

## STUDI KUAT TEKAN KOLOM BAJA PROFIL KANAL U GANDA DENGAN VARIASI JARAK ANTAR PROFIL

Mega Tri Paskah

Servie O. Dapas, Hieryco Manalip

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [megatripaskah@gmail.com](mailto:megatripaskah@gmail.com)

### ABSTRAK

Baja merupakan salah satu alternatif bahan bangunan yang banyak digunakan di dalam konstruksi. Pemakaian baja sebagai bahan bangunan utama mempunyai beberapa kelebihan, yaitu keseragaman bahan dan sifat-sifatnya yang dapat diduga secara tepat, kestabilan dimensional, kemudahan pembuatan dan kecepatan pelaksanaannya. Pada penelitian ini dicoba membuat kolom menggunakan baja profil U yang selama ini hanya digunakan untuk keperluan konstruksi ringan seperti gording dan rangka atap. Penelitian ini menggunakan profil U yang dirangkai ganda dengan pengaku plat kopel sebagai kolom selanjutnya dilakukan pemodelan finite element dengan program Ansys Mechanical APDL. Analisis static structural digunakan untuk memperoleh beban maksimum dan deformasi pada kolom sedangkan analisis linear buckling digunakan untuk memperoleh besarnya beban kritis pada kolom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak antar profil berpengaruh terhadap ketahanan optimum kolom dalam menahan beban dan berpengaruh juga pada besarnya perbedaan deformasi kolom.

**Kata Kunci:** Kolom Profil U Ganda, Finite Element Method, ANSYS, Beban Maksimum, Beban Kritis

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Profil baja U mempunyai kekurangan pada stabilitasnya. Selain itu, rasio lebar dan tebalnya yang besar dapat menyebabkan tekuk lokal (*local buckling*). Tekuk (*buckling*) merupakan suatu proses dimana suatu struktur tidak mampu mempertahankan bentuk aslinya. Tekuk (*buckling*) terjadi pada suatu batang yang mengalami gaya tekan aksial. Untuk mengatasi kekurangan tersebut, maka profil U dipasang ganda dengan pengaku plat dan digabungkan dengan cara dilas, sehingga dengan modifikasi tersebut kekuatan profil U diharapkan mampu menahan beban aksial sentris yang lebih besar dan kekuatan dalam menahan tekuk lokal meningkat.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Aditya Kurniawan dan Haryanto Yoso Wigroho (2012) menunjukkan bahwa profil C ganda dengan pengaku plat arah yang lebih kecil dapat meningkatkan kekuatan dalam menahan beban tetapi tidak mampu mencegah terjadinya tekuk lokal. Sebuah metode untuk menganalisis kuat tekan kolom baja profil U ganda dengan variasi jarak antar profil dengan membuat pemodelan menggunakan media *software ANSYS Mechanical APDL* sebagai *Three Dimension*

*Finite Element*. Dibandingkan dengan percobaan dilaboratorium, metode ini merupakan alternatif yang lebih ekonomis, menghemat waktu dan memudahkan dalam membuat variasi untuk dianalisis perilakunya.

#### Rumusan Masalah

Untuk memenuhi kriteria perencanaan yang baik dalam hal kekuatan, kekakuan, dan daktilitasnya, jarak antara profil menjadi bagian penting yang harus diperhatikan. Karena itu pada penelitian ini akan diteliti berapa nilai kuat tekan nominal dan berapa beban kritis yang dapat diterima oleh kolom profil U yang dipasang ganda. Telah banyak penelitian yang dilakukan secara eksperimental/percobaan di laboratorium yang menghabiskan banyak waktu dan biaya. Pendekatan metode elemen hingga dengan menggunakan program komputer dapat menjadi alternatif penelitian yang bisa mengurangi biaya dan waktu. Analisa kuat tekan kolom dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS*.

#### Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada 3 ukuran baja profil kanal U yaitu 200\*80, 250\*90, 380\*100;
2. Panjang bentang untuk profil yang akan dianalisa yaitu 3500 mm;

3. Baja profil kanal U yang digunakan sebagai kolom akan diberikan beban aksial sentris;
4. Pengaku plat yang akan digunakan divariasikan pada ukuran panjang plat yang berbanding lurus dengan ukuran lebar kolom, sedangkan ukuran tinggi 40 mm dan tebal 3 mm;
5. Pemasangan pengaku plat arah lateral berjumlah 6 buah;
6. Perletakan yang digunakan adalah tumpuan jepit-bebas
7. Analisa yang dilakukan adalah analisa tekuk linear
8. Penyambungan pengaku plat dengan baja profil U ganda menggunakan las;

### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui panjang jarak antar profil yang paling optimum untuk menahan beban pada setiap profil
2. Menentukan berapa nilai kuat tekan nominal ( $P_n$ ) dan beban kritis ( $P_{cr}$ ) yang dapat ditahan oleh kolom profil U yang dipasang ganda
3. Mengetahui pengaruh jarak antar profil terhadap perilaku kolom profil kanal u yang telah dipasang ganda dalam menahan beban aksial.

### Manfaat Penelitian

Memberikan informasi bahwa pemodelan struktur dengan program elemen hingga dapat menjadi alternatif penelitian yang mengurangi waktu dan biaya selain penelitian eksperimental di laboratorium.

## LANDASAN TEORI

### Kolom

Kolom merupakan elemen/batang tekan vertikal sebagai batang utama pada struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban ke pondasi dan memikul beban dari balok serta rangka atap. Definisi kolom lainnya berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

### Parameter Penting Batang Tekan

Parameter  $F_y$  dan  $F_u$  akan menentukan kuat batang tarik tetapi pada batang tekan hanya  $F_y$  yang penting karena  $F_u$  tidak pernah tercapai.

Selain material, batang tekan juga dipengaruhi oleh parameter lain, yaitu bentuk fisik atau geometri profil.

Parameter geometri terdiri (1) Luas Penampang ( $A$ ); (2) Pengaruh bentuk penampang terhadap kekakuan lentur ( $I_{min}$ ); (3) Panjang batang dan kondisi pertambatan atau tumpuan, diwakili oleh panjang efektif ( $KL$ ). Ketiganya dapat diringkas menjadi satu parameter tunggal, yaitu kelangsingan batang ( $KL/r_{min}$ ), dimana  $r_{min} = \sqrt{I_{min}/A}$  adalah radius girasi pada arah tekuk.

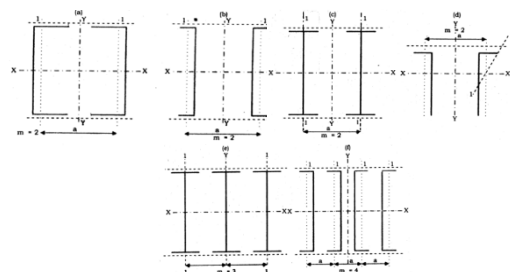
Rasio kelangsingan menjadi parameter penting dan menjadi indikator batas kinerja sekaligus perilakunya. Contoh, kolom pendek (tidak langsing) kekuatannya ditentukan material, sedangkan kolom langsing, kekuatannya ditentukan oleh beban kritis yang menyebabkan tekuk (buckling), tidak tergantung mutu material. Jadi, kolom dengan bahan bermutu tinggi harus diperhatikan rasio kelangsingannya agar efisien. (Dewobroto, 2016)

### Profil Gabungan (Profil Tersusun)

Pada kolom atau batang tekan yang panjang dengan beban yang berat (misalnya pada rangka jembatan), pemakaian profil tunggal tidaklah hemat karena lebih berat dari pada profil tersusun pada umumnya. Pada profil tersusun, jarak antar profil dapat diatur, sehingga momen inersia ( $I$ ) terhadap semua sumbu dapat memenuhi kebutuhan. Agar ekonomis dapat diatur sedemikian rupa sehingga didapat  $I_x=I_y$

Profil tersusun dari profil-profil yang kecil, tipis dan ringan tetapi dapat menghasilkan  $I$  yang besar.

