

PERHITUNGAN PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA ATAP DENGAN METODE MATRIKS MENGGUNAKAN MICROSOFT EXCEL 2010

Sulaiaman, Mahfuz Hudori
Universitas Internasional Batam

Abstrak

Perhitungan konstruksi rangka atap dapat dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel 2010* dengan pendekatan metode matriks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang program matriks, mengetahui cara pembacaan hasil perhitungan matriks dan penginputan data yang benar. Pemrograman dibuat dengan menggunakan *Microsoft Excel 2010* dan dilakukan pengujian program untuk mengetahui kebenarannya.

Penerapan aplikasi program perhitungan matriks rangka batang dapat diawali pembuatan panduan pemakaian aplikasi program perhitungan matriks rangka batang. Penginputan data yang benar adalah dengan mengikuti panduan yang telah dibuat dalam aplikasi program perhitungan matriks rangka batang. Pembacaan hasil perhitungan matriks adalah dengan melihat nilai dari hasil analisa program. Hasil perhitungan meliputi gaya aksial dan reaksi perletakan. Pembacaan hasil pada gaya aksial jika (-) maka mengalami tarik dan sebaliknya jika (+) maka mengalami tekan.

Kata kunci: *Microsoft Excel 2010, gaya aksial, reaksi perletakan, struktur rangka atap*

Abstract

Calculation of roof construction can using Microsoft Excel 2010 with the matrix method approach. The purpose of this study is design a matrix program; find out how to read the results of the matrix calculation and inputting the correct data. Calculation results include axial forces and placement reactions. The reading of the results on the axial force if (-) then experiences tensile and vice versa if (+) then experiences compression.

Keywords: *microsoft excel 2010, axial force, placement reaction, roof frame structure*

Pendahuluan

Kemajuan teknologi terus berkembang khususnya Pulau Batam, di antaranya adalah bidang konstruksi. Konstruksi yang dimaksud di sini adalah sebagai tempat tinggal, tempat usaha, juga sebagai tempat rekreasi dan wisata. Konstruksi sebagai tempat tinggal, tempat usaha, juga tempat rekreasi dan wisata tidak terlepas dari lindungan terhadap bencana alam seperti gempa, puting beliung, angin topan bahkan hujan dan sinar matahari. Sumber daya alam yang ada di Batam dipergunakan sepenuhnya oleh para pengusaha (pengembang) untuk melakukan usaha jasa yaitu membangun dan menjual tempat tinggal seperti ruko, *town house*, perumahan dan sebagainya.

Pembangunan tempat tinggal sangat memperhatikan struktur konstruksi. Sebagai seorang *engineer*, semua struktur konstruksi dalam sebuah bangunan perlu diperhitungkan/dianalisa terlebih dahulu untuk mendapat satu angka aman supaya bangunan tersebut tidak mengalami kegagalan. Analisa struktur bangunan bisa menggunakan program seperti SAP 2000, StaadPro, Etabs dan lain-lain atau dapat juga dilakukan secara manual sesuai dengan peraturan SK SNI.

Dari uraian di atas, penulis tertarik untuk menciptakan suatu rancangan pengerjaan perhitungan perencanaan struktur rangka batang pada konstruksi rangka atap dengan pendekatan metode matriks menggunakan program *Microsoft Excel 2010*.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Dalam pembuatan program perhitungan matriks terdapat variabel yang akan menjadi fokus dari penelitian ini. Adapun program yang dibuat adalah program perhitungan matriks yang meliputi:

1. Degree of freedom/joint displacements (d)
2. Gaya luar (P)
3. Kekakuan matriks dalam global koordinat (K)
4. Struktur kekakuan matriks (S)
5. Transformasi matriks (T)
6. Reaksi perletakan (R)
7. Gaya aksial (Q)

Cara Pengambilan Data dan Rumus

Pengambilan data dan rumus yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *handbook Matrix Analysis of Structures* dan juga menggunakan buku matematika mengenai matriks.

