

# ***Analisis Struktur Tangga Helix Menggunakan Metode Fleksibilitas***

## ***Helix Stairs Structure Analysis using Flexibility Method***

**Agustinus R.M Jehamat<sup>1</sup>, Remigildus Cornelis<sup>2\*</sup>, I Made Udiana<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

---

### **Article info:**

Kata kunci:

Tangga Helix, Metode Fleksibilitas, SAP 2000

Keywords:

Study, Analysis, Helix Stairs, Flexibility, SAP 2000

### **Article history:**

Received: 30-05-2022

Accepted: 30-09-2022

\*Koresponden email:

[jehamatrio1996@gmail.com](mailto:jehamatrio1996@gmail.com)  
[remi@staf.undana.ac.id](mailto:remi@staf.undana.ac.id)

### **Abstrak**

Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain tangga helix, mencari gaya-gaya dalam pada setiap anak tangga dengan radius dan putaran sudut yang ditetapkan dan membuat grafik persamaan antara radius, gaya-gaya dalam, dan putaran sudut. Dengan menggunakan perhitungan manual dengan Metode Fleksibilitas dan perhitungan numerik menggunakan Aplikasi SAP 2000. Hasilnya adalah gaya horizontal menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar -27,38 KN dengan Metode SAP 2000 sebesar -30,44 KN sehingga selisihnya 10,00%. Gaya vertikal menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar 23,19 KN dengan Metode SAP 2000 sebesar 26,02 KN sehingga selisihnya 10,00%. Gaya aksial menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar 43,86 KN dengan Metode SAP 2000 sebesar 49,17 KN sehingga selisihnya 10,00%. Momen horisontal menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar 58,01 KNm dengan Metode SAP 2000 sebesar 60,97 KNm sehingga selisihnya 4,90%. Momen vertikal menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar -9,68 KNm dengan Metode SAP 2000 sebesar -8,81 KNm sehingga selisihnya 9,00%. Torsi atau momen puntir menggunakan Metode Fleksibilitas sebesar 0,073 KNm dengan Metode SAP 2000 sebesar 0,071 KNm sehingga selisihnya 3%.

### **Abstract**

This research purpose is to design a helixstairs, to find the internal forces on each rung with defined radius and angular rotation and to graph the equation between the radius, internal forces, and angular rotation. The analysis used manual calculations with Flexibility Methods and numerical calculations using the SAP 2000 Application. The results are the horizontal force using the Flexibility Method, namely -27,38 KN and with the SAP 2000 Method -30,44 KN, so the difference is 10,00%. The vertical force using the Flexibility Method is 23,19 KN and with the SAP 2000 Method is 26,01 KN, so the difference is 10,00%. The axial force using the Flexibility Method is 43,86 KN and with the SAP 2000 Method is 49,17 KN, so the difference is 10,00%. The horizontal moment using the Flexibility Method is 58,01 KNm and with the SAP 2000 Method is 60,97 KNm, so the difference is 4,90%. The vertical moment using the Flexibility Method is -9,68 KNm and with the SAP 2000 Method is -8,81 KNm, so the difference is 9,00%. Torque using the Flexibility Method is 0,073 KNm and with the SAP 2000 Method is 0,071 KNm, so the difference is 3,00%.

---

### **Kutipan:**

Copy Right to J-ForTek

DOI :

## 1. Pendahuluan

Dorongan untuk menguasai keterampilan memiliki lingkungan hidup yang lebih baik dan menarik saat ini juga meluas di bidang teknik, terutama di bidang teknik struktur. Selama bertahun-tahun, para insinyur dan arsitek telah berusaha meningkatkan pencapaian mereka hingga level dengan komponen struktural yang paling menarik dan efisien. Dari jumlah tersebut, salah satu komponen struktural yang dapat disebutkan adalah tangga heliks. Tangga helix memiliki penampilan menarik yang melekat di antara berbagai bentuk tangga dari sudut pandang arsitektur dan fungsional. Untuk alasan ini, tangga heliks semakin banyak digunakan di banyak bangunan penting.

Saat ini, sektor konstruksi di Indonesia meningkat secara dramatis. Seiring berkembangnya era konstruksi, kompleksitas struktur juga meningkat. Dan tangga spiral, sebagai salah satu komponen struktural yang paling fungsional, memiliki konfigurasi struktural yang kompleks. Kompleksitas ini karena geometrinya, Bangash dkk, 1999, Wadud dan Ahmad, 2005.

Secara geometris, struktur tangga heliks adalah struktur tiga dimensi dalam ruang yang terdiri dari permukaan melengkung yang dihasilkan dengan menggerakkan garis lurus menyentuh heliks sehingga garis bergerak selalu tegak lurus terhadap sumbu heliks. Pada heliks miring, garis selalu mempertahankan sudut tetap dengan heliks. Karena tangga heliks adalah elemen ruang, keenam gaya internal ikut berperan di bagian mana pun, memiliki arah dan garis gaya yang berbeda-beda. Gaya internal tersebut adalah, momen vertikal ( $M_v$ ), momen lateral ( $M_h$ ), geser vertikal ( $V_v$ ), geser lateral ( $V_h$ ), gaya aksial ( $N$ ) dan torsi ( $T$ ), Gizaw dkk, 2015, Kholi dkk, 2015, Modak dkk, 1991.