Ada berbagai macam profil tersusun antara lain:



Gambar 1. Profil Tersusun

Profil tersusun mempunyai 2 macam sumbu yaitu sumbu bahan dan sumbu bebas bahan.

Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua profil. Sumbu bebas bahan adalah sumbu yang tidak memotong semua profil.

**Panjang Efektif**

Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom tersebut yang mempunyai momen sama dengan nol, atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik belok dari kelengkungan kolom.

Untuk kolom yang berujung sendi, panjang ujung sendi ekuivalen yang disebut *panjang efektif* sama dengan panjang yang sesungguhnya, yakni  $K = 1,0$ . Pada keadaan yang sesungguhnya, pengekangan momen di ujung selalu ada dan titik belok pada kurva berbentuk tekuk terjadi di titik yang bukan merupakan ujung batang.

Tekuk kolom dinyatakan dengan garis putus	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $K$ teoritis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Nilai yang disarankan jika tidak mendekati kondisi ideal	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Kode ujung kolom dan tumpuan	<ul style="list-style-type: none"> <li> Rotasi dan translasi dikekang</li> <li> Rotasi bebas, translasi dikekang</li> <li> Rotasi dikekang, translasi bebas</li> <li> Rotasi dan translasi bebas</li> </ul>					

Gambar 2. Panjang Efektif Kolom

Untuk menentukan kekuatan kolom, kondisi kolom perlu diidealisasi dengan beberapa anggapan. Mengenai bahan, kita dapat menganggap: (1) sifat tegangan-regangan tekan sama di seluruh titik pada penampang; (2) tidak ada tegangan internal seperti akibat pendinginan setelah penggilingan (rolling) dan akibat pengelasan. Mengenai bentuk dan kondisi ujung, kita dapat menganggap (3) kolom lurus sempurna dan prismatis, (4) resultante beban bekerja melalui sumbu pusat batang sampai batang mulai melentur; (5) kondisi ujung harus statis tertentu sehingga panjang sendi-sendi yang kecil seperti pada lenturan yang umum berlaku dan gaya geser dapat diabaikan; serta (7) puntiran atau distorsi penampang lintang tidak terjadi selama melentur.

Setelah anggapan-anggapan di atas dibuat, sekarang disetujui bahwa kekuatan suatu kolom dapat dinyatakan sebagai :

$$F_{cr} = \frac{P}{A} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2} \tag{1}$$

dengan,

$P/A$  = tegangan rata-rata pada penampang (MPa)

$E_t$  = modulus tangen pada tegangan  $P/A$  (pada titik tertentu sepanjang garis kurva tegangan-regangan misalnya pada 50% dari kekuatan maksimum baja)

$KL/r$  = angka kelangsingan efektif (ujung sendi ekuivalen).

**Konsep Metode Elemen Hingga**

Sudut pandang *engineering* mengenai metode elemen hingga adalah metode yang menyatukan elemen-elemen struktur yang dapat dianalisis secara terpisah ke dalam sebuah persamaan kesetimbangan global struktur.

*Element properties* untuk masalah keteknikan seperti *displacement in solid mechanics*, kita akan menentukan gaya-perpindahan yaitu merupakan karakteristik kekakuan dari setiap elemen secara individual. Secara matematis hubungan ini dapat dinyatakan sebagai bentuk:

$$[k]_e \{\delta\}_e = \{F\}_e \tag{2}$$

untuk  $e = 1, 2, \dots, N_{el} \dots \dots$

Di mana  $[k]_e$  adalah matriks kekakuan elemen  $e$ ,  $\{\delta\}_e$  adalah vektor perpindahan titik-titik nodal elemen  $e$ , dan  $\{F\}_e$  adalah vektor gaya pada titik-titik nodal elemen  $e$ ,  $N_{el}$  adalah jumlah seluruh elemen. (Bhavikatti, 2005)

