

Analisis Numerik Tekuk Kolom Variasi Penampang Profil Baja Tunggal

BIQI BANUSHA, ERMA DESIMALIANA

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: ermadesmaliana@itenas.ac.id

ABSTRAK

Permasalahan yang umumnya sering terjadi pada kolom bangunan yaitu deformasi tekuk. Deformasi tekuk dapat terjadi jika suatu kolom dibebani oleh gaya aksial tekan yang nilainya besar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan desain kolom dan membandingkan nilai beban tekuk dan faktor panjang tekuk, baik dengan menggunakan perhitungan AISC maupun pemodelan software ANSYS. Kolom dengan variasi penampang profil baja IWF, C, T, L, Hollow Square dan Hollow Pipe dan variasi kondisi tumpuan jepit-bebas dan jepit-sendiri; dimodelkan memiliki panjang 5 meter dan mutu baja BJ41. Berdasarkan hasil analisis tekuk elastis, nilai kekuatan desain terbesar yaitu 1.317,587 kN untuk penampang profil baja Hollow Square dengan kondisi tumpuan jepit-sendiri. Persentase terbesar perbandingan perhitungan AISC terhadap pemodelan software ANSYS untuk nilai beban tekuk yaitu 5,780% (tekuk lentur) dan 24,179% (tekuk torsi lentur) pada profil L serta 38,354% (tekuk torsi) pada profil IWF; sedangkan untuk nilai faktor panjang tekuk yaitu 2,926% pada profil L.

Kata kunci: deformasi tekuk, kekuatan desain, beban tekuk, faktor panjang tekuk

ABSTRACT

Generally, buckling deformation occurs in building columns and loaded by a large compressive axial force. This study aims to analyze the design strength of column and compare the buckling load and the buckling length factor, using both AISC and ANSYS software modeling. Columns with cross-sectional variations of IWF, C, T, L, Hollow Square and Hollow Pipe steel profiles and support variations of free-fixed and pinned-fixed; have 5-meters-length and BJ41 steel quality. Based on the elastic buckling analysis, the largest design strength is 1,317.587 kN for a Hollow Square steel profile section with a pinned-fixed support. The largest percentage of comparison between AISC calculations and ANSYS software modeling for buckling load is 5.780% (flexural buckling) and 24.179% (flexural torsional buckling) on the L profile and 38.354% (torsional buckling) on the IWF profile, while the buckling length factor is 2.926% in the L profile.

Keywords: buckling deformation, design strength, buckling load, buckling length factor

1. PENDAHULUAN

Bangunan biasanya terbuat baik dari material baja maupun beton, terdiri dari elemen-elemen struktural, seperti: pelat, balok, serta kolom. Setiap elemen ini mampu memikul gaya yang berbeda-beda, seperti: momen/lentur, lintang/geser dan normal dengan persentase yang berbeda pula. Pada umumnya, elemen struktur yang memikul gaya normal yaitu kolom. Gaya normal ini dapat berupa gaya normal tarik dan juga gaya normal tekan, sehingga terjadi tegangan. Kolom yang mengalami gaya aksial tekan akan mengalami deformasi berupa perpendekan, namun jika beban diperbesar maka akan terjadi bengkokan (deformasi tekuk) pada kolom tersebut. Untuk menghindari bahaya deformasi tekuk pada batang maka perlu diketahui nilai dari kekuatan desain (ϕP_n) kolom.

Kapasitas aksial penampang kolom baja (profil *wide flange* dan pipa dengan panjang 8,5 m dan perletakan ujung bawah sendi-sendi) berdasarkan SNI 1729:2015 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan hasil analisis DAM menggunakan *software* SAP2000 sesuai dengan hasil analisis tekuk elastis [5]. Semakin besar kelangsingan kolom baja, maka kapasitas aksial penampang kolom baja akan semakin mengecil. Perhitungan kapasitas nominal kolom berdasarkan SNI dipengaruhi oleh nilai tegangan kritis akibat koefisien tekuknya, sedangkan berdasarkan AISC dipengaruhi oleh nilai tegangan Euler akibat batas kondisi tekuk elastis atau inelastis [4].