Selain dari adanya enam gaya dalam, tangga heliks sebagian besar dirancang hanya untuk momen vertikal, Wadud dkk, 2002; Zolanki dkk, 1986. Selain itu, karena kompleksitasnya, sehingga untuk memudahkan analisis, maka tangga heliks disederhanakan dengan cara mereduksi heliks dan memproyeksi secara horisontal dan menghitung tangga helix dengan pendekatan sebagai balok lengkung ujung tetap, Modak dkk, 1991. Pendekatan ini sangat konservatif namun cukup representatif. Namun terdapat kelemahan yaitu pengaruh torsi dan momen akhir tidak diperhitungkan, sehingga pemodelan ini kurang mewakili sifat puntir sebenarnya dari komponen struktur. Kesulitan sering ditemukan pada saat mendesain dan menghitung kekuatan struktur pada tangga heliks, Arya dan Prakash, 1973; Harshad, 1973.

Oleh karena itu, pada penelitian ini gaya-gaya dihitung menggunakan metode fleksibilitas dan membandingkan dengan hasil SAP 2000. Dari hasil perhitungan, gaya-gaya dalam yang didapat digunakan untuk mencari grafik hubungan antar jari-jari, putaran sudut, dan kemiringan tangga yang bekerja pada tangga helix.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Metode dan Data

Berdasarkan data yang diperoleh sebelumnya, analisis data yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Modifikasi dan identifikasi struktur bangunan tangga helix yang akan dianalisis.
2. Menghitung dan menentukan jenis beban yakni, beban mati dan beban hidup.
3. Menganalisis struktur dengan dua metode yaitu, analisis manual dengan metode fleksibilitas dan menggunakan SAP 2000.
4. Menghitung gaya-gaya dalam dengan metode analisis.
5. Membuat grafik hubungan antara jari-jari, alfa, teta dan gaya-gaya dalam.

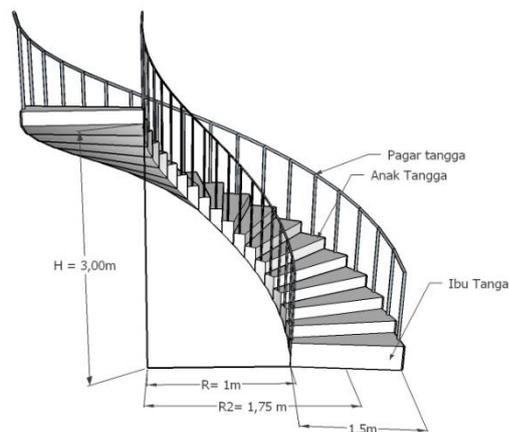
### 2.2. Data Model Perencanaan Tangga Helix

#### 2.2.1. Data Primer

Data teknis mengenai model tangga yang perlu diperhatikan dalam perencanaan 10

Tinggi tangga ( $H$ )	= 3 m
Lebar tangga ( $L$ )	= 1,5 m
Tebal plat tangga ( $t$ )	= 0,18 m
Tinggi anak tangga ( $h$ )	= 0,16667 m
Tebal plat anak tangga ( $t_2$ )	= 0,0975 m

$$\begin{aligned}
 \text{Total tebal plat} &= t_1+t_2 \\
 &= 0,18 +0,0975 \\
 &= 0,2775 \text{ m} \\
 \text{Jumlah anak tangga} &= \frac{H}{t} \\
 &= \frac{3}{0,1667} \\
 &= 18 \text{ Buah Anak Tangga} \\
 \text{Lebar Anak Tangga } (\bar{G}) &= \frac{\theta}{360} \times 2\pi r \\
 \theta &= 10^\circ \\
 \text{Lebar Anak Tangga} &= 0,305 \text{ m} \\
 \text{Kemiringan Tangga } (\alpha) &= \tan^{-1} \alpha = \frac{h}{\bar{G}} \\
 &= \frac{0,1667}{0,305} \\
 &= 28,6323^\circ \\
 \sin \alpha &= 0,479187832 \\
 \cos \alpha &= 0,87771238 \\
 \tan \alpha &= 0,545950864 \\
 \text{Radius yang digunakan (R)} &= 1,75 \text{ m} \\
 \text{Putaran sudut } (\theta) &= 180^\circ \\
 \text{Mutu beton}(f_c') &= 30 \text{ MPa} \\
 E \text{ (modulus elastisitas)} &= 4700 \times \sqrt{f_c} \\
 &= 25742960,2 \text{ KN/m}^2
 \end{aligned}$$



**Gambar 1.** Bentuk Tangga Helix Yang Ingin Dianalisis

### 2.2.2. Data Sekunder

Data pembebanan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah beban mati dan beban hidup.

a. **Beban Mati,**

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap; termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (Direktorat penyelidikan masalah bangunan,1983). Beban mati yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan PPIUG (1983) yaitu  $2400 \text{ kg/m}^3$ . berikut ini perhitungan beban mati pada tangga helix:

- t (tebal plat) : 0,18 m
- t<sub>2</sub>(tebal plat anak tangga): 0,0975 m
- Total tebal plat : 0,2775 m
- beban mati :  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Total beban mati :  $0,2775 \times 2400 = 666,0913 \text{ kg/m}^2$

b. **Beban Hidup**

Merupakan semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. (Direktorat penyelidikan masalah bangunan,1983). Beban hidup yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan PPIUG (1983) yaitu  $300 \text{ kg/m}^2$ .