**METODOLOGI PENELITIAN**

**Bagan Alir Penelitian**

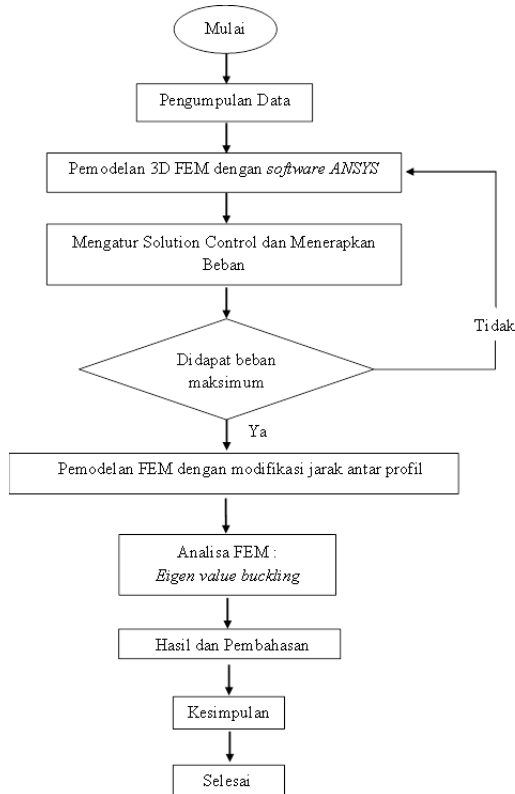
Urutan pelaksanaan penelitian diperlihatkan pada Gambar 3. Sedang langkah-langkah pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4.

**Data Penelitian**

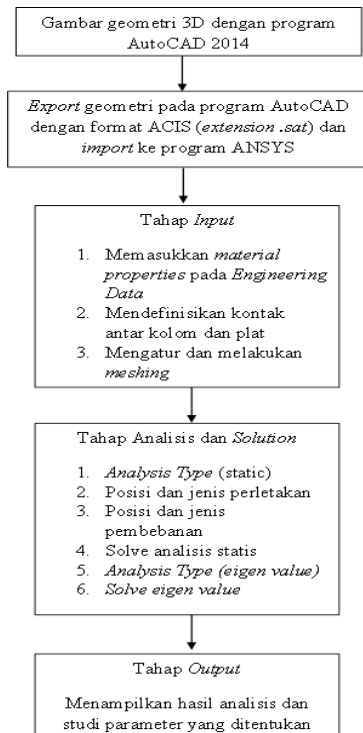
Penelitian ini menggunakan analisis metode elemen hingga yang difokuskan untuk untuk mengetahui besarnya beban maksimum dan beban tekuk kritis yang dapat dipikul kolom sehingga dapat diperoleh besarnya peningkatan beban akibat variasi jarak antar profil. *Static Structural Analysis* digunakan untuk mengetahui beban maksimum yang dapat dipikul kolom, sedangkan analisis *eigen buckling (linear buckling)* digunakan untuk memprediksi beban tekuk teoritis yang terjadi pada kolom.

Pemodelan dilakukan dalam tiga tahap, yaitu input, analisis, dan output. Tahap input antara lain adalah pemodelan struktur tiga

dimensi kolom termasuk didalamnya penentuan element type yang sesuai dan pembagian struktur menjadi elemen-elemen kecil (*meshing*).