Beban kritis maksimum kolom dari variasi penampang baja tunggal, tersusun, dan komposit yaitu terdapat pada penampang komposit dengan perletakan jepit-jepit [1]. Penampang komposit juga yang paling ekonomis apabila dibandingkan dengan kedua penampang lainnya, karena mampu memikul beban yang lebih besar dengan luas penampang yang lebih kecil. Nilai tegangan kritis maksimum kolom dari variasi penampang profil I tersusun dan X yaitu terdapat pada profil I tersusun dengan kondisi perletakan jepit-jepit [6].

Maka, akan dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisis perbandingan kekuatan desain kolom, nilai beban tekuk dan nilai faktor panjang tekuk terhadap variasi penampang kolom dan kondisi tumpuan, baik berdasarkan perhitungan AISC maupun pemodelan *software* ANSYS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deformasi Tekuk

Secara umum, tekuk (*buckling*) biasanya terjadi pada elemen struktur yang panjang, langsing dan dibebani oleh aksial tekan. Tekuk (*buckling*) ini sendiri adalah perubahan bentuk (deformasi) dari suatu komponen struktur di bawah beban, seperti penekukan kolom di bawah tekanan. Kegagalan tekuk seringkali terjadi pada kolom panjang, bukan pada kolom pendek. Jika kolom pendek diberi beban berlebihan maka akan mengalami kegagalan akibat hancurnya material, sedangkan kolom panjang kegagalannya ditentukan oleh pengaruh deformasi tekuk. Kolom panjang memiliki kekakuan yang lebih besar terhadap sumbu kuat dibandingkan dengan sumbu lemahnya, sehingga akan tertekuk terhadap sumbu lemah.

2.2 Material Baja

Sebagai material konstruksi, baja memiliki beberapa kelebihan diantaranya kekuatan yang tinggi, kuat menahan beban tarik, sifat yang seragam, cepat dalam pemasangan, memiliki daktilitas yang tinggi, mudah disambung baik menggunakan baut maupun las dan memungkinkan untuk penggunaan kembali setelah pembongkaran. Namun di sisi lain baja juga memiliki kekurangan seperti biaya pemeliharaan yang cukup tinggi, lemah terhadap beban tekan, rentan terhadap tekuk (*buckling*), berisiko mengalami keruntuhan getas,

kemungkinan terjadinya karat, tidak tahan api dan menurunnya kekuatan jika diberi beban siklis. Berdasarkan [3], tegangan leleh (F_y) dan tegangan tarik (F_u) harus memenuhi syarat-syarat mutu yang ada pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Tarik Minimum, F_u [MPa]	Tegangan Leleh Minimum, F_y [MPa]	Regangan Minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber: SNI 03-1729-2002)

Berdasarkan [3] pasal 5.1.3, sifat mekanis material baja lainnya antara lain:

Modulus elastisitas : $E = 200.000$ MPa
 Modulus geser : $G = 80.000$ MPa
 Angka poisson : $\mu = 0,3$
 Koefisien muai : $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ / $^{\circ}$ C

2.3 Panjang Efektif

Panjang efektif kolom merupakan panjang elemen struktur kolom dikalikan dengan faktor panjang tekuk (k). Nilai k diasumsikan tidak terjadi goyangan atau translasi pada kolom. Berdasarkan [3] pasal 7.6.3.1, nilai faktor panjang tekuk untuk beberapa kondisi tumpuan ditunjukkan pada **Gambar 1**.