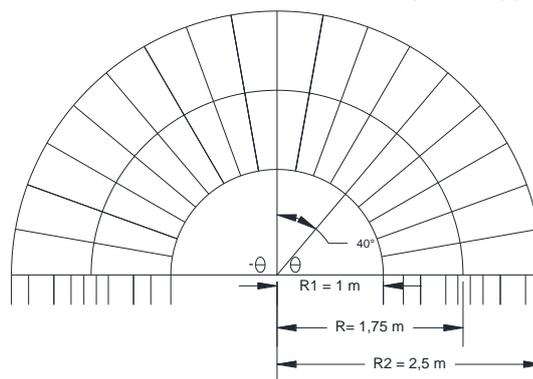
Kemudian kedua beban yang bekerja pada tangga helix yakni beban mati dan beban hidup digabungkan atau dikombinasikan dengan kombinasi pembebanan  $1,2 D + 1,6 L$ . Sehingga didapat  $(1,2 \times 666,0913) + (1,6 \times 300) = 1279,309 \text{ kg/m}^2$  atau  $12,794 \text{ KN/m}^2$  dari hasil kombinasi dikalikan dengan lebar tangga untuk mendapatkan beban merata pada tangga helix yaitu:

- $L = 1,5 \text{ m}$
- $q_l = 12,794 \text{ KN/m}^2$
- $w = q_l \times L$
- $w = 12,794 \times 1,5$
- $w = 19,1896 \text{ KN/m}$

**3. Hasil dan Pembahasan**

*3.1. Analisis Tangga Helix Menggunakan Metode Fleksibilitas*

Tangga helix dengan besar sudut ( $\Theta$ )  $180^\circ$ ; lebar tangga (L) 1,5 m; jari-jari yang digunakan (R) 1,75 m; beban yang dipakai (w) 19,1896 KN/m; besar kemiringan tangga ( $\alpha$ )  $28,63^\circ$



**Gambar 2.** Bentuk Tangga Yang Dianalisis

*3.1.1. Perhitungan Gaya Horizontal*

Berdasarkan gambar 2 gaya horizontal untuk sudut  $40^\circ$  yaitu sebagai berikut.

$$F_h = w \cdot R \cdot [C_x \cdot \cos \theta] \tag{1}$$

$$F_h = 19,1896 \times 1,75 \times [-1,045 \cdot 0,766] = -26,879 \text{ KN}$$

Hasil perhitungan gaya horisontal lainnya dapat dilihat pada tabel 1.

### 3.1.2. Perhitungan Gaya Vertikal

Berdasarkan Gambar 2. maka gaya vertikal untuk sudut 40° yaitu sebagai berikut.

$$F_v = w \times R \times (\theta \cos \alpha + C_x \times \sin \theta \times \sin \alpha) \quad (2)$$

$$F_v = 19,1896 \times 1,75 \times \left( \frac{40}{57,3} \times 0,877 + (-1,045) \times 0,6427 \times 0,4791 \right) = 9,87635 \text{ KN}$$

Hasil perhitungan gaya vertikal lainnya dapat dilihat pada tabel 1

### 3.1.3. Perhitungan Gaya Aksial

Berdasarkan Gambar 2 diatas maka nilai gaya aksial dapat dihitung dengan nilai  $C_x = -1,045$  yang dimana gaya aksial untuk sudut 40° yaitu sebagai berikut.

$$F_t = w \times R \times (\theta \sin \alpha - C_x \times \sin \theta \times \cos \alpha) \quad (3)$$

$$F_t = 19,1896 \times 1,75 \times \left( \frac{40}{57,3} \times 0,479 - (-1,045) \times 0,6427 \times 0,877 \right) = 31,0893 \text{ KN}$$

Hasil perhitungan gaya aksial lainnya dapat dilihat pada tabel 1

### 3.1.4. Perhitungan Momen Horizontal

Perhitungan di atas maka momen horizontal untuk sudut 40° didapat sebagai berikut.

$$M_h = (m_{sw} + X_x \cdot m_{sx} + X_r \cdot m_{sr} + e \cdot m_{st}) \quad (4)$$

$$M_h = 1,56 + 43,23 + 0,03 + 2,067$$

$$M_h = 46,89 \text{ KNm}$$

Sehingga momen horisontal pada setiap anak tangga dapat dilihat pada table 1

### 3.1.5. Momen Vertikal

Perhitungan momen vertikal untuk sudut 40° adalah sebagai berikut.

$$M_v = (m_{rw} + m_{rx} + m_{rr} + m_{rt}) \quad (5)$$

$$M_v = (-13,75 + 15,04 + -0,07 + (-1,47))$$

$$M_v = -0,2507 \text{ KNm}$$

Sehingga momen vertikal pada setiap anak tangga dapat dilihat pada Tabel 1.

### 3.1.6. Torsi

Perhitungan terhadap torsi untuk sudut 40° dapat dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\text{Torsi} = (m_{tw} + m_{tx} + m_{tr}) \quad (6)$$

$$\text{Torsi} = (2,85 + (-3,178) + 0,0527)$$

$$\text{Torsi} = -0,2738 \text{ KNm}$$

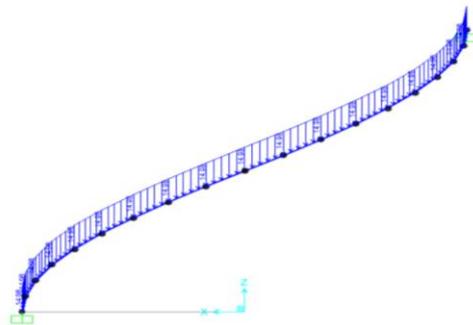
Maka dari persamaan diatas torsi lainnya dapat diliat pada Tabel 1 Rekapitulasi Gaya gaya dalam Metode Fleksibilitas.