Perancangan Program

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah merancang dan membuat program perhitungan matriks dengan langkah-langkah antara lain:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan,
2. Membuat rancangan perhitungan matriks,
3. Membuat rancangan pengontrolan,
4. Membedakan antara input data dengan rumus pada *Microsoft Excel 2010*,
5. Memberi penomoran yang jelas pada *Microsoft Excel 2010*,
6. Membuat panduan/langkah-langkah dalam menggunakan program perhitungan matriks *Microsoft Excel 2010* dari menginput data sampai dengan cara membaca hasil,
7. Menguji program, dan
8. Merevisi program apabila diperlukan.

Metode penelitian dalam hal ini meliputi perancangan yang kemudian diwujudkan dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2010*.

Tahapan Inputan Data

Inputan data dimulai dengan pengambilan data-data yang berupa (lampiran 2 sampai lampiran 13):

1. Modulus elastisitas (E)
2. Luas penampang (A)
3. Panjang rangka batang (L)
4. Gaya luar (P)

Untuk penomoran diberi dengan angka 1, 2, 3 dan seterusnya sesuai dengan kasus yang kita analisis.

Tahapan Proses

Dari rumus-rumus yang telah dirancang seperti di bawah ini:

$$1. \quad K = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta & -\cos^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta \\ \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta & -\sin^2 \theta \\ -\cos^2 \theta & -\cos \theta \sin \theta & \cos^2 \theta & \cos \theta \sin \theta \\ -\cos \theta \sin \theta & -\sin^2 \theta & \cos \theta \sin \theta & \sin^2 \theta \end{bmatrix}$$

$$2. \quad S = \begin{bmatrix} K_{axby}^{(1)} + K_{axby}^{(2)} + \dots + K_{axby}^{(n)} & K_{axby}^{(1)} + K_{axby}^{(2)} + \dots + K_{axby}^{(n)} & \dots \\ K_{axby}^{(1)} + K_{axby}^{(2)} + \dots + K_{axby}^{(n)} & K_{axby}^{(1)} + K_{axby}^{(2)} + \dots + K_{axby}^{(n)} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Keterangan:

Ax : kolom ke x; By : baris ke y; N : jumlah K

3. $P = S \times d \times d = S^{-1} \times P$

4. $T = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$

5. $u = T \times v$

6. $k = \frac{EA}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

7. $Q = k \times u$

8. $F = T^T \times Q$

Microsoft Excel 2010 akan melakukan proses sesuai rancangan proses. Jika dianggap memenuhi ketentuan dalam rumusan maka Microsoft Excel akan menjalankan perintah dan mengeluarkan hasil.

Tahapan Output

Output dari program perhitungan matriks ini berupa kisaran nilai pada gaya aksial (Q), reaksi perletakan (R). Jika terjadi kesalahan pada inputan data, proses ataupun program tidak berjalan dengan lancar maka output dari program ini berupa “#DIV/0!” atau “#N/A”.

Analisis Data

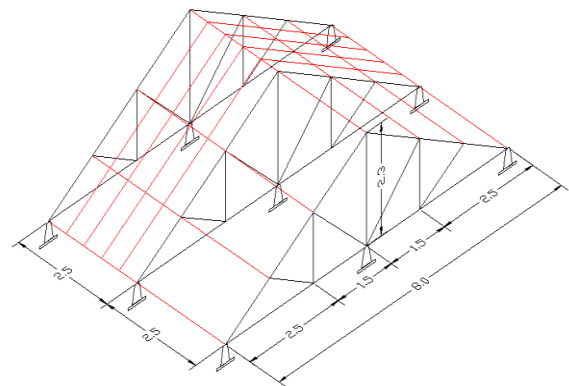
Hasil perancangan dan pembuatan diuraikan secara deskriptif naratif. Penafsiran dan penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan tiap langkah dalam pembuatan program. Simpulan akhir ditentukan dengan berhasil tidaknya program dapat dijalankan sesuai dengan rancangan. Indikator keberhasilan didasarkan pada penerapan rancangan program perhitungan matriks pada perencanaan struktur rangka batang, yaitu dengan tiga pendekatan rumus di bawah ini:

1. $\sum F_x = 0$
2. $\sum F_y = 0$
3. $\sum M = 0$

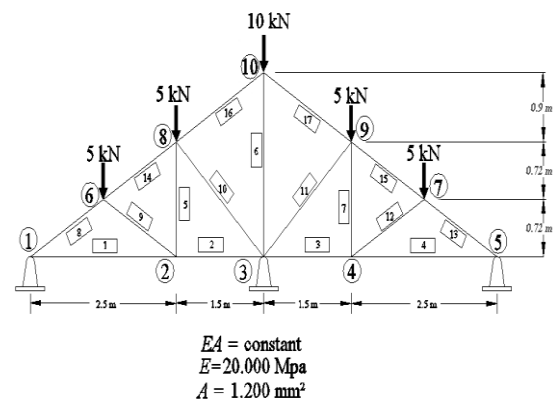
Temuan dan Pembahasan

▪ **Pengujian Program**

Pengujian dilakukan dengan mengambil desain konstruksi ruko 2 lantai yang dikerjakan oleh konsultan CV. Sulaiman Kosntruksi menggunakan rangka atap baja ringan seperti gambar denah dibawah. Dimana $E = 20.000 \text{ mpa}$, $A = 1.200 \text{ mm}^2$ ($EA = \text{constant}$) dan sudut = 30° .



Gambar 1. Denah Rangka Atap



Gambar 2. Pembebanan

Dari desain pada Gambar 1 akan diuji : perhitungan hitunglah gaya aksial yang terjadi dan reaksi perletakan yang bekerja.

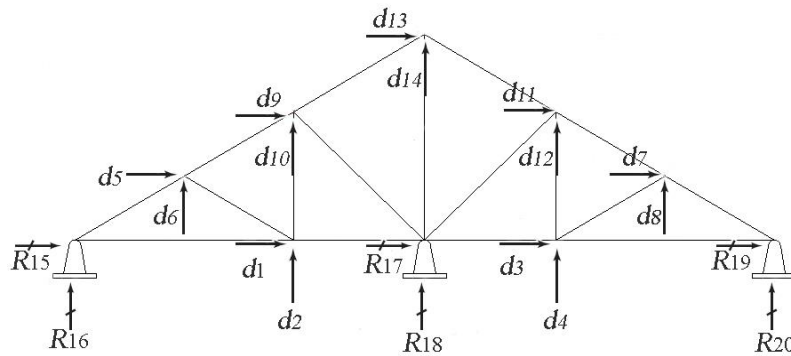
Penyelesaian:

- a. Penyelesaian masalah di atas

Untuk menyelesaikan masalah ini, terlebih dahulu tentukan *degree of freedoms* seperti berikut:

$$NDOF = NCJT (NJ) - NR = 2 (10) - 6 = 14$$

Kemudian tentukan penomoran seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3. Penomoran

Input data seperti berikut:

Tabel 1. Input Data

Members	E	A	L	X1	Y1	X2	Y2	cosa	sina
1	200000	0.0012	2.5	0	0	2.5	0	1	0
2	200000	0.0012	1.5	2.5	0	4	0	1	0
3	200000	0.0012	1.5	4	0	5.5	0	1	0
4	200000	0.0012	2.5	5.5	0	8	0	1	0
5	200000	0.0012	1.44	2.5	0	2.5	1.44	0	1
6	200000	0.0012	2.3	4	0	4	2.3	0	1
7	200000	0.0012	1.44	5.5	0	5.5	1.44	0	1
8	200000	0.0012	1.4425	0	0	1.25	0.72	0.867	0.499
9	200000	0.0012	1.4425	2.5	0	1.25	0.72	-0.867	0.499
10	200000	0.0012	2.0793	4	0	2.5	1.44	-0.721	0.693
11	200000	0.0012	2.0793	4	0	5.5	1.44	0.721	0.693
12	200000	0.0012	1.4425	5.5	0	6.75	0.72	0.867	0.499
13	200000	0.0012	1.4425	8	0	6.75	0.72	-0.867	0.499
14	200000	0.0012	1.4425	1.25	0.72	2.5	1.44	0.867	0.499
15	200000	0.0012	1.4425	6.75	0.72	5.5	1.44	-0.867	0.499
16	200000	0.0012	1.8	2.5	1.44	4	2.3	0.833	0.478
17	200000	0.0012	1.8	5.5	1.44	4	2.3	-0.833	0.478