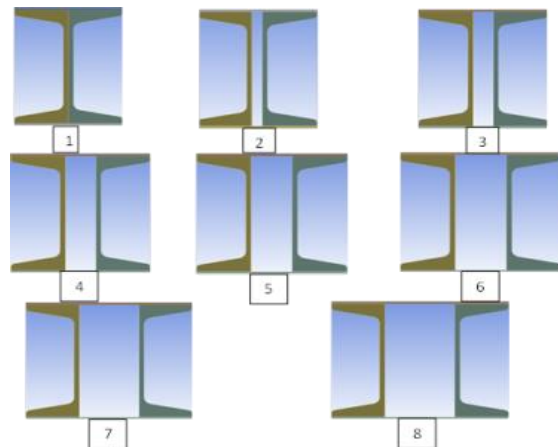
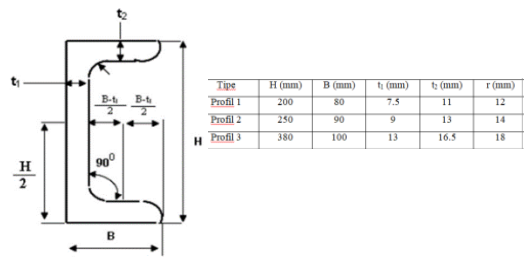
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Bagan Alir Pemodelan 3D FEM

Setelah pemodelan selesai, tipe analisis yang akan dijalankan diatur dalam tahap *solution* termasuk menerapkan beban, syarat-syarat batas, serta pemilihan metode penyelesaian persamaan yang akan digunakan. Dan tahap output, hasil analisis dapat ditampilkan seperti nilai *eigen* dan deformasi.

Pemodelan yang digunakan adalah kolom baja profil kanal u yang di pasang ganda dan dihubungkan dengan plat yang dilas. Dimana perletakan yang digunakan yaitu jepit bebas. Detail pemodelan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Variasi Jarak antar Profil yang akan diteliti

Tabel 1. Variasi Jarak antar Profil yang akan diteliti

Type	No. Model	Jarak (mm)
Baja Profil UNP	(1)	0
	(2)	15
	(3)	30
	(4)	45
	(5)	60
	(6)	75
	(7)	90
	(8)	105

### Data Beban

Karena tujuan dari analisis ini adalah mencari beban maksimum dengan menggunakan analisa *static structural* maka beban yang akan diberikan adalah gaya aksial pada titik berat profil dengan cara coba-coba besaran yang sesuai, sedangkan mencari beban kritis (Pcr) tekuk struktur dengan menggunakan analisis

*eigenvalue buckling* beban yang akan diberikan adalah gaya aksial pada titik berat profil dengan besar gaya adalah satu satuan yaitu 1 N.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

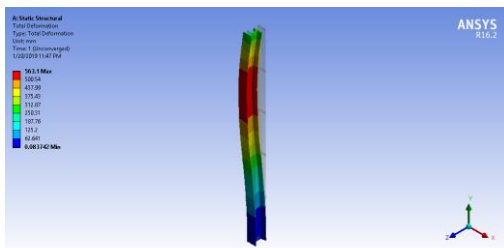
**Hasil Penelitian**

Hasil yang diperoleh dari analisis elemen hingga dengan menggunakan program ANSYS Workbench adalah data beban maksimum, deformasi dan beban kritis.

**Desain Struktur untuk Batang Tekan dengan Analisis Static**

Beban maksimum kolom profil 1 (200\*80) Pada kolom profil 1 (200\*80) beban terbesar mampu ditahan oleh kolom dengan jarak 0 mm yaitu sebesar 2195500 N.

Output perhitungan beban maksimum untuk jarak 0 mm diperlihatkan pada Gambar 6.



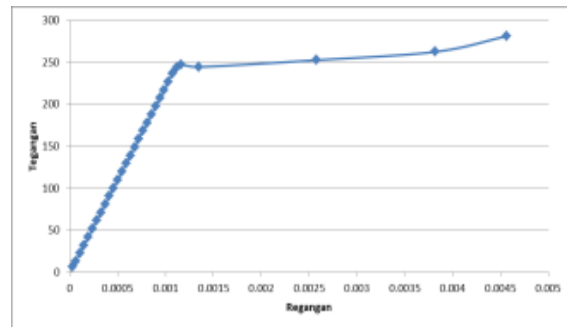
Gambar 6. Kontur Warna Total Deformation pada profil 1 jarak 0 mm