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk						
Nilai ϵ_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai ϵ_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi idili	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung	<p>Jepit Sendi Roll tanpa putaran sudut Ujung bebas</p>					

Gambar 1. Faktor panjang tekuk untuk beberapa kondisi tumpuan (Sumber: SNI 03-1729-2002)

2.4 Klasifikasi Penampang

Klasifikasi penampang dibuat agar struktur bekerja secara optimal dan untuk menghindari terjadinya risiko tekuk lokal. Berdasarkan [2], elemen struktur yang dibebani oleh tekan aksial biasanya diklasifikasikan sebagai penampang tidak langsing dan penampang langsing. Untuk penampang tidak langsing, rasio lebar terhadap tebal elemen tekan lebih kecil dibandingkan

λ_r . Jika rasio lebar terhadap tebal elemen tekan lebih besar dibandingkan λ_r , maka diklasifikasikan sebagai penampang langsing.

2.5 Tekuk Elastis dan Inelastis

Nilai tegangan kritis (F_{cr}) tekuk elastis dan tekuk inelastis yang terdapat pada AISC 360-10 ditentukan dengan sebuah kondisi, yaitu sebagai berikut.

Tekuk elastis:

$$\frac{kL}{r_{min}} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \dots(1)$$

$$F_{cr} = 0,877 \cdot F_e \quad \dots(2)$$

Tekuk inelastis:

$$\frac{kL}{r_{min}} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \dots(3)$$

$$F_{cr} = (0,658^{F_y/F_e}) \cdot F_y \quad \dots(4)$$

keterangan:

- r_{min} = radius girasi minimum [mm],
 L = panjang kolom [mm],
 F_e = tegangan Euler [MPa].

2.6 Tegangan Tekuk

Jika elemen struktur kolom dibebani oleh aksial tekan, maka keseluruhan elemennya akan mengalami tekuk (bukan tekuk lokal) dan memungkinkan terjadinya 3 (tiga) macam potensi tekuk, yaitu:

1. Tekuk lentur, merupakan tekuk yang terjadi akibat tertekuknya batang terhadap sumbu utama atau sumbu yang memiliki radius girasi terkecil.
2. Tekuk torsi, merupakan tekuk yang terjadi akibat terpuntirnya batang terhadap sumbu longitudinal (sumbu sejajar beban).
3. Tekuk torsi lentur, merupakan tekuk yang terjadi pada batang yang terlentur dan terpuntir secara bersamaan.

2.7 Software ANSYS

ANSYS adalah perangkat lunak elemen hingga yang mampu menganalisis berbagai permasalahan (Tim Langlais, 1999) dan menyelesaikan persamaan diferensial dengan membaginya menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Pada mulanya, *software* ini dinamakan STASYS (*Structural Analysis System*), lalu berubah menjadi ANSYS, pertama kali ditemukan oleh Dr. John Swanson tahun 1970. Fokus utama *software* ANSYS yaitu sebagai perangkat lunak pemodelan elemen hingga yang bertujuan untuk memecahkan sejumlah permasalahan mekanik yang berbeda, meliputi: analisis struktur statis dan dinamis, baik *linear* maupun *nonlinear*, distribusi fluida dan panas, serta elektromagnetik dan ilmu bunyi. Teknologi mekanik ANSYS menyatukan struktur dan material *nonlinear*. Salah satu fasilitas ANSYS yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *eigenvalue buckling analysis*. Analisis *eigenvalue buckling* merupakan analisis elemen hingga yang bertujuan untuk menghitung besarnya beban tekuk (beban kritis yang mempengaruhi ketidakseimbangan struktur) dan ragam bentuk tekuk (deformasi tekuk yang terjadi) pada struktur elastis *linear* yang ideal.

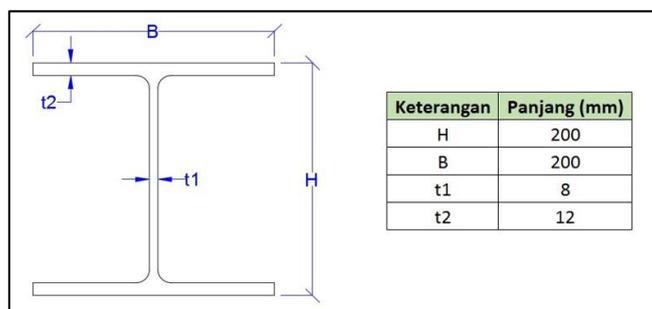
3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