**Tabel 1.** Hasil Rekap Gaya-Gaya Dalam Metode Fleksibilitas

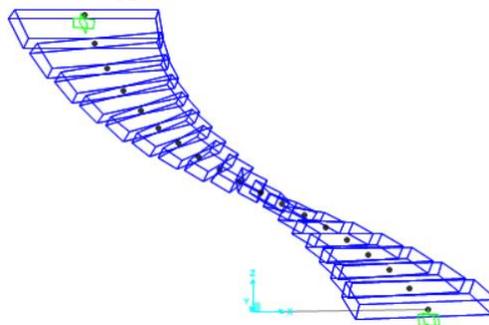
No	$\Theta$	Mv (Knm)	Mh(Knm)	Torsi (Knm)	F Horizontal	F Vertikal	F Aksial
1	90°	-12,408	74,336	0,094	0,000	29,726	56,207
2	80°	-7,688	72,520	-0,545	-6,093	24,810	52,916
3	70°	-4,358	68,829	-0,736	-12,001	20,397	48,703
4	60°	-2,178	63,260	-0,665	-17,545	16,465	43,611
5	50°	-0,892	55,894	-0,477	-22,555	12,975	37,709
6	40°	-0,251	46,890	-0,274	-26,880	9,876	31,089
7	30°	-0,022	36,482	-0,114	-30,388	7,106	23,869
8	20°	-0,010	24,964	-0,023	-32,973	4,591	16,180
9	10°	-0,065	12,678	0,007	-34,556	2,251	8,171
10	0°	-0,093	0,000	0,000	-35,089	0,000	0,000
11	-10°	-0,065	-12,678	-0,007	-34,556	-2,251	-8,171
12	-20°	-0,010	-24,964	0,023	-32,973	-4,591	-16,180
13	-30°	-0,022	-36,482	0,114	-30,388	-7,106	-23,869
14	-40°	-0,251	-46,890	0,274	-26,880	-9,876	-31,089
15	-50°	-0,892	-55,894	0,477	-22,555	-12,975	-37,709
16	-60°	-2,178	-63,260	0,665	-17,545	-16,465	-43,611
17	-70°	-4,358	-68,829	0,736	-12,001	-20,397	-48,703
18	-80°	-7,688	-72,520	0,545	-6,093	-24,810	-52,916
19	-90°	-12,408	-74,336	-0,094	0,000	-29,726	-56,207

3.2. Analisis Tangga Helix Menggunakan Metode Numerik (SAP 2000)

SAP 2000 merupakan aplikasi yang digunakan untuk menganalisis struktur. Pada penelitian ini SAP 2000 digunakan sebagai pembanding perhitungan analisis tangga helix. Berikut ini merupakan hasil analisis tangga helix menggunakan metode SAP 2000 yang dapat dilihat pada Tabel dan gambar desain tangga helix menggunakan SAP 2000



**Gambar 3.** Bentuk Tangga Helix Beserta Pembebanan Pada SAP 2000



**Gambar 4.** Bentuk Tangga Helix Beserta Dimensi Plat Yang Digunaka

**Tabel 2.** Hasil Rekap Gaya-gaya dalam SAP 2000

No	$\theta$	Mv (KNm)	MH(KNm)	Torsi (KNm)	F Horizontal	F Vertikal	F Aksial
1	90	-11,58	77,77	0,15	-3,40	33,08	62,64
2	80	-7,15	76,25	-0,45	-10,08	27,79	58,61
3	70	-4,17	72,65	-0,68	-16,46	23,05	53,37
4	60	-2,36	66,96	-0,57	-22,34	18,82	47,19
5	50	-1,38	59,29	-0,40	-27,55	15,06	40,16
6	40	-0,94	49,81	-0,23	-31,91	11,70	32,40
7	30	-0,77	38,79	-0,10	-35,30	8,67	24,04
8	20	-0,64	26,55	-0,03	-37,63	5,87	15,24
9	10	-0,40	13,49	0,00	-38,81	3,23	6,18
10	0	0,06	0,002	0,004	-38,80	0,627	2,979
11	-10	-0,40	-13,49	0,00	-38,81	-3,23	-6,18
12	-20	-0,64	-26,55	0,03	-37,63	-5,87	-15,24
13	-30	-0,77	-38,79	0,10	-35,30	-8,67	-24,04
14	-40	-0,94	-49,81	0,23	-31,91	-11,70	-32,40
15	-50	-1,38	-59,29	0,40	-27,55	-15,06	-40,16
16	-60	-2,36	-66,96	0,57	-22,34	-18,82	-47,19
17	-70	-4,17	-72,65	0,68	-16,46	-23,05	-53,37
18	-80	-7,15	-76,25	0,45	-10,08	-27,79	-58,61
19	-90	-11,58	-77,77	-0,15	-3,40	-33,08	-62,64

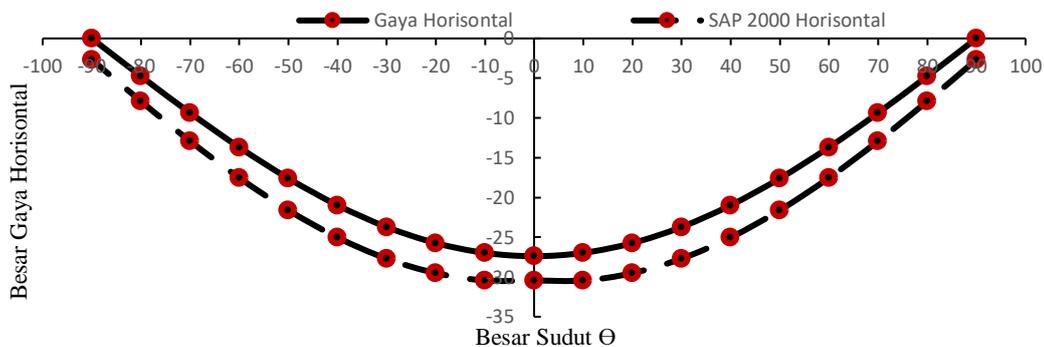
3.3. *Perbandingan Hasil Perhitungan*

Untuk analisis ini dilakukan perbandingan hasil hitungan Metode Fleksibilitas dan perhitungan dengan Metode SAP 2000). Berikut ini merupakan hasil perbandingan yang dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