Hasil K_1 sampai K_{17} adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= 96 \begin{bmatrix} 96 & 0 & -96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -96 & 0 & 96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 15 \\ 16 \\ 1 \\ 2 \end{matrix} &
 K_2 &= 160 \begin{bmatrix} 160 & 0 & -160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -160 & 0 & 160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 17 \\ 18 \end{matrix} \\
 K_3 &= 160 \begin{bmatrix} 160 & 0 & -160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -160 & 0 & 160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 17 \\ 18 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} &
 K_4 &= 96 \begin{bmatrix} 96 & 0 & -96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -96 & 0 & 96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 19 \\ 20 \end{matrix} \\
 K_5 &= 166.67 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 166.67 & 0 & -166.67 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -166.67 & 0 & 166.67 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 9 \\ 10 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

		0	0	0	0	17
$K_6 = 104.35$		0	104.35	0	-104.35	18
		0	0	0	0	13
		0	-104.35	0	104.35	14
		0	0	0	0	3
$K_7 = 166.67$		0	166.67	0	-166.67	4
		0	0	0	0	11
		0	-166.67	0	166.67	12
$K_8 = 166.37$		124.93	71.958	-124.93	-71.958	15
		71.958	41.448	-71.958	-41.448	16
		-124.93	-71.958	124.93	71.958	5
		-71.958	-41.448	71.958	41.448	6
$K_9 = 166.37$		124.93	-71.958	-124.93	71.958	1
		-71.958	41.448	71.958	-41.448	2
		-124.93	71.958	124.93	-71.958	5
		71.958	-41.448	-71.958	41.448	6
$K_{10} = 115.42$		60.066	-57.663	-60.066	57.663	17
		-57.663	55.356	57.663	-55.356	18
		-60.066	57.663	60.066	-57.663	9
		57.663	-55.356	-57.663	55.356	10
$K_{11} = 115.42$		60.066	57.663	-60.066	-57.663	17
		57.663	55.356	-57.663	-55.356	18
		-60.066	-57.663	60.066	57.663	11
		-57.663	-55.356	57.663	55.356	12
$K_{12} = 166.37$		124.93	71.958	-124.93	-71.958	3
		71.958	41.448	-71.958	-41.448	4
		-124.93	-71.958	124.93	71.958	7
		-71.958	-41.448	71.958	41.448	8
$K_{13} = 166.37$		124.93	-71.958	-124.93	71.958	19
		-71.958	41.448	71.958	-41.448	20
		-124.93	71.958	124.93	-71.958	7
		71.958	-41.448	-71.958	41.448	8
$K_{14} = 166.37$		124.93	71.958	-124.93	-71.958	5
		71.958	41.448	-71.958	-41.448	6
		-124.93	-71.958	124.93	71.958	9
		-71.958	-41.448	71.958	41.448	10
$K_{15} = 166.37$		124.93	-71.958	-124.93	71.958	11
		-71.958	41.448	71.958	-41.448	12
		-124.93	71.958	124.93	-71.958	7
		71.958	-41.448	-71.958	41.448	8
$K_{16} = 133.33$		92.593	53.086	-92.593	-53.086	9
		53.086	30.436	-53.086	-30.436	10
		-92.593	-53.086	92.593	53.086	13
		-53.086	-30.436	53.086	30.436	14
$K_{17} = 133.33$		92.593	-53.086	-92.593	53.086	13
		-53.086	30.436	53.086	-30.436	14
		-92.593	53.086	92.593	-53.086	11
		53.086	-30.436	-53.086	30.436	12

Hasil S dan *inverse* S seperti tabel berikut:

1. Struktur Kekakuan Matriks

1	2	3	4	5	6	7	
381	-72	0	0	-125	72	0	1
-72	208	0	0	72	-41	0	2
0	0	381	72	0	0	-125	3
0	0	72	208	0	0	-72	4
-125	72	0	0	375	72	0	5
72	-41	0	0	72	124	0	6
0	0	-125	-72	0	0	375	7
0	0	-72	-41	0	0	-72	8
0	0	0	0	-125	-72	0	9
0	-167	0	0	-72	-41	0	10
0	0	0	0	0	0	-125	11
0	0	0	-167	0	0	72	12
0	0	0	0	0	0	0	13
0	0	0	0	0	0	0	14

