan menuliskan keseimbangan momen terhadap pusat plastis penampang, Untuk kolom uang penulangannya simetris, pusat plastisnya sama dengan pusat geometrisnya.

$$M_n = P_{ne} = C_c \cdot y + \sum F_s \cdot (y_a - y_i) + \sum F_r \cdot (y_a - y_i) \dots \dots \dots (2)$$

Maka dari persamaan 1 dan 2 menurut Nawy dapat juga ditulis sebagai :

$$P_n = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_b + A_s' \cdot f_s' + A_s r' \cdot f_r' - A_s \cdot f_s + A_s r \cdot f_r \dots \dots \dots (3)$$

$$M_n = P_{ne} = 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a_b \cdot (y) + A_s' \cdot f_s' \cdot (y_a - y_i) + A_s r' \cdot f_r' \cdot (y_a - y_i) - A_s \cdot f_s \cdot (y_a - y_i) + A_s r \cdot f_r \cdot (y_a - y_i) \dots \dots \dots (4)$$

Material beton dalam kolom beton bertulang maupun kolom komposit akan meningkat kekuatannya apabila dilakukan pengekangan yang cukup terhadap kolom tersebut [8]. Berikut rumus perhitungannya [9] :

$$f_{cc} = 0,85 f_c + 4 f_{rp} \dots \dots \dots (5)$$

$$f_{rp} = \beta \cdot 2t / (D - 2t) \cdot f_y \dots \dots \dots (6)$$

$$\beta = v_e - v_s \dots \dots \dots (7)$$

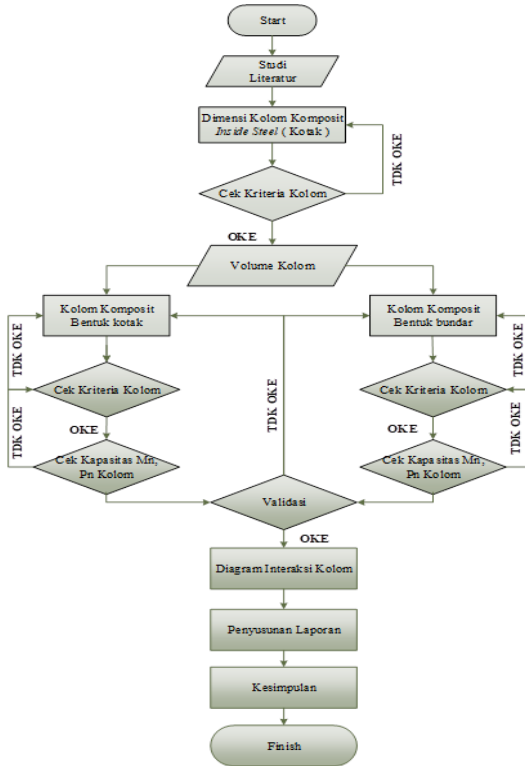
$$v_e = 0,2312 + 0,3582 v_e - 0,1524 (f_c / f_y) + 4,843 v_e (f_c / f_y) - 9,169 (f_c / f_y)^2 \dots \dots \dots (8)$$

$$v_e = 0,881 \times 10^{-6} (D/t)^3 + 2,58 \times 10^{-4} (D/t)^2 + 1,953 \times 10^{-2} (D/t) + 0,4011 \dots \dots \dots (9)$$

Diagram interaksi kolom dibuat dengan pertolongan dua buah sumbu (yaitu sumbu vertikal dan sumbu horizontal) yang saling berpotongan dan tegak lurus semuanya. Sumbu vertikal menggambarkan besar beban aksial P atau gaya normal N, sedangkan sumbu horizontal menggambarkan besar momen lentur M yang dapat ditahan oleh kolom [10].

3. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang akan dilakukan, sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Urutan Penelitian

2.1. Pengumpulan Data.

Data – data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

- Mutu Beton Kolom (fc’) : 40 Mpa
- Mutu Baja Tulangan : BJTP (fyr); 300 Mpa untuk notasi Ø. BJTD (fyr): 300 Mpa untuk notasi D.
- Mutu Baja (fy): 300 Mpa.