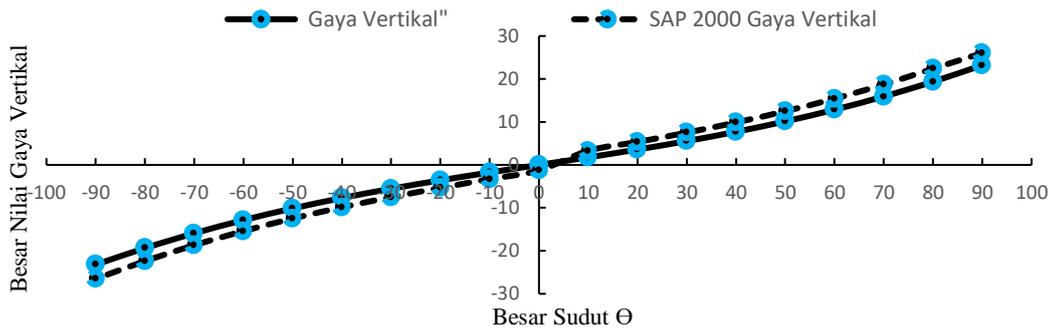
**Tabel 3.** Hasil Perbandingan Metode Fleksibilitas Dan Metode SAP 2000

Gaya-Gaya Dalam	Metode Fleksibilitas	Metode SAP 200	Selisih
Gaya Horizontal Max	-35,089	-38,806	9,6 %
Gaya Vertikal Max	29,726	33,075	10 %
Gaya Aksial Max	56,2066324	62,63841497	10 %
Momen Horizontal Max	74,33609074	77,76629287	4,4 %
Momen Vertikal Max	-12,40836414	-11,58446174	6,6 %
Torsi Max	-0,735542104	-0,68156446	7,3 %

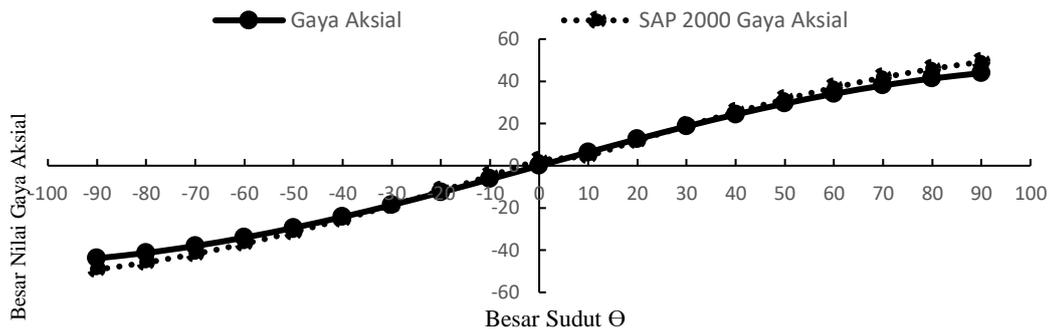
Berdasarkan hasil perbandingan diatas maka dibuatlah grafik perbandingan gaya-gaya dalam antara metode fleksibilitas dan metode SAP 2000 sebagai berikut.



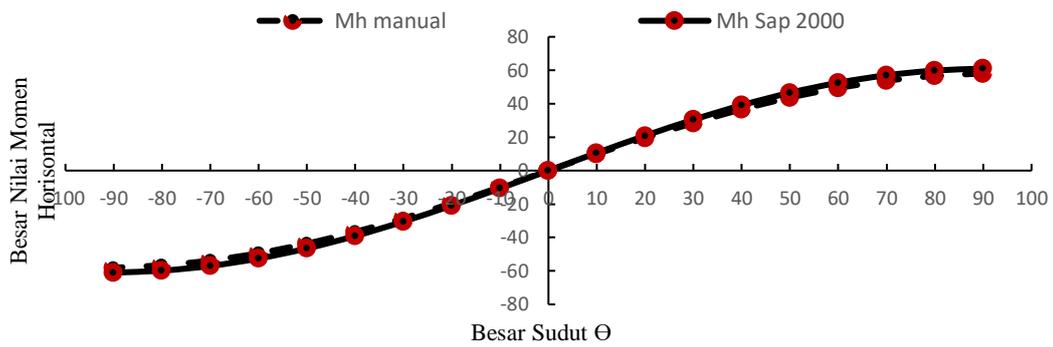
**Gambar 5.** Grafik Perbandingan Gaya Horizontal



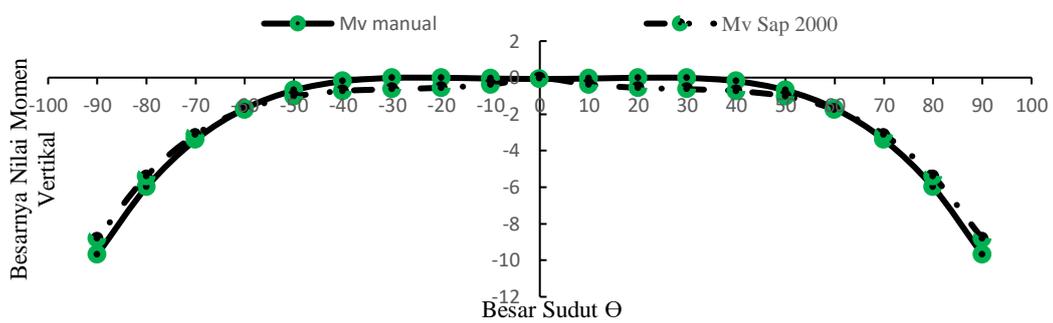
Gambar 6. Grafik Perbandingan Gaya Vertikal