8	9	10	11	12	13	14	
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	-167	0	0	0	0	2
-72	0	0	0	0	0	0	3
-41	0	0	0	-167	0	0	4
0	-125	-72	0	0	0	0	5
0	-72	-41	0	0	0	0	6
-72	0	0	-125	72	0	0	7
124	0	0	72	-41	0	0	8
0	278	67	0	0	-93	-53	9
0	67	294	0	0	-53	-30	10
72	0	0	278	-67	-93	53	11
-41	0	0	-67	294	53	-30	12
0	-93	-53	-93	53	185	0	13
0	-53	-30	53	-30	0	165	14

2. *Inverse* Struktur Kekakuan Matriks

1	2	3	4	5	6	7	
0.004	0	4E-36	-1.5E-19	0.002	-0.0034	0	1
9.2E-20	0.018	4.4E-20	-0.002	-0.0033	0.0125	0.0002	2
4E-36	1.5E-19	0.004	0	0	7E-20	0.002	3
-4E-20	-0.002	-9E-20	0.018	-0.0002	-0.0019	0.0033	4
0.002	-0.003	4.2E-21	-0.0002	0.0051	-0.0047	1.5E-05	5
-0.004	0.013	5.1E-20	-0.002	-0.0047	0.0223	0.0002	6
4.2E-21	0.0002	0.002	0.003	1.5E-05	0.0002	0.0051	7
-5.E-20	-0.002	0.003	0.013	-0.0002	-0.0022	0.0047	8
2E-19	0.0008	4.2E-20	-0.0016	0.0016	0.0037	0.0002	9
2.4E-20	0.0122	4.4E-20	-0.0016	-0.0015	0.0095	0.0002	10
4.2E-20	0.0016	2E-19	-0.0009	0.0002	0.0018	0.0016	11
-4.E-20	-0.0016	-2E-20	0.012	-0.0002	-0.0019	0.0015	12
1.4E-19	0.0052	1.4E-19	-0.005	0.0005	0.0061	0.0005	13
4.6E-20	0.002	-5E-20	0.002	0.0002	0.002	-0.0002	14
8	9	10	11	12	13	14	
-7.3E-20	2.9E-19	2.9E-19	1.5E-19	-1E-19	4E-19	1.5E-19	1
-0.002	0.0009	0.0122	0.0016	-0.0016	0.0052	0.0017	2
0.003	1.5E-19	1.5E-19	2.9E-19	-3E-19	4E-19	-1.5E-19	3
0.0125	-0.0016	-0.0016	-0.0009	0.0122	-0.0052	0.0017	4
-0.0002	0.0016	-0.0015	0.0002	-0.0002	0.0005	0.0002	5
-0.0022	0.0037	0.0095	0.0018	-0.0019	0.0061	0.002	6
0.0047	0.0002	0.0002	0.0016	0.0015	0.0005	-0.0002	7
0.0222	-0.0018	-0.0019	-0.0037	0.0095	-0.0061	0.002	8
-0.002	0.0071	0.0009	0.0015	-0.0016	0.005	0.0017	9
-0.0019	0.0009	0.0122	0.0016	-0.0016	0.0052	0.0017	10
-0.0037	0.0015	0.0016	0.0071	-0.0009	0.005	-0.0017	11
0.0095	-0.0016	-0.0016	-0.0009	0.0122	-0.0052	0.0017	12
-0.0061	0.005	0.0052	0.005	-0.0052	0.0134	0	13
0.002	0.0017	0.0017	-0.0017	0.0017	0	0.0078	14

Hasil nilai P dan d adalah sebagai berikut:

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 2 \\ 0 & 3 \\ 0 & 4 \\ 0 & 5 \\ -5 & 6 \\ 0 & 7 \\ -5 & 8 \\ 0 & 9 \\ -5 & 10 \\ 0 & 11 \\ -5 & 12 \\ 0 & 13 \\ -10 & 14 \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} 0.017 & 1 \\ -0.123 & 2 \\ -0.017 & 3 \\ -0.123 & 4 \\ 0.031 & 5 \\ -0.159 & 6 \\ -0.031 & 7 \\ -0.159 & 8 \\ -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \\ 0.023 & 11 \\ -0.108 & 12 \\ 0 & 13 \\ -0.115 & 14 \end{bmatrix}$$