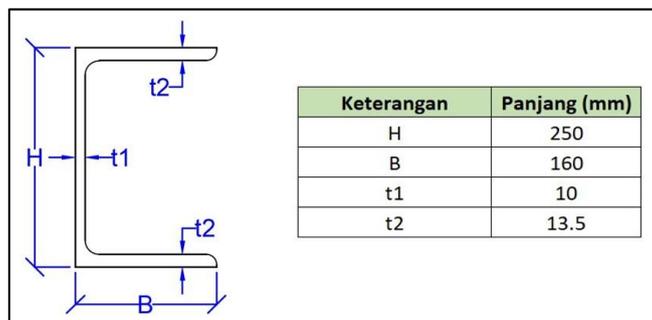
Metode penelitian terdiri dari 2 (dua) macam, yaitu berdasarkan peraturan AISC dan berdasarkan pemodelan pada *software* ANSYS. Metode berdasarkan peraturan AISC ini digunakan untuk menghitung kekuatan nominal penampang (*normal capacity*) dari tiap penampang profil baja sehingga dapat dihitung kekuatan desain penampangnya. Pemodelan pada *software* ANSYS bertujuan untuk mengeluarkan *output* analisis berupa nilai beban tekuk (*buckling load*) dari tiap penampang. Beban tekuk ini akan dibandingkan dengan nilai beban tekuk dari perhitungan manual AISC, serta untuk menghitung nilai faktor panjang tekuk (k).

3.2 Data Profil dan Data Geometri Struktur

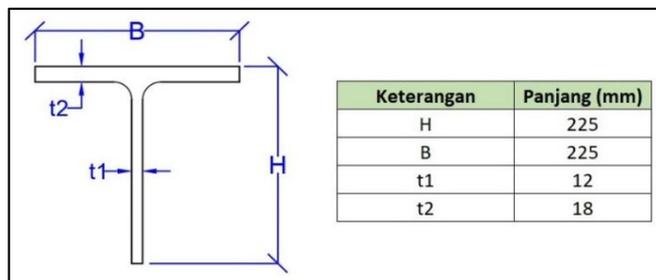
Mutu material baja menggunakan BJ41 yang mengacu pada [3]. Panjang kolom yang dipergunakan sepanjang 5 meter dengan kombinasi perletakan jepit-bebas dan jepit-sendi. Dimensi dari masing-masing penampang ditunjukkan dari **Gambar 2 sampai Gambar 8**.