Dimensi Kolom Komposit *Inside Steel* (Kotak) b x h (panjang x lebar) : 400 x 400 (mm).

- Rasio : Luas Penampang profil baja minimal sebesar 1 % dari luas penampang komposit total (As ≥ 1 % Ag).
- Rasio tulangan kolom adalah 1 %.
- Syarat jarak sengkang/ pengikat lateral : 2/3 x b (atau h) > 250 mm.
- Luas tulangan longitudinal : 1/4 x π x D² > 0,18 x (jarak antar tulangan).
- Luas tulangan sengkang: 1/4 x π x D² > 0,18 x 250 mm.

2.2. Cek Kriteria Kolom Komposit Inside & Outside Steel.

Pengecekan tersebut meliputi cek penampang kolom, cek rasio baja dan tulangan, cek tulangan longitudinal serta syarat lainnya. Setelah dilakukan pengecekan, jika dimensi tersebut telah sesuai dengan ketentuan yang berlaku maka dilanjutkan untuk perhitungan kapasitas kolom.

2.3. Perhitungan Manual Kapasitas Aksial Tekan, Tarik, Momen Komposit Inside & Outside Steel (Kotak).

Perhitungan kapasitas kolom komposit yang dibandingkan adalah untuk mencari nilai dari gaya aksial tekan, tarik dan momen yang kemudian dikalikan dengan angka koefisien reduksi untuk mendapatkan nilai gaya aksial (ϕP_n) dan momen nominal (ϕM_n) kolom komposit. Perhitungan kapasitas kolom secara manual hanya dilakukan pada kolom komposit *inside steel*, *outside steel* (dengan fcc) dan *outsite steel* (tanpa fcc) yang berbentuk kotak. Sedangkan kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* yang berbentuk bundar, perhitungannya dilakukan dengan program.

2.4. Perhitungan Kapasitas Aksial Tekan, Tarik, Momen Komposit Inside & Outside Steel (Bundar) dengan Program Finite Element.

Perhitungan kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* dengan menggunakan bantuan program *finite element*.

2.5. Validasi Perhitungan Manual dengan Program pada Kolom Komposit Inside & Outside Steel yang dibandingkan.

Hasil yang didapatkan (gaya aksial nominal (ϕP_n), momen nominal (ϕM_n), diagram interaksi dari hasil perhitungan manual dan program *finite element*) selanjutnya dilakukan pengecekan untuk masing – masing nilai, dimana hasil dari perhitungan manual sudah sama/hampir mendekati dengan hasil *running* program.

Nilai dari gaya aksial nominal (ϕP_n) dan momen nominal (ϕM_n) perhitungan tersebut kemudian dicari presentasi tingkat perbedaan dengan perhitungan program

CSICOL. Jika nilai perhitungan dianggap mendekati hasil dari *running* program maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya, jika tidak, maka perlu dilakukan analisa kembali terhadap perhitungan manual ataupun program *finite element*. Diagram interaksi pada seluruh kolom komposit *inside steel* dan *outside steel* yang dibandingkan disuperimpose menjadi satu agar mempermudah dan mengetahui kapasitas kolom komposit yang paling besar dibandingkan dengan yang lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