Gambar 7. Grafik Perbandingan Gaya Aksial

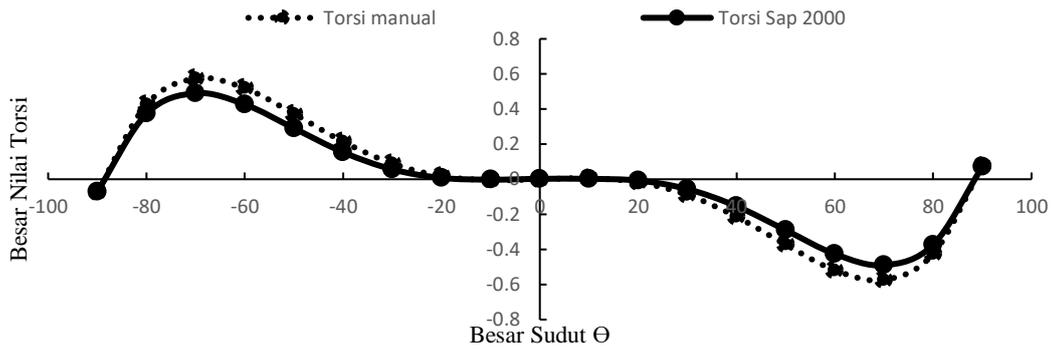


Gambar 8. Grafik Perbandingan Momen Horizontal



Gambar 9. Grafik Perbandingan Momen Vertikal



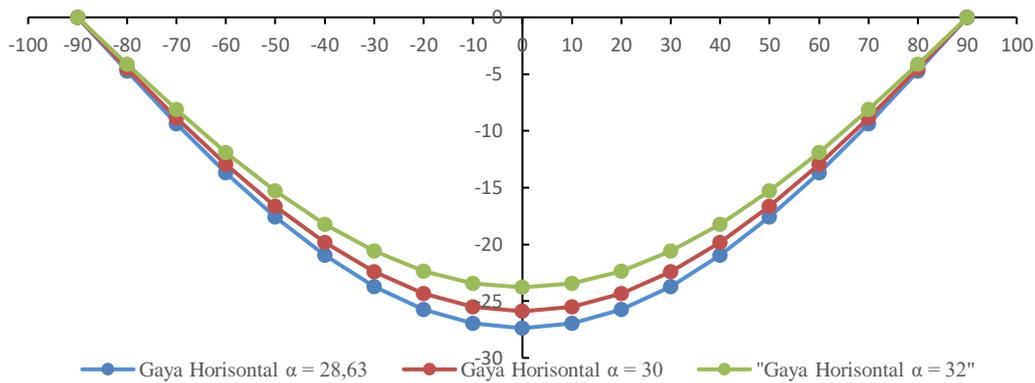


**Gambar 10.** Grafik Perbandingan Momen Torsi

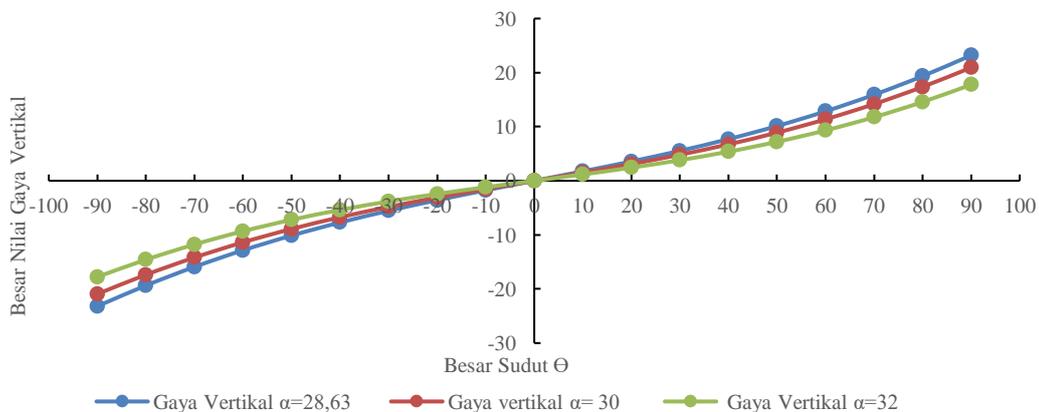
Berdasarkan grafik perbandingan gaya-gaya dalam yang tertera dalam gambar (4.27, 4.28, 4.29, 4.30, 4.31, 4.32) maka hasil perhitungan gaya-gaya dalam menggunakan Metode Fleksibilitas dan pembandingnya Metode SAP 2000 dapat dikatakan sama atau mencapai tingkat kesamaan dengan tingkat kesalahan dibawah 10,00%.