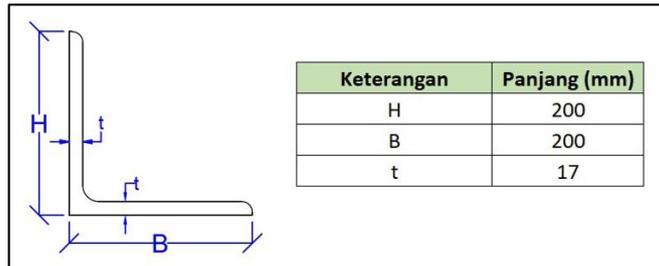
Gambar 2. Dimensi profil IWF



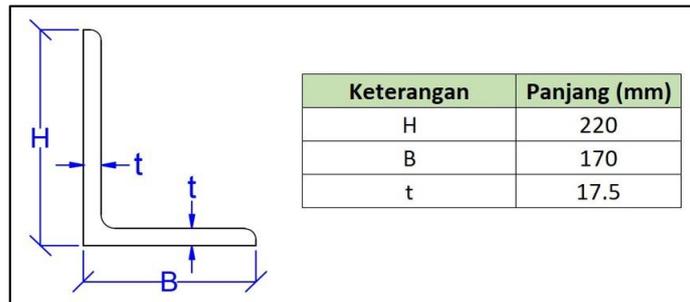
Gambar 3. Dimensi profil C/Kanal



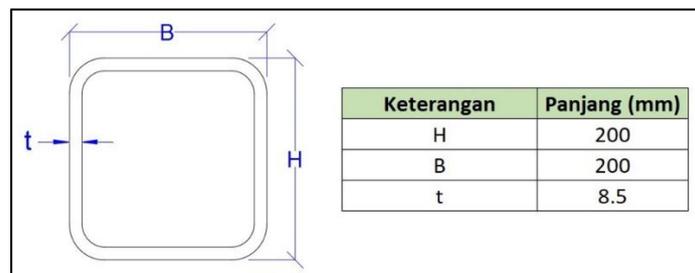
Gambar 4. Dimensi profil T



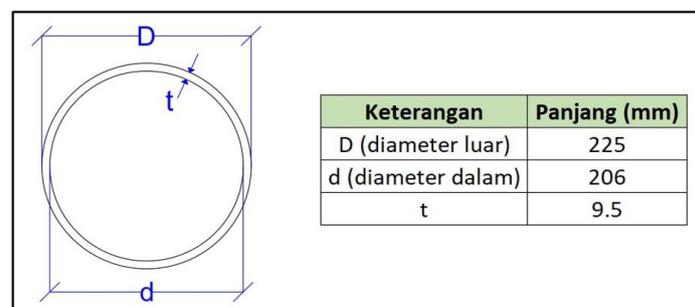
Gambar 5. Dimensi profil L *Equal Angle*



Gambar 6. Dimensi profil L *Unequal Angle*



Gambar 7. Dimensi profil *Hollow Square*



Gambar 8. Dimensi profil *Hollow Pipe*

3.3 Data Luas, Momen Inersia dan Radius Girasi Penampang

Berikut ini adalah data dari luas, momen inersia dan radius girasi dari tiap penampang yang tersaji pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data Luas, Momen Inersia dan Radius Girasi dari Tiap Penampang

Penampang	Luas [cm ²]	Momen Inersia [cm ⁴]		Radius Girasi [cm]	
	A	I _x	I _y	r _x	r _y
IWF	63,530	4.720	1.600	8,620	5,020
C/Kanal	65,500	6.971,375	1.750,771	10,317	5,170
T	65,340	2.846,553	1.711,575	6,600	5,118
L Equal Angle	65,110	2.500,934		6,198	
L Unequal Angle	65,188	3.175,469	1.665,821	6,980	5,055
Hollow Square	65,110	3.987,391		7,826	
Hollow Pipe	64,316	3.740,834		7,627	

3.4 Pemodelan *Software* ANSYS

Pemodelan profil baja dilakukan pada *software* ANSYS, dimulai dari pembuatan dimensi profil, pemilihan bahan dan data material, menerapkan posisi dan arah beban, menerapkan posisi dan arah jenis tumpuan serta mengatur hasil *output*. *Output* dari pemodelan ini berupa nilai beban tekuk, dan selanjutnya dilakukan perhitungan manual untuk mendapatkan nilai faktor panjang tekuk.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Profil Baja

Perhitungan kekuatan nominal dan kekuatan desain mengacu AISC untuk tiap penampang kolom profil baja, halmana dipengaruhi oleh perhitungan tekuk torsi untuk penampang yang memiliki sumbu simetri ganda dan perhitungan tekuk torsi lentur untuk penampang yang hanya memiliki 1 sumbu simetri saja atau tanpa sumbu simetri. Hasil perhitungan dari 7 (tujuh) penampang kolom profil baja ditunjukkan dari **Tabel 3 sampai Tabel 9**.