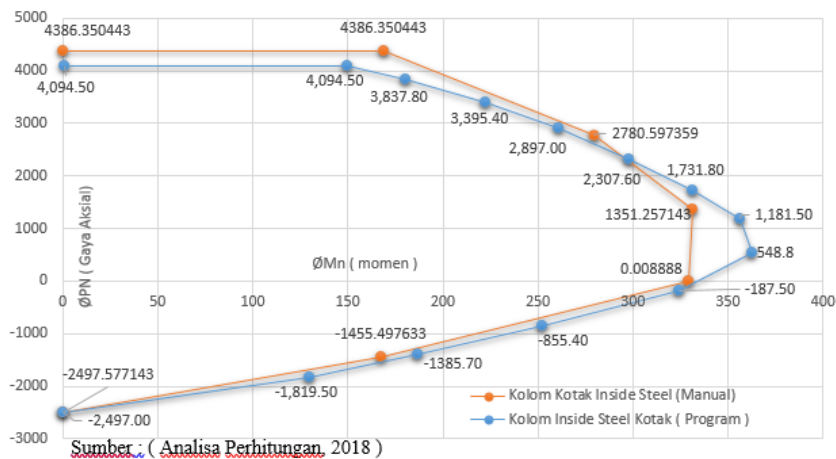
Perhitungan kapasitas gaya aksial dan momen kolom komposit dilakukan secara bertahap, mulai dari perhitungan gaya dalam yang terjadi pada beton, hingga didapatkan reaksi gaya, sampai tahap analisis perbandingan pada diagram interaksi kolom komposit.

a) Nilai ϕP_n dan ϕM_n Kolom Komposit Inside Steel (Kotak).

Hasil dari perhitungan gaya aksial nominal dan momen nominal pada kolom komposit *inside* berbentuk kotak dapat dilihat pada Tabel 1, kemudian perbedaan gambar diagram interkasinya dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 1. Perbandingan Nilai ϕP_n dan ϕM_n kolom komposit *inside steel* (kotak) manual dan program CSICOL

Keterangan	Kolom Komposit Inside Steel (Kotak)					
	Manual		Program		Presentasi Perbedaan	
	Pn kN	Mn kNm	Pn kN	Mn kNm	%	%
ϕP_n tekan maksimal	4386	0	4095	0	3.4	0.0
ϕP_n tekan	4386	169	4095	150	3.4	3.3
$\phi P_n, Mn$ <i>balanced</i>	2781	279	2897	261	2.1	3.3
ϕP_n tarik maksimal	2498	0	2497	0	0.0	0.0



Gambar 6. Superimpose Diagram interaksi kolom komposit *Inside steel* (kotak) manual dan program CSICOL komposit *Outside Steel* (Kotak)

Pada perbandingan kolom komposit inside steel berbentuk kotak pada Tabel 1 dan Gambar 6 terdapat perbedaan nilai dimana pada hasil gaya aksial nominal (ØPn) sebesar 2,2361 %, nilai momen nominal (ØMn) sebesar 1,6586 %. Hal dikarenakan pemakaia nilai f_c (kuat tekan beton) yang digunakan pada perhitungan manual adalah nilai f_c awal sedangkan pada program CSiCOL telah memakai f_{cc} yang memperhitungkan kekuatan pengekangan sengkang.

Hasil dari perhitungan gaya aksial nominal dan momen nominal pada kolom komposit inside berbentuk kotak dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3, kemudian perbedaan gambar diagram interkasinya dapat dilihat pada Gambar 7.

Pada perbandingan kolom komposit outside steel berbentuk kotak dalam perhitungan manual dengan f_c dan program CSiCOL terdapat perbedaan nilai dimana pada hasil gaya aksial nominal (ØPn) sebesar 11,1741 %, nilai momen nominal (ØMn) sebesar 6,7008 % .

Tabel 2. Perbandingan nilai ØPn dan ØMn kolom komposit *outside steel* (kotak) manual dan program CSiCOL f_c .