Tabel 2. Hubungan Tegangan-Regangan untuk Kolom Profil 1 jarak 0

Substep	Time (s)	Beban (N)	Deformasi (mm)	Tegangan (Mpa)	Regangan (mm)
1	0.022222	48888	0.10288	6.4787	2.939E-05
2	0.044444	97777	0.20576	12.958	5.879E-05
3	0.077778	171110	0.36007	22.677	0.0001029
4	0.111111	244440	0.51436	32.396	0.000147
5	0.144444	317780	0.66865	42.116	0.000191
6	0.177778	391110	0.82297	51.842	0.0002351
7	0.211111	464440	0.97716	61.557	0.0002792
8	0.244444	537770	1.1314	71.276	0.0003233
9	0.277778	611110	1.2856	80.997	0.0003673
10	0.311111	684440	1.4398	90.718	0.0004114
11	0.344444	757770	1.594	100.44	0.0004554
12	0.377778	831110	1.7482	110.16	0.0004995
13	0.411111	904440	1.9023	119.89	0.0005435
14	0.444444	977790	2.0565	129.61	0.0005876
15	0.477778	1051100	2.2106	139.33	0.0006316
16	0.511111	1124500	2.3647	149.06	0.0006756
17	0.544444	1197800	2.5189	158.78	0.0007197
18	0.577778	1271100	2.673	168.51	0.0007637
19	0.611111	1344500	2.827	178.23	0.0008077
20	0.644444	1417800	2.9811	187.96	0.0008517
21	0.677778	1491100	3.1352	197.69	0.0008958
22	0.711111	1564500	3.2893	207.42	0.0009398
23	0.744444	1637800	3.4433	217.15	0.0009838
24	0.777778	1711200	3.5974	226.88	0.0010278
25	0.811111	1784500	3.7515	236.62	0.0010719
26	0.844444	1857800	3.9057	243.82	0.0011159
27	0.877778	1931000	4.0602	247.62	0.0011601
28	0.911111	2004400	4.2109	244.55	0.001346
29	0.944444	2077700	9.013	252.68	0.0025751
30	0.977778	2151100	13.368	262.58	0.0038194
31	0.99778	2195500	15.978	281.21	0.0045651

Sumber: Hasil Penelitian

Secara grafis Tabel 2. dapat direpresentasikan oleh Gambar 7. berikut ini

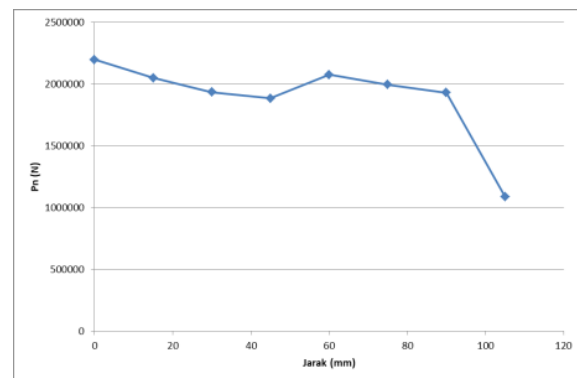


Gambar 7. Hubungan Tegangan – Regangan

Beban maksimum kolom profil 1 yang bersesuaian dengan jarak antar profil diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beban Maksimum Kolom Profil 1

JARAK(mm)	Pn(N)
0	2195500
15	2046900
30	1933300
45	1882000
60	2074300
75	1992400
90	1928800
105	1088900