### 3.4. Variasi Teta Dengan Jari-Jari Dan Alfa Konstan

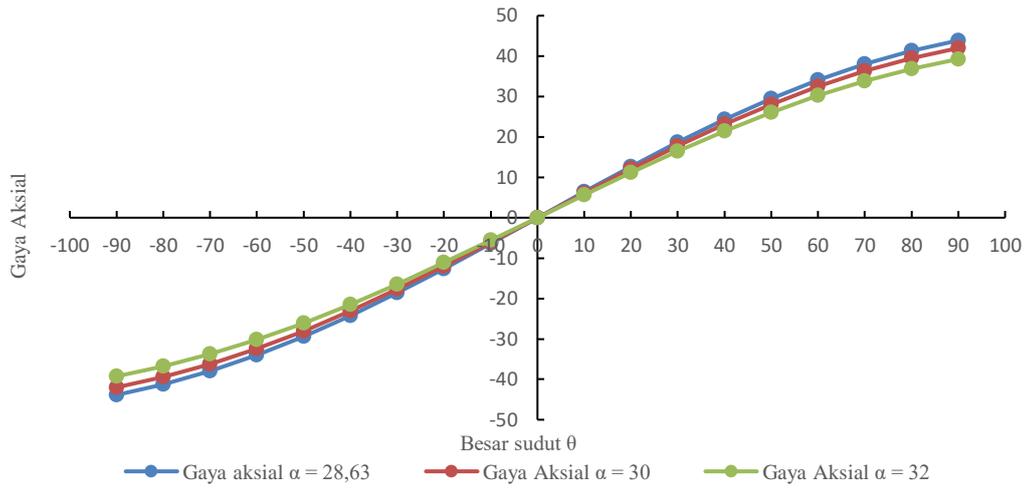
Dalam penelitian ini dilakukan variasi alfa dan jari-jari dengan besar alfa  $28.63^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $32^\circ$  dengan jari-jari 1,75, 1,65, 1,52 dan teta yang konstan. Dengan besar nilai teta  $180^\circ$ .



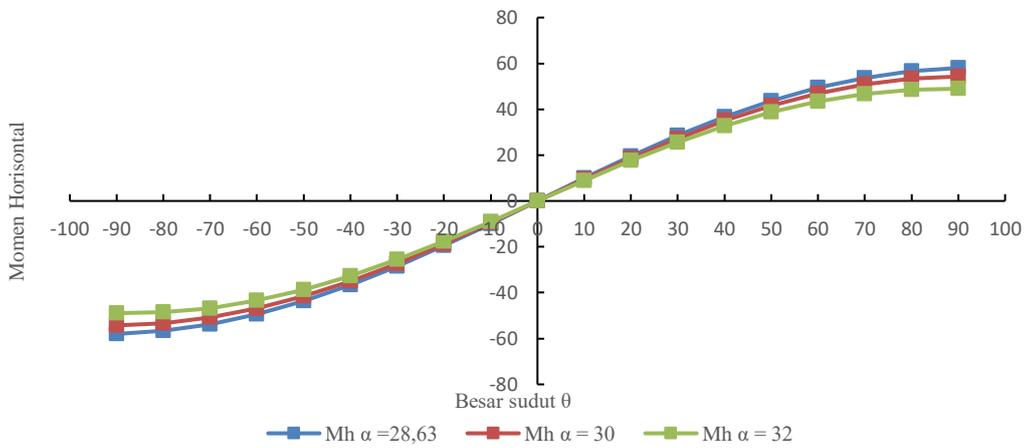
**Gambar 11.** Grafik Gaya Horizontal Variasi Alfa dan Jari-Jari



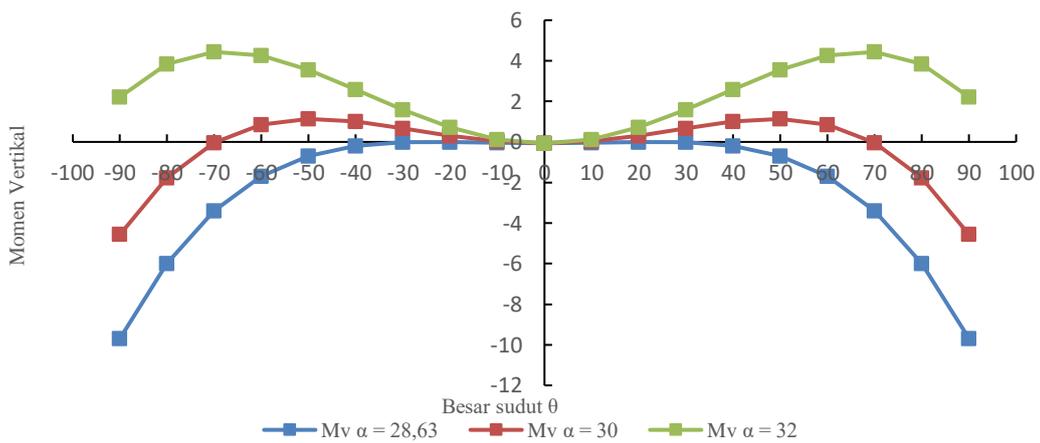
**Gambar 12.** Grafik Gaya Vertikal Variasi Alfa



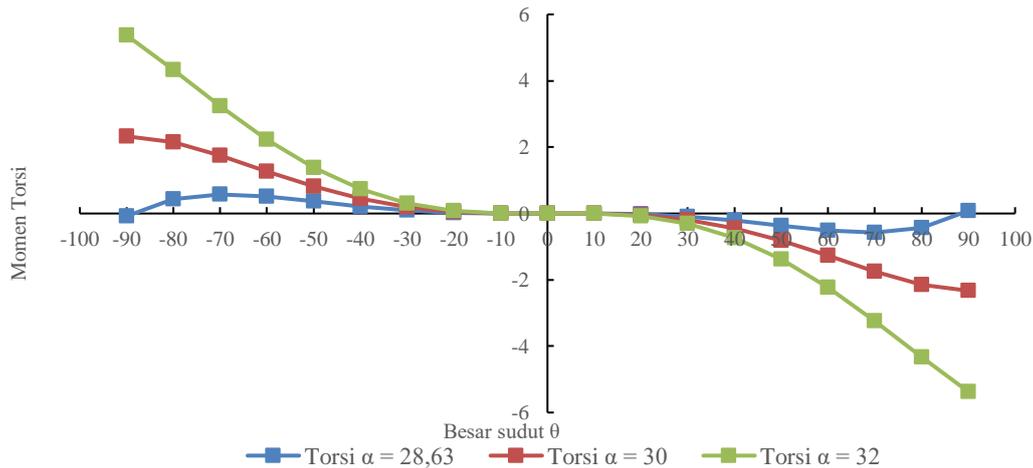
**Gambar 13.** Grafik Gaya Aksial Variasi Alfa