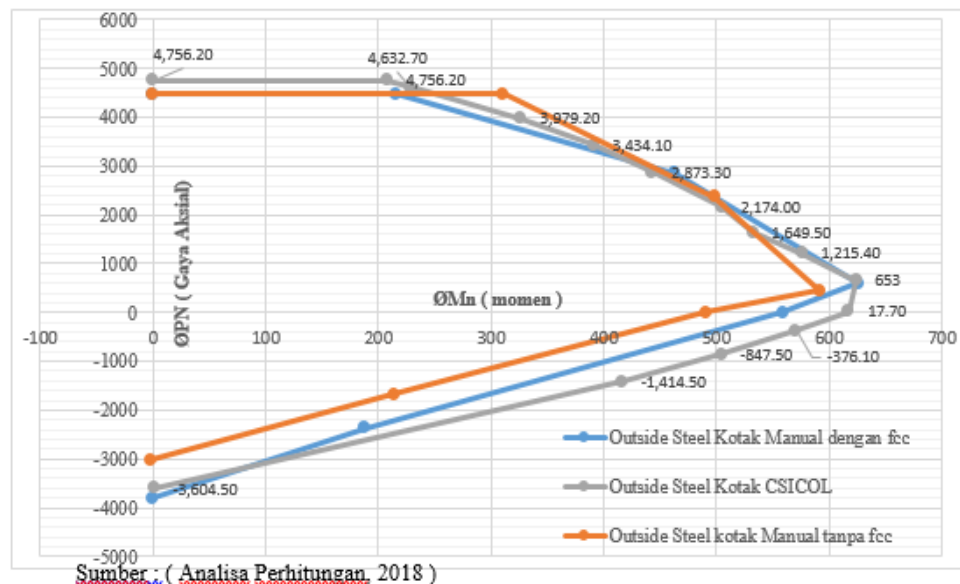
Keterangan	Kolom Komposit Inside Steel (Kotak)					
	Manual		Program		Presentasi Perbedaan	
	Pn	Mn	Pn	Mn		
	kN	kNm	kN	kNm	%	%
ØPn tekan maksimal	4484	0.0	4756	0.0	5.7	0.0
ØPn tekan	4484	311	4756	208	5.7	20
ØPn ,Mn <i>balanced</i>	2380	498	2873	443	17	5.9
ØPn tarik maksimal	-	0.0	-	0.7	16	1.0
	3026		3605			

Sumber : analisa Perhitungan, 2018

Tabel 3. Perbandingan nilai $\varnothing P_n$ dan $\varnothing M_n$ kolom komposit outside steel (kotak) manual dan program CSICOL (fcc).

Keterangan	Kolom Komposit Inside Steel (Kotak)					
	Manual		Program		Presentasi	
	P_n	M_n	P_n	M_n	Perbedaan %	%
	kN	kNm	kN	kNm		
$\varnothing P_n$ tekan maksimal	4484	0.0	4756	0.0	5.7	0.0
$\varnothing P_n$ tekan	4484	311	4756	208	5.7	20
$\varnothing P_n, M_n$ <i>balanced</i>	2380	498	2873	443	17	5.9
$\varnothing P_n$ tarik maksimal	3026	0.0	3605	0.7	16	1.0

Sumber : analisa Perhitungan, 2018



Gambar 7. Superimpose Diagram interaksi kolom komposit *outside steel* (kotak) manual & program CSiCOL

Sedangkan pada perhitungan manual dengan fcc dan program CSiCOL terdapat perbedaan nilai dimana pada hasil gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) sebesar 4,5410 %, nilai momen nominal ($\varnothing M_n$) sebesar 1,2784 %. Perbedaan pada nilai perbandingan kolom komposit outside steel berbentuk kotak dimana perhitungan manualnya menggunakan fc ataupun fcc serta program CSiCOL menunjukkan nilai perbedaan yang disebabkan akibat memperhitungkan kekuatan pengekangan sengkang.