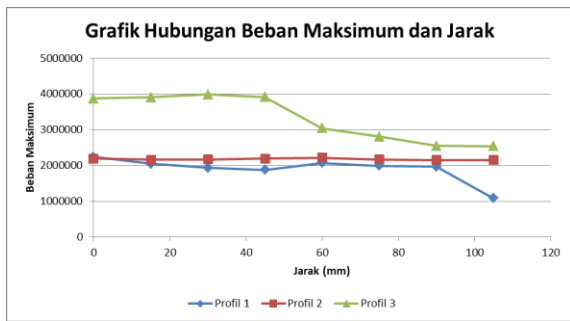


Gambar 8. Grafik Hubungan Beban Maksimum dan Jarak pada Kolom Profil 1

Tabel 4. Beban Maksimum Kolom Profil 1, 2, dan 3

JARAK	Profil 1	Profil 2	Profil 3
0	2244600	2192300	3872300
15	2046900	2160300	3910800
30	1933300	2169600	3989300
45	1880700	2197300	3913600
60	2074300	2215400	3044100
75	1992400	2172200	2811600
90	1964500	2154400	2550700
105	1088900	2151100	2543400

Sumber: Hasil Penelitian



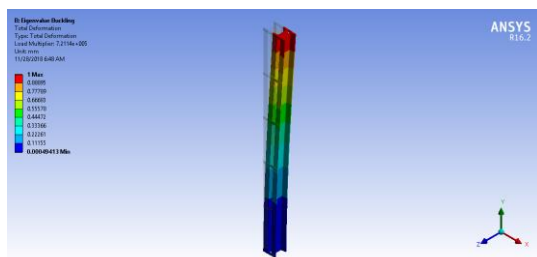
Gambar 9. Grafik Hubungan Beban Maksimum dan jarak Pada Kolom Profil 1, 2, dan 3

**Perhitungan Analisis dengan Metode Eigen-value Buckling**

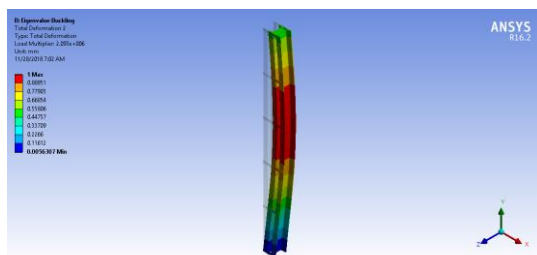
Hasil penelitian yang diperoleh dari analisis elemen hingga dengan menggunakan program ANSYS Workbench menghasilkan 3 ragam buckling (mode shape) yaitu karakteristik bentuk yang berhubungan dengan respon kolom yang mengalami buckling, nilai beban kritis yang diambil adalah nilai yang terkecil diantara ketiga ragam tersebut karena beban kritis adalah beban yang sanggup ditahan oleh kolom tanpa menyebabkan tekukan (buckling).

**Beban Kritis Pada Kolom Profil 1**

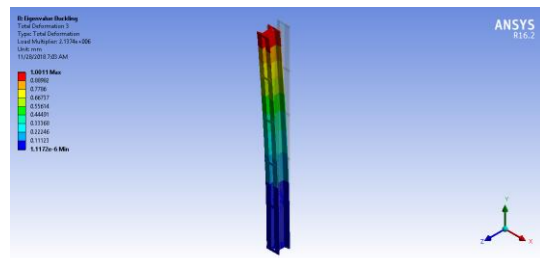
Pada profil 1 beban kritis yang terbesar dipikul oleh profil dengan jarak 60mm yaitu sebesar 722680 N sedangkan beban kritis yang terkecil dipikul oleh profil dengan jarak 15mm yaitu 407830 N.



Gambar 10. Total Deformation Ragam 1 pada profil 1 jarak 60mm



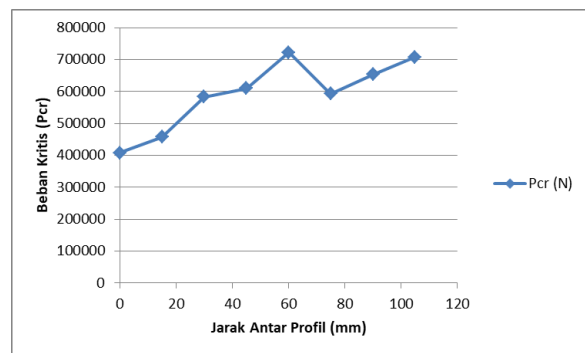
Gambar 11. Total Deformation Ragam 2 pada profil 1 jarak 60mm