Tabel 3. Nilai F_e , Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil IWF

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur	Tekuk Torsi		
Jepit-Bebas	49,7436	361,6972	277,1505	249,4354
Jepit-Sendi	406,0702	572,564	1227,4628	1.104,717

Tabel 4. Nilai F_e , Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil C/Kanal

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur	Tekuk Torsi		
Jepit-Bebas	52,761	107,615	303,075	272,768
Jepit-Sendi	430,700	274,224	1.118,059	1.006,253

Tabel 5. Nilai F_{cr} , Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil T

Kondisi Tumpuan	Nilai F_{cr} [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur	Tekuk Torsi		
Jepit-Bebas	75,417	44,549	291,083	261,975
Jepit-Sendi	215,380	179,022	1.169,730	1.052,757

Tabel 6. Nilai F_{er} Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil L *Equal Angle*

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur	Tekuk Torsi		
Jepit-Bebas	30,770	111,862	175,699	158,129
Jepit-Sendi	251,179	471,859	1.073,169	965,852

Tabel 7. Nilai F_{er} Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil L *Unequal Angle*

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur	Tekuk Torsi		
Jepit-Bebas	26,305	117,975	150,388	135,349
Jepit-Sendi	214,736	745,843	1.001,104	900,994

Tabel 8. Nilai F_{er} Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil *Hollow Square*

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur			
Jepit-Bebas	120,886		684,964	616,467
Jepit-Sendi	986,825		1.463,985	1.317,587

Tabel 9. Nilai F_{er} Kekuatan Nominal dan Kekuatan Desain Profil *Hollow Pipe*

Kondisi Tumpuan	Tegangan Tekuk, F_e [MPa]		Kekuatan Nominal Penampang [kN]	Kekuatan Desain, ϕP_n [kN]
	Tekuk Lentur			
Jepit-Bebas	114,810		646,321	581,689
Jepit-Sendi	937,226		1.438,047	1.294,243

4.2 Pemodelan Profil Baja pada Program ANSYS

Tabel 10 menampilkan perbandingan hasil perhitungan nilai beban tekuk dan nilai faktor panjang tekuk berdasarkan perhitungan AISC dan pemodelan *software* ANSYS. Perhitungan tekuk torsi tidak diperhitungkan pada *Hollow Square* dan *Hollow Pipe* karena cenderung lebih kuat terhadap tekuk torsi meskipun memiliki 2 sumbu simetri [7].

Tabel 10. Data Nilai k dan *Buckling Load* dari Tiap Penampang

Profil	Kondisi Tumpuan	<i>Buckling Load</i> [kN]						Faktor Panjang Tekuk [k]	
		Teoritis			ANSYS			Teoritis	ANSYS
		Lentur	Torsi	Torsi-Lentur	Lentur	Torsi	Torsi-Lentur		
IWF	Jepit-Bebas	315,83	2.297,86	-	317,01	3.727,5	-	2	1,99
	Jepit-Sendi	2.578,18	3.637,49	-	2.565,10	5.863,9	-	0,7	0,7
C/Kanal	Jepit-Bebas	345,59	-	704,88	341,83	-	775,54	2	2,01
	Jepit-Sendi	2.821,13	-	1.796,17	2.759,10	-	1.997,8	0,7	0,71
T	Jepit-Bebas	561,89	-	337,85	563,92	-	334,43	2	1,99
	Jepit-Sendi	4.586,83	-	2.757,97	4.497,60	-	2.438,3	0,7	0,71
L Equal Angle	Jepit-Bebas	200,34	-	728,33	197,29	-	716,55	2	2,01
	Jepit-Sendi	1.635,43	-	3.072,27	1.596,30	-	3.222,3	0,7	0,71
L Unequal Angle	Jepit-Bebas	171,48	-	769,05	167,95	-	730,17	2	2,02
	Jepit-Sendi	1.399,81	-	4.861,96	1.318,90	-	3.686,4	0,7	0,72
Hollow Square	Jepit-Bebas	787,08	-	-	777,87	-	-	2	2,01
	Jepit-Sendi	6.425,14	-	-	6.206,90	-	-	0,7	0,71
Hollow Pipe	Jepit-Bebas	738,41	-	-	741,40	-	-	2	1,99
	Jepit-Sendi	6.027,85	-	-	5.947,70	-	-	0,7	0,7

4.3 Persentase Perbandingan Pemodelan ANSYS dengan Persamaan Euler

Persentase ini yaitu berupa perbandingan nilai *buckling load* dan faktor panjang tekuk (k) berdasarkan analisis pemodelan ANSYS dengan perhitungan manual. Dari perbandingan ini dapat diketahui penampang mana yang mengalami deviasi paling besar. Persentase perbandingan nilai *buckling load* tersaji pada **Tabel 11**, sedangkan untuk persentase perbandingan nilai faktor panjang tekuk (k) tersaji pada **Tabel 12**.