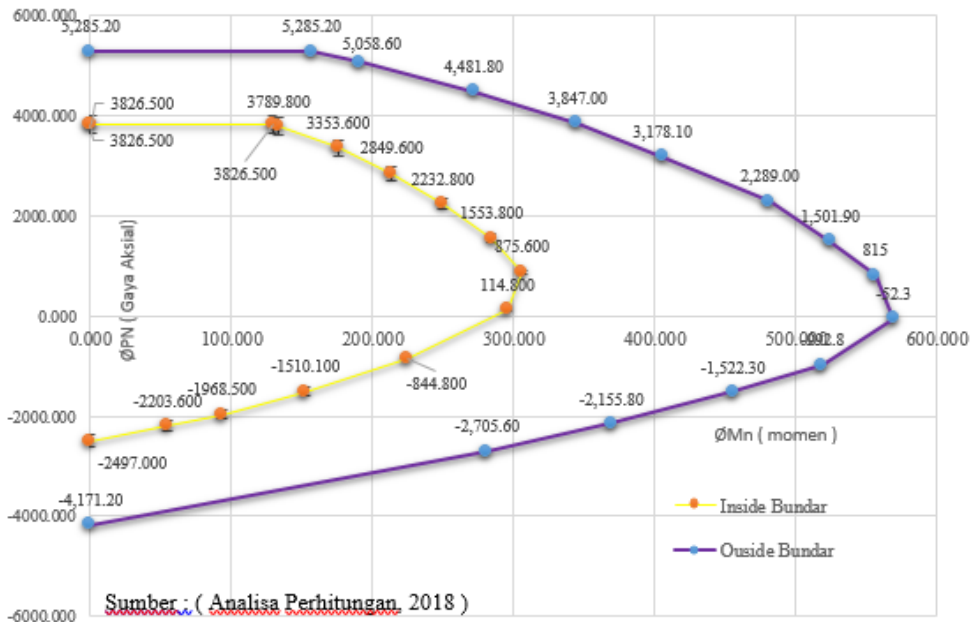
c) Perbandingan Nilai $\varnothing P_n$ dan $\varnothing M_n$ Kolom Komposit Inside dan Outside Steel (Bundar).

Hasil perhitungan gaya aksial momen nominal menggunakan program pada kolom komposit *inside* dan *outside steel* yang berbentuk bundar untuk mengetahui nilai perbedaannya, dimana nilai yang ditinjau terdiri dari 15 titik yang dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 8.

Tabel 4. Perbandingan nilai $\emptyset P_n$ dan $\emptyset M_n$ kolom komposit *inside* dan *outside steel* bundar pada program CSiCOL

Kolom <i>Inside Steel</i> (Bundar)		Kolom <i>Outside Steel</i> (Bundar)		Presentasi Perbedaan	
Program CSISOL					
Pn	Mn	Pn	Mn	Pn	Mn
kN	kNm	kN	kNm	%	%
3827	0.0	5285	0.0	27.6	0.0
3827	0.5	5285	157	27.6	99.7
3827	129	5059	191	24.4	32.4
3790	133	4482	272	15.4	50.9
3354	176	3847	345	12.8	49.1
2850	213	3178	405	10.3	47.3
2233	250	2289	481	2.5	48.2
1554	284	1501	524	3.3	45.8
876	306	815	556	6.9	45.0
115	295	52.3	569	54.4	48.1
845	225	993	519	14.9	56.7
1510	152	1522	455	0.8	66.5
1969	93	2156	369	8.7	74.8
2204	54.6	2706	281	18.6	80.6
2497	0	4171	0	40.1	0
Nilai perbedaan $\emptyset P_n$ (Gaya Aksial)				17.9	
Nilai perbedaan $\emptyset P_n$ (Momen)				49.7	

Sumber : analisa Perhitungan, 2018



Sumber : (Analisa Perhitungan, 2018)

Gambar 8. Superimpose Diagram interaksi kolom komposit *inside steel* (bundar) dan *outside steel* (bundar) CSiCOL

Tabel 5. Perbandingan nilai $\varnothing P_n$ seluruh kolom komposit *inside* dan *outside steel* kotak.