**Gambar 14.** Grafik Momen Horizontal Variasi Alfa



**Gambar 15.** Grafik Momen Vertikal Variasi Alfa



**Gambar 16.** Grafik Momen Torsi Variasi Alfa

Berdasarkan grafik variasi alfa dengan jari-jari dan teta yang konstan, dapat dikatakan:

1. Semakin besar nilai alfa maka semakin kecil gaya-gaya dalam yang bekerja pada tangga helix yaitu gaya vertikal, gaya horisontal, gaya aksial, momen vertikal, momen horisontal.
2. Semakin besar nilai alfa maka semakin besar momen torsi yang bekerja pada tangga helix

### 3.5. Pembahasan

Analisis terhadap tangga helix sulit dilakukan karena bentuknya yang spiral. Metode fleksibilitas merupakan salah satu metode dalam menganalisis suatu struktur statis tak tentu. Hasil penelitian tentang studi analisis tangga spiral menggunakan Metode Fleksibilitas telah diperoleh dan dibandingkan dengan perhitungan numerik menggunakan Aplikasi SAP 2000. Dari hasil penelitian tersebut dapat dikatakan bahwa studi analisis tangga helix menggunakan metode fleksibilitas tersebut mencapai tingkat kesalahan yang signifikan yaitu dibawah 10,00%.

Ada beberapa variasi yang dilakukan yaitu sudut  $\alpha$  dan jari-jari tangga dengan sudut  $\Theta$  yang konstan, dan variasi sudut  $\Theta$  dengan jari-jari dan sudut  $\alpha$  yang konstan. Hasilnya menunjukkan bahwa semakin besar jari-jari maka nilai gaya-gaya dalam yaitu gaya aksial, gaya vertikal, momen horisontal, torsi meningkat secara signifikan di titik perletakan atau meningkat secara signifikan seiring perubahan besar sudut yang terjadi. Semakin besar jari-jari semakin besar pula gaya horisontal namun semakin kecil pada titik perletakan dan makin besar pada tengah bentang plat. Semakin besar  $\Theta$  maka nilai gaya-gaya dalam yaitu gaya aksial, gaya vertikal, momen horisontal, dan torsi meningkat namun tidak signifikan terjadi pada titik perletakan. Semakin besar  $\Theta$  semakin besar pula gaya horisontal namun besarnya semakin kecil pada titik perletakan dan makin besar pada tengah bentang plat. Semakin besar nilai  $\alpha$  maka semakin besar nilai momen torsi, gaya aksial namun peningkatannya tidak terlalu signifikan. Semakin besar nilai sudut  $\alpha$  maka semakin kecil nilai gaya vertikal dan momen vertikal. Semakin besar nilai sudut  $\alpha$  maka nilai momen horisontal dan gaya horisontal semakin meningkat namun peningkatannya sangatlah kecil.

## 4. Kesimpulan

Analisis tangga helix menggunakan Metode Fleksibilitas dan metode SAP 2000 didapat hasil perbandingan kedua metode yaitu dibawah 10%. Dari hasil perbandingan ini dapat dikatakan bahwa perhitungan secara manual menggunakan Metode Fleksibilitas memiliki akurasi yang cukup baik.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada grafik gaya-gaya dalam maka jika nilai besar sudut  $\Theta$  semakin besar maka nilai gaya-gaya dalam pun semakin besar. Begitu pula dengan semakin besar jari-jari semakin besar pula nilai gaya-gaya dalam yang bekerja pada tangga helix. Dan jika nilai  $\alpha$  atau kemiringan tangga semakin besar maka nilai dari gaya-gaya dalam akan semakin kecil. Demikian juga nilai momen torsi semakin besar.

### Daftar Pustaka

- A S Arya and A Prakash. 'Analysis of Helicoidal Staircases with Intermediate Landing' in 'Analysis of Structural System for Torsion,' SP 35, American Concrete Institute, Detroit, MI, 1973.
- Bangash, M. dan Bangash, T., 1999. *Stair Structural Analisis And Design Cases*, A.A Balkema, Rotterdam.
- PPBUG, 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Gizaw, Y. 2015. "Analisis Aid Preparation For Self Supporting Fixed Ended Helical Stair", Magister Teknik Sipil Universitas Addis Ababa, Adidis Ababa.
- H T Solanki. 'Helicoidal Staircases with Intermediate Landing.' Structural Engineering Practice, vol 3, no 2, 1986, pp 133-140
- Harshad J. Shah," Study of Helical stairs", ACI Journal, 1972, Proceedings, vol 61, no 1, April 1973, pp 85-101
- Kholiq, A. 2015. "Analisis Struktur Tangga Proyek Pembangunan Rsud Cideres Maja Lengka", Teknik Sipil Universitas Majalengka, Majalengka.
- Modak, S. 1991.A "Design Rationale For Helicoidal Stair Slabs", Depertemen Of Civil Engginingr Banglades University, Bangladesh.
- Wadud, Z. 2002. "A Simple Design Approach For Helicoidal Stair", Depertemen Of Civil Engineering Bangladesh University Of Enggineering And Technology, Bangladesh.
- Wadud, Z. dan Ahmad, S., 2005. "Simple Design Charts For Helicoidal Stair Slabs With Intermediate Landings". Depertemen Of Civil Enggineering Bangladesh University Of Enggineering And Technology, Bangladesh.