$$v_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 19 \\ 0 & 20 \\ -0.031 & 7 \\ -0.159 & 8 \\ 0.031 & 5 \\ -0.159 & 6 \\ -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \end{bmatrix} \quad v_{14} = \begin{bmatrix} -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \\ 0 & 13 \\ -0.115 & 14 \end{bmatrix}$$

$$v_{15} = \begin{bmatrix} 0.023 & 11 \\ -0.108 & 12 \\ -0.031 & 7 \\ -0.159 & 8 \\ 0 & 13 \\ -0.115 & 14 \end{bmatrix} \quad v_{16} = \begin{bmatrix} -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \\ 0 & 13 \\ -0.115 & 14 \end{bmatrix}$$

$$v_{17} = \begin{bmatrix} 0.023 & 11 \\ -0.108 & 12 \end{bmatrix}$$

b. Gaya aksial yang terjadi

Untuk mendapat nilai gaya aksial masing-masing *members*, terlebih dahulu tentukan nilai *u* dan *k* karena gaya aksial = hasil kali *u* dan *k*.

Hasil nilai *v*, *T*, *u* adalah sebagai berikut:

$$v_1 = \begin{bmatrix} 0 & 15 \\ 0 & 16 \\ 0.017 & 1 \\ -0.123 & 2 \end{bmatrix} \quad v_2 = \begin{bmatrix} 0.017 & 1 \\ -0.123 & 2 \\ 0 & 17 \\ 0 & 18 \end{bmatrix}$$

$$v_3 = \begin{bmatrix} 0 & 17 \\ 0 & 18 \\ -0.017 & 3 \\ -0.123 & 4 \end{bmatrix} \quad v_4 = \begin{bmatrix} -0.017 & 3 \\ -0.123 & 4 \\ 0 & 19 \\ 0 & 20 \end{bmatrix}$$

$$v_5 = \begin{bmatrix} 0.017 & 1 \\ -0.123 & 2 \\ -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \end{bmatrix} \quad v_6 = \begin{bmatrix} 0 & 17 \\ 0 & 18 \\ 0 & 13 \\ -0.115 & 14 \end{bmatrix}$$

$$v_7 = \begin{bmatrix} -0.017 & 3 \\ -0.123 & 4 \\ 0.023 & 11 \\ -0.108 & 12 \end{bmatrix} \quad v_8 = \begin{bmatrix} 0 & 15 \\ 0 & 16 \\ 0.031 & 5 \\ -0.159 & 6 \end{bmatrix}$$

$$v_9 = \begin{bmatrix} 0.017 & 1 \\ -0.123 & 2 \\ 0.031 & 5 \\ -0.159 & 6 \end{bmatrix} \quad v_{10} = \begin{bmatrix} 0 & 17 \\ 0 & 18 \\ -0.023 & 9 \\ -0.108 & 10 \end{bmatrix}$$

$$v_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 17 \\ 0 & 18 \\ 0.023 & 11 \\ -0.108 & 12 \end{bmatrix} \quad v_{12} = \begin{bmatrix} -0.017 & 3 \\ -0.123 & 4 \\ -0.031 & 7 \\ -0.159 & 8 \end{bmatrix}$$