Keterangan	Gaya Aksial Nominal ($\varnothing P_n$) Kolom Komposit				
	<i>Inside Steel</i> Kotak		<i>Outside Steel</i> Kotak		
	Manual	CSiCOL	Manual f_c	Manual f_{cc}	CSiCOL
	P_n	P_n	P_n	P_n	P_n
	kN	kN	kN	kN	kN
$\varnothing P_n$ tekan maksimal	4386.4	4094.5	4483.6	4473.3	4756.2
$\varnothing P_n$ tekan	4386.4	4094.5	4483.6	4473.3	4756.2
$\varnothing P_n$, M_n <i>balanced</i>	2780.6	2897.0	2379.5	2850.8	2873.3
$\varnothing P_n$ tarik maksimal	2497.6	2497.0	3026.0	3802.2	3604.5

Sumber : Analisa Perhitungan, 2018

Pada perbandingan kolom komposit *inside* dan *outside steel* berbentuk bundar dalam perhitungan program CSiCOL terdapat perbedaan besarnya hasil gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) sebesar 17,8937 %, nilai momen nominal ($\varnothing M_n$) sebesar 49,6801 % dan Hal ini menunjukkan jika kekuatan dari kolom komposit *outside steel* bundar lebih besar dibandingkan kolom komposit *inside steel* bundar.

Seluruh perhitungan kapasitas gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) dan momen nominal ($\varnothing M_n$) yang telah dikerjakan baik secara

manual ataupun program kemudian dianalisa perbedaannya yang dapat dilihat pada Tabel 5, 6, 7 dan 8.

d) Perbandingan Seluruh Kolom Komposit *Inside* dan *Outside Steel*.

Pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) yang dimiliki Kolom Komposit *Outside Steel* berbentuk bundar (warna kuning) yang paling besar diantara yang lain, dengan rata – rata perbedaan 17.1 % dibandingkan kolom komposit yang lain.

Tabel 6. Perbandingan nilai $\varnothing P_n$ seluruh kolom komposit *inside* dan *outside steel* bundar.

Ket	Gaya Aksial Nominal ($\varnothing P_n$) Kolom Komposit	
	<i>Inside Steel</i> Bundar	<i>Outside Steel</i> Bundar
	CSiCOL	CSiCOL
	P_n	P_n
	kN	kN
$\varnothing P_n$ tekan maksimal	3826.5	5285.2
$\varnothing P_n$ tekan	3826.5	5285.2
$\varnothing P_n$, M_n <i>balanced</i>	2232.8	2289.0
$\varnothing P_n$ tarik maksimal	2497.0	4171.2

Sumber : analisa Perhitungan, 2018

Tabel 7. Perbandingan nilai ϕM_n seluruh kolom komposit *inside* dan *outside steel* kotak.

Ket	Gaya Aksial Nominal (ϕP_n) Kolom Komposit				
	<i>Inside Steel</i> Kotak		<i>Outside Steel</i> Kotak		
	Manual	CSiCOL	Manual fc	Manual fcc	CSiCOL
	Mn	Mn	Mn	Mn	Mn
	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m	kN.m
ϕP_n tekan maksimal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ϕP_n tekan	168.7	149.5	310.9	215.5	207.6
ϕP_n ,Mn <i>balanced</i>	279.2	261.1	498.4	463.4	443.0
ϕP_n tarik maksimal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7

Sumber : analisa Perhitungan, 2018

Tabel 8. Perbandingan nilai ϕM_n seluruh kolom komposit *inside* dan *outside steel* bundar.

Ket	Gaya Aksial Nominal (ϕP_n) Kolom Komposit	
	<i>Inside Steel</i> Bundar	<i>Outside Steel</i> Bundar
	CSiCOL	CSiCOL
	Mn	Mn
	kN.m	kN.m
ϕP_n tekan maksimal	0.0	0.0
ϕP_n tekan	129.0	156.5
ϕP_n ,Mn <i>balanced</i>	249.5	481.3
ϕP_n tarik maksimal	0.0	0.0