Untuk kondisi tekuk lentur dan tekuk torsi lentur deviasi maksimum berada pada penampang L *unequal angle*, dimana masing-masing deviasinya adalah 5,780% dan 24,179% dengan kondisi tumpuan ujung nya adalah jepit-sendi. Sedangkan untuk kondisi tekuk torsi hanya pada penampang IWF saja dengan deviasi maksimum sebesar 38,354% pada kondisi tumpuan ujung jepit-bebas.

Untuk persentase perbandingan nilai faktor panjang tekuk (k) paling besar yaitu pada profil L *unequal angle* dengan deviasi sebesar 2,926% pada kondisi tumpuan ujung jepit-sendi.

Tabel 11. Persentase Perbandingan Nilai *Buckling Load*

Profil	Kondisi Ujung	<i>Buckling Load</i> [kN]						Deviasi [%]		
		Teoritis			ANSYS			Lentur	Torsi	Torsi-Lentur
		Lentur	Torsi	Torsi-Lentur	Lentur	Torsi	Torsi-Lentur			
IWF	Jepit-Bebas	315,83	2.297,86	-	317,01	3.727,5	-	0,37	38,35	-
	Jepit-Sendi	2.578,18	3.637,49	-	2.565,1	5.863,9	-	0,51	37,97	-
C/Kanal	Jepit-Bebas	345,59	-	704,88	341,83	-	775,54	1,09	-	9,11
	Jepit-Sendi	2.821,13	-	1.796,17	2.759,1	-	1.997,8	2,19	-	10,09
T	Jepit-Bebas	561,89	-	337,85	563,92	-	334,43	0,36	-	1,01
	Jepit-Sendi	4.586,83	-	2.757,97	4.497,6	-	2.438,3	1,95	-	11,59
L Equal Angle	Jepit-Bebas	200,34	-	728,33	197,29	-	716,55	1,52	-	1,62
	Jepit-Sendi	1.635,43	-	3.072,27	1.596,3	-	3.222,3	2,39	-	4,66
L Unequal Angle	Jepit-Bebas	171,48	-	769,05	167,95	-	730,17	2,06	-	5,06
	Jepit-Sendi	1.399,81	-	4.861,97	1.318,9	-	3.686,4	5,78	-	24,18
Hollow Square	Jepit-Bebas	787,08	-	-	777,87	-	-	1,17	-	-
	Jepit-Sendi	6.425,14	-	-	6.206,9	-	-	3,39	-	-
Hollow Pipe	Jepit-Bebas	738,41	-	-	741,4	-	-	0,4	-	-
	Jepit-Sendi	6.027,85	-	-	5.947,7	-	-	1,33	-	-
DEVIASI MAX								5,78	38,35	24,18

Tabel 12. Persentase Perbandingan Nilai Faktor Panjang Tekuk (k)

Profil	Kondisi Ujung	Faktor Panjang Tekuk (k)		Deviasi [%]
		Teoritis	ANSYS	
IWF	Jepit-Bebas	2	1,996	0,19
	Jepit-Sendi	0,7	0,702	0,24
Kanal	Jepit-Bebas	2	2,011	0,54
	Jepit-Sendi	0,7	0,708	1,12
T	Jepit-Bebas	2	1,996	0,18
	Jepit-Sendi	0,7	0,707	0,96
L Equal Angle	Jepit-Bebas	2	2,015	0,74
	Jepit-Sendi	0,7	0,709	1,20
L Unequal Angle	Jepit-Bebas	2	2,021	1,03
	Jepit-Sendi	0,7	0,721	2,93
Hollow Square	Jepit-Bebas	2	2,012	0,59
	Jepit-Sendi	0,7	0,712	1,71
Hollow Pipe	Jepit-Bebas	2	1,996	0,21
	Jepit-Sendi	0,7	0,705	0,65
DEVIASI MAX				2,93