Gambar 12. Total Deformation Ragam 3 pada profil 1 jarak 60mm

Tabel 5. Beban Kritis Kolom Profil 1

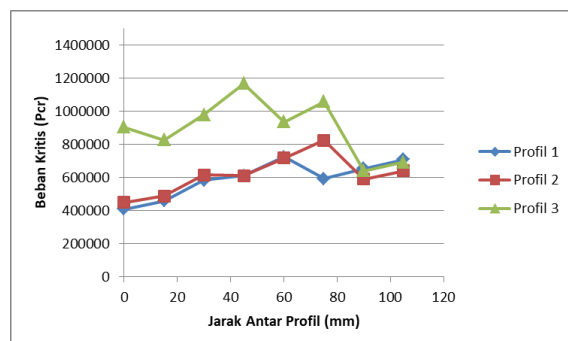
JARAK (mm)	Pcr (N)
0	407830
15	457050
30	583420
45	609460
60	722680
75	592190
90	652760
105	707680



Gambar 13. Grafik Hubungan antara Beban Kritis dan Jarak antar Profil pada Kolom profil 1

Tabel 6. Beban Kritis Kolom Profil 1, 2, dan 3

JARAK (mm)	Profil 1	Profil 2	Profil 3
0	407830	447960	901760
15	457050	486890	826480
30	583420	613690	977310
45	609460	609440	1166700
60	722680	715560	933810
75	592190	824340	1056500
90	652760	589900	640320
105	707680	639440	692320



Gambar 7. Grafik Hubungan antara Beban Kritis dan Jarak antar Profil pada Kolom profil 1, 2, dan 3

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa hal yang menjadi kesimpulan, sebagai berikut:

1. Jarak optimum untuk masing-masing model profil akan berbeda, pada profil 1 pada jarak 0 mm= 2195500 N, Profil 2 Pada jarak 60mm = 2215400 N dan profil 3 pada jarak 30mm= 3989300.
2. Perubahan jarak antar profil dapat meningkatkan kuat tekan dari kolom namun

peningkatan tersebut terjadi pada jarak tertentu.

### Saran

1. Perlu memperhatikan ketelitian pada penggunaan software *ansys* agar tidak terjadi kesalahan pemodelan atau penginputan data, pemilihan dan pembagian model meshing, penginputan substeps, pemberian beban atau pada saat pembacaan hasil.
2. Perlu penelitian tentang pengaruh dimensi dan jarak plat kopel pada kolom

## DAFTAR PUSTAKA

- AISC. 2010. *Specification for Structural Steel Building (ANSI/AISC 360-10)*. American Institute of Steel Construction. Chicago, Illinois, June 2010.
- Anonymous. ANSYS Workbench Documentation V.16 Workbench User's Guide.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-1729-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 07-0052-2006, *Baja Profil Kanal U Proses Pembuatan Canai Panas (Bj P Kanal U)*.
- Bhavikatti, S. S., 2005. *Finite Element Analysis*. New Age International Publisher
- Bowles, Joseph E., 1985, *Disain Baja Konstruksi (Structural Steel Design)*, Penerjemah Pantur Silaban, Ph, D, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Dewobroto, Wiryanto. 2016. *Struktur Baja Perilaku dan Desain – AISC 2010*.
- Kurnia, Aditya dan Wigroho, Haryanto, Y., 2012. *Studi Kuat Tekan Kolom Baja Profil C Ganda dengan Pengaku Plat Arah Lateral*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Salmon, C., & Johnson., 1997. *Struktur Baja, Disain dan Perilaku*. Jakarta: Erlangga.
- Spiegel, Leonard, dan Limbrunner, George, F., 1991. *Desain Baja Struktural Terapan*, Penerbit Eresco, Bandung.

Halaman ini sengaja dikosongkan