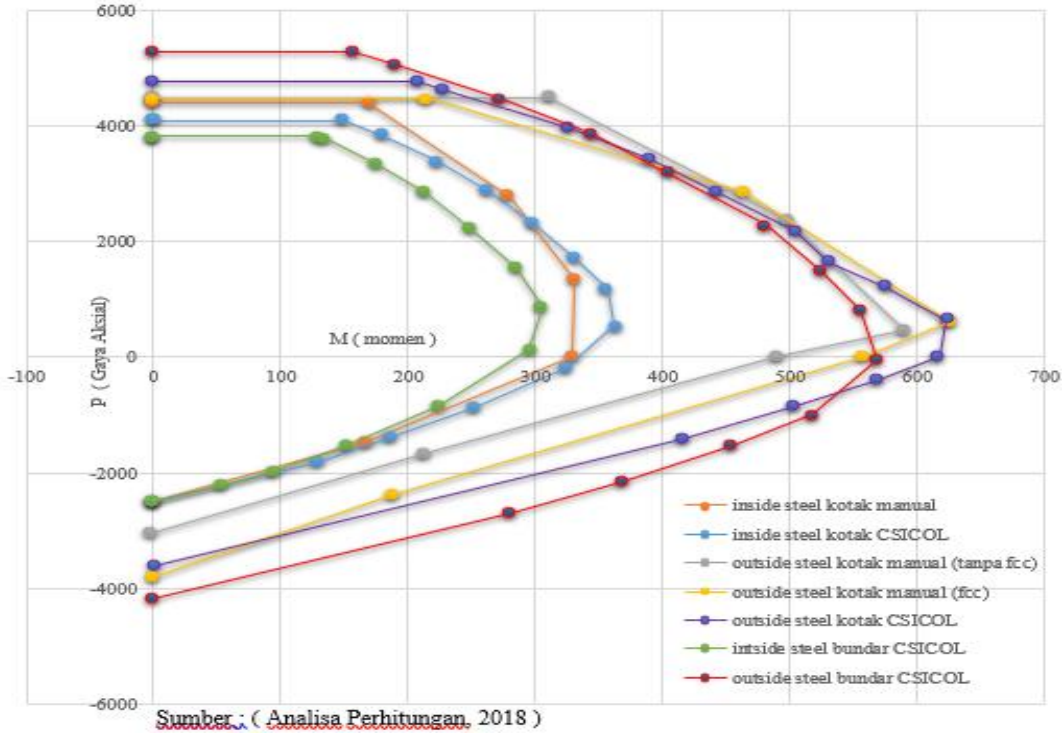
Sumber : Analisa Perhitungan, 2018

Tabel 9. Perbandingan nilai ϕP_n dan ϕM_n pada kolom komposit *outside steel* kotak dan bundar.

Kolom <i>Outside Steel</i> Kotak		Kolom <i>Outside Steel</i> Bundar		Presentasi Perbedaan	
Program		Program		Pn	Mn
Pn	Mn	Pn	Mn	Pn	Mn
kN	kNm	kN	kNm	%	%
4756.2	0.0	5285.2	0.0	10.0	0.0
4756.2	207.6	5285.2	156.5	10.0	24.6
4632.7	227.5	5058.6	190.8	8.4	16.1
3979.2	326.6	4481.8	271.5	11.2	16.9
3434.1	390.6	3847.0	345.1	10.7	11.6
2873.3	443.0	3178.1	405.3	9.6	8.5
2174.0	504.6	2289.0	481.3	5.0	4.6
1649.5	531.9	1501.9	524.2	8.9	1.4
1215.4	575.8	815.0	556.0	32.9	3.4

653.0	623.7	52.3	569.0	92.0	8.8
17.7	617.3	992.8	518.7	98.2	16.0
376.1	570.2	1522.3	455.2	75.3	20.2
847.5	504.1	2155.8	369.1	60.7	26.8
1414.5	416.3	2705.6	281.0	47.7	32.5
3604.5	0.7	4171.2	0.0	13.6	0.0
Nilai Perbedaan $\varnothing P_n$				33.0	
Nilai Perbedaan $\varnothing M_n$				12.8	

Sumber : analisa Perhitungan, 2018



Gambar 8. Superimpose diagram interaksi seluruh kolom komposit *inside* dan *outside steel* yang dibandingkan.