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan, terdapat hal-hal yang disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisis tekuk pada penelitian ini hanya untuk kondisi elastis saja (Euler).
2. Nilai kekuatan desain (ϕP_n) maksimum dari 7 penampang profil baja terdapat pada profil *Hollow Square* dengan nilai (ϕP_n) sebesar 1.317,587 kN.
3. Perbedaan nilai *buckling load* paling besar untuk kondisi tekuk lentur dan tekuk torsi lentur yaitu pada profil L *unequal angle*, dengan nilai deviasi masing-masing sebesar 5,780% dan 24,179% pada kondisi tumpuan jepit-sendi.
4. Perbedaan nilai *buckling load* paling besar untuk kondisi tekuk torsi yaitu hanya pada profil IWF saja dengan nilai deviasi sebesar 38,354% pada kondisi tumpuan jepit-bebas.
5. Perbedaan nilai faktor panjang tekuk (k) paling besar yaitu pada profil L *unequal angle* dengan deviasi sebesar 2,926% pada kondisi tumpuan jepit-sendi.
6. Nilai deviasi yang besar kemungkinan diakibatkan oleh metode analisis yang berbeda antara yang dijalankan *software* ANSYS dengan perhitungan manual. Metode yang dijalankan *software* ANSYS mengacu pada analisis *elastic buckling* yang mengikuti persamaan Euler, sama halnya seperti perhitungan manual yang dilakukan pada penelitian ini. Namun, analisis *eigenvalue buckling* pada *software* ANSYS seringkali menghasilkan *output* kelelahan yang tidak konservatif. Oleh karena itu, nilai deviasi yang telah dianalisis pun menjadi besar.

5.2 Saran

Pada penelitian lanjutan, perlu menganalisis tekuk pada kondisi inelastis (Engesser) dan juga kondisi tumpuan lainnya. Serta, perlu memvariasikan panjang kolom dan juga menggunakan penampang profil baja lainnya seperti *king cross* dan *queen cross*. Selain itu, pemodelan kolom dapat menggunakan *software* selain dari ANSYS *Workbench* seperti ADINA atau Abaqus dengan tujuan untuk mengetahui apakah *output* yang didapat relatif sama atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apriyanto, W. (2007). *Analisa Perbandingan Tekuk Kolom Dengan Menggunakan Profil Baja Tersusun dan Komposit. Tugas Akhir*. Medan: Program Studi Teknik Sipil - Universitas Sumatera Utara
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1729:2020 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (ANSI/AISC 360-16, IDT)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [3] Departemen Pekerjaan Umum. (2002). *SNI 03-1729-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- [4] Karomi, T. (2012). *Pengembangan Grafik Desain Kuat Tekan (P_n) Kolom Baja Produk Lokal Sebagai Fungsi Dari Panjang Efektif (L_e) Dengan Asumsi Kolom Berada Pada Braced Frame. Tugas Akhir*. Depok: Program Studi Teknik Sipil - Universitas Indonesia
- [5] Simatupang, P. H., Laiskodat, P. A. A., & Pah, J. J. S. (2019). Hubungan Antara Kelangsingan Kolom Baja dan Kapasitas Aksial Penampang-nya Menggunakan DAM pada SAP2000 dan SNI 1729:2015. *Jurnal Teknik Sipil*, VII(1), 15-28.
- [6] Tobing, E. N. L. (2016). *Analisa Perbandingan Tekuk Kolom Aksial Profil I Tersusun dan Profil X dengan Menggunakan AISC 2010. Tugas Akhir*. Medan: Program Studi Teknik Sipil -Universitas Sumatera Utara.
- [7] Wiryanto, D. (2016). *Struktur Baja - Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010 Edisi ke-2*. Tangerang: Jurusan Teknik Sipil UPH.