Pada Tabel 7 dan Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai momen nominal ($\varnothing M_n$) yang dimiliki Kolom Komposit Outside Steel berbentuk kotak (warna hijau) yang paling besar diantara yang lain dengan presentasi perbedaan rata – rata lebih besar 10.5 % dibandingkan kolom komposit yang lain. Dari Tabel 5-9 dan Gambar 9 didapatkan bahwa kolom komposit outside steel lebih kuat dibandingkan kolom komposit inside steel karena memiliki nilai gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) dan momen nominal ($\varnothing M_n$)

lebih besar. Dari Tabel 7 menunjukkan bahwa kolom komposit outside steel yang berbentuk bundar lebih unggul dengan persentase 33% dalam gaya aksial nominal ($\varnothing P_n$) sedangkan kolom komposit outside steel yang berbentuk kotak lebih unggul pada momen nominal ($\varnothing M_n$) sebesar 12,8 %.outside steel berbentuk kotak lebih besar 12,8 % dari kolom komposit outside steel berbentuk kotak dan bundar.

4. KESIMPULAN

Dari nilai gaya aksial nominal (ϕP_n) dan momen nominal (ϕM_n) dengan standart ukuran volume kolom komposit inside steel kotak 400x400 (mm), menunjukkan bahwa kolom komposit type *outside steel* lebih unggul dibandingkan dengan kolom komposit *inside steel*. Dimana kolom komposit *outside steel* yang berbentuk bundar dengan diameter 431 mm, lebih unggul sebesar 17 % dalam menahan gaya aksial nominal (ϕP_n) dibandingkan semua type kolom komposit yang lain. Sedangkan kolom komposit *outside steel* berbentuk kotak dengan ukuran 405.70 x405.70 (mm) , lebih unggul menahan momen nominal (ϕM_n) sebesar 10,5 % dibandingkan semua type kolom komposit yang lain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Baja and K. K. Baja-beton, "Alfin Rico Simanjuntak 1 dan Johannes Tarigan 2 1," no. 1.
- [2] A. H. A. Al-razaq, "Analysis of Reinforced Concrete Columns Fitted Inside Steel Casings," *Kufa J. Eng.*, vol. 6, no. 1, 2015.
- [3] C. C. Weng and S. I. Yen, "Comparisons of concrete-encased composite column strength provisions of ACI code and AISC specification," *Eng. Struct.*, vol. 24, no. 1, pp. 59–72, 2002, doi: 10.1016/S0141-0296(01)00067-0.
- [4] T. Ishizawa and M. Iura, "Analysis of partially concrete-filled steel tubular columns subjected to cyclic loadings," *C. - Comput. Model. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 121–130, 2006, doi: 10.3970/cmcs.2006.011.121.
- [5] Y. Arfiadi, "Diagram Interaksi Perancangan Kolom Dengan Tulangan Pada Empat Sisi Berdasarkan Sni 2847:2013 Dan Aci 318M-11," *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 4, p. 268, 2017, doi: 10.24002/jts.v13i4.935.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum, "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung," *Standar Nas. Indones.*, 2002.
- [7] 2847:2013 SNI, "Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Bandung Badan Stand. Indones.*, pp. 1–265, 2013.
- [8] D. T. Sipil, U. S. Utara, S. Pengajar, and D. Teknik, "Analisis Kekuatan Lentur Dan Daktilitas Pada Penampang Kolom Beton Bertulang, Kolom Baja Dan Kolom Composite Dengan Software 'Xtract' Rudy Tiara 1 , Sanci Barus 2," no. 1. .
- [9] K. A. S. Susantha, H. Ge, and T. Usami, "Uniaxial stress-strain relationship of concrete confined by various shaped steel tubes," *Eng. Struct.*, vol. 23, no. 10, pp. 1331–1347, 2001, doi: 10.1016/S0141-0296(01)00020-7.
- [10] B. Tulangan and B. Gedung, "Baja tulangan Pada konstruksi jenis Ulir Dalam sPesiflkasi," *Budhi dharma*, pp. 40–48.