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T_5 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_6 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_7 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_8 = \begin{bmatrix} 0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 T_9 &= \begin{bmatrix} -0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & -0.87 \end{bmatrix} \\
 T_{10} &= \begin{bmatrix} -0.72 & 0.69 & 0 & 0 \\ -0.69 & -0.72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.72 & 0.69 \\ 0 & 0 & -0.69 & -0.72 \end{bmatrix} \\
 T_{11} &= \begin{bmatrix} 0.72 & 0.69 & 0 & 0 \\ -0.69 & 0.72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.72 & 0.69 \\ 0 & 0 & -0.69 & 0.72 \end{bmatrix} \\
 T_{12} &= \begin{bmatrix} 0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & 0.87 \end{bmatrix} \\
 T_{13} &= \begin{bmatrix} -0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & -0.87 \end{bmatrix} \\
 T_{14} &= \begin{bmatrix} 0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & 0.87 \end{bmatrix} \\
 T_{15} &= \begin{bmatrix} -0.87 & 0.5 & 0 & 0 \\ -0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & 0.5 \\ 0 & 0 & -0.5 & -0.87 \end{bmatrix} \\
 T_{16} &= \begin{bmatrix} 0.83 & 0.48 & 0 & 0 \\ -0.48 & 0.83 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.83 & 0.48 \\ 0 & 0 & -0.48 & 0.83 \end{bmatrix} \\
 T_{17} &= \begin{bmatrix} -0.83 & 0.48 & 0 & 0 \\ -0.48 & -0.83 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.83 & 0.48 \\ 0 & 0 & -0.48 & -0.83 \end{bmatrix} \\
 u_1 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.017 \\ -0.123 \end{bmatrix} \quad u_2 = \begin{bmatrix} 0.017 \\ -0.123 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 u_3 &= \begin{bmatrix} 0 \\ -0.017 \\ -0.123 \\ 0 \end{bmatrix} \quad u_4 = \begin{bmatrix} -0.017 \\ -0.123 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 u_5 &= \begin{bmatrix} -0.123 \\ -0.017 \\ -0.108 \\ 0.023 \end{bmatrix} \quad u_6 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.115 \\ 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 u_7 &= \begin{bmatrix} -0.123 \\ 0.017 \\ -0.108 \\ -0.023 \end{bmatrix} \quad u_8 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.052 \\ -0.153 \end{bmatrix} \\
 u_9 &= \begin{bmatrix} -0.076 \\ 0.098 \\ -0.106 \\ 0.122 \end{bmatrix} \quad u_{10} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.059 \\ 0.094 \end{bmatrix} \\
 u_{11} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.059 \\ -0.094 \end{bmatrix} \quad u_{12} = \begin{bmatrix} -0.076 \\ -0.098 \\ -0.106 \\ -0.122 \end{bmatrix} \\
 u_{13} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -0.052 \\ 0.153 \end{bmatrix} \quad u_{14} = \begin{bmatrix} -0.052 \\ -0.153 \\ -0.074 \\ -0.083 \end{bmatrix} \\
 u_{15} &= \begin{bmatrix} -0.074 \\ 0.083 \\ -0.052 \\ 0.153 \end{bmatrix} \quad u_{16} = \begin{bmatrix} -0.071 \\ -0.079 \\ -0.055 \\ -0.096 \end{bmatrix} \\
 u_{17} &= \begin{bmatrix} -0.055 \\ 0.096 \\ -0.071 \\ 0.079 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Hasil nilai k_1 sampai k_{17} adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 k_1 &= \begin{bmatrix} 96 & 0 & -96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -96 & 0 & 96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_2 &= \begin{bmatrix} 160 & 0 & -160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -160 & 0 & 160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_3 &= \begin{bmatrix} 160 & 0 & -160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -160 & 0 & 160 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_4 &= \begin{bmatrix} 96 & 0 & -96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -96 & 0 & 96 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_5 &= \begin{bmatrix} 166.67 & 0 & -166.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.67 & 0 & 166.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_6 &= \begin{bmatrix} 104.35 & 0 & -104.35 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -104.35 & 0 & 104.35 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k_7 &= \begin{bmatrix} 166.67 & 0 & -166.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.67 & 0 & 166.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_8 &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_9 &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{10} &= \begin{bmatrix} 115.42 & 0 & -115.42 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -115.42 & 0 & 115.42 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{11} &= \begin{bmatrix} 115.42 & 0 & -115.42 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -115.42 & 0 & 115.42 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{12} &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{13} &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{14} &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{15} &= \begin{bmatrix} 166.37 & 0 & -166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -166.37 & 0 & 166.37 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{16} &= \begin{bmatrix} 133.33 & 0 & -133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -133.33 & 0 & 133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 k_{17} &= \begin{bmatrix} 133.33 & 0 & -133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -133.33 & 0 & 133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Hasil Q dari *member* 1 sampai *member* 17 adalah sebagai berikut:

$$Q_1 = \begin{bmatrix} -1.63 \\ 0 \\ 1.63 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_2 = \begin{bmatrix} 2.71 \\ 0 \\ -2.71 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= \begin{bmatrix} 2.71 \\ 0 \\ -2.71 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_4 = \begin{bmatrix} -1.63 \\ 0 \\ 1.63 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_5 &= \begin{bmatrix} -2.5 \\ 0 \\ 2.5 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_6 = \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \\ -12 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_7 = \begin{bmatrix} -2.5 \\ 0 \\ 2.5 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_8 &= \begin{bmatrix} 8.64 \\ 0 \\ -8.64 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_9 = \begin{bmatrix} 5.01 \\ 0 \\ -5.01 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_{10} &= \begin{bmatrix} 6.77 \\ 0 \\ -6.77 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_{11} = \begin{bmatrix} 6.77 \\ 0 \\ -6.77 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_{12} &= \begin{bmatrix} 5.01 \\ 0 \\ -5.01 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_{13} = \begin{bmatrix} 8.64 \\ 0 \\ -8.64 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_{14} &= \begin{bmatrix} 3.63 \\ 0 \\ -3.63 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_{15} = \begin{bmatrix} -3.63 \\ 0 \\ 3.63 \\ 0 \end{bmatrix} \\
 Q_{16} &= \begin{bmatrix} -2.09 \\ 0 \\ 2.09 \\ 0 \end{bmatrix} \quad Q_{17} = \begin{bmatrix} 2.09 \\ 0 \\ -2.09 \\ 0 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Dari analisis perhitungan matriks yang dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut :

- Gaya aksial pada *member* 1 mengalami *tension* (tarik) sebesar 1.63 kN
- Gaya aksial pada *member* 2 mengalami *compression* (tekan) sebesar 2.71 kN
- Gaya aksial pada *member* 3 mengalami *compression* (tekan) sebesar 2.71 kN
- Gaya aksial pada *member* 4 mengalami *tension* (tarik) sebesar 1.63 kN
- Gaya aksial pada *member* 5 mengalami *tension* (tarik) sebesar 2.5 kN
- Gaya aksial pada *member* 6 mengalami *compression* (tekan) sebesar 12 kN
- Gaya aksial pada *member* 7 mengalami *tension* (tarik) sebesar 2.5 kN
- Gaya aksial pada *member* 8 mengalami *compression* (tekan) sebesar 8.64 kN
- Gaya aksial pada *member* 9 mengalami *compression* (tekan) sebesar 5.01 kN

- Gaya aksial pada *member* 10 mengalami *compression* (tekan) sebesar 6.77 kN
- Gaya aksial pada *member* 11 mengalami *compression* (tekan) sebesar 6.77 kN
- Gaya aksial pada *member* 12 mengalami *compression* (tekan) sebesar 5.01 kN
- Gaya aksial pada *member* 13 mengalami *compression* (tekan) sebesar 8.64 kN
- Gaya aksial pada *member* 14 mengalami *compression* (tekan) sebesar 3.63 kN
- Gaya aksial pada *member* 15 mengalami *tension* (tarik) sebesar 3.63 kN
- Gaya aksial pada *member* 16 mengalami *tension* (tarik) sebesar 2.09 kN
- Gaya aksial pada *member* 17 mengalami *compression* (tekan) sebesar 2.09 kN

c. Reaksi perletakan yang bekerja
 Hasil nilai T transpose, F dan R adalah sebagai berikut:

$$T^{T_1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T^{T_2} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_3} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_5} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_6} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_7} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_8} = \begin{bmatrix} 0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_9} = \begin{bmatrix} -0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & -0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{10}} = \begin{bmatrix} -0.72 & -0.69 & 0 & 0 \\ 0.69 & -0.72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.72 & -0.69 \\ 0 & 0 & 0.69 & -0.72 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{11}} = \begin{bmatrix} 0.72 & -0.69 & 0 & 0 \\ 0.69 & 0.72 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.72 & -0.69 \\ 0 & 0 & 0.69 & 0.72 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{12}} = \begin{bmatrix} 0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{13}} = \begin{bmatrix} -0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & -0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{14}} = \begin{bmatrix} 0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{15}} = \begin{bmatrix} -0.87 & -0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & -0.87 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.87 & -0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & -0.87 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{16}} = \begin{bmatrix} 0.83 & -0.48 & 0 & 0 \\ 0.48 & 0.83 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.83 & -0.48 \\ 0 & 0 & 0.48 & 0.83 \end{bmatrix}$$

$$T^{T_{17}} = \begin{bmatrix} -0.83 & -0.48 & 0 & 0 \\ 0.48 & -0.83 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.83 & -0.48 \\ 0 & 0 & 0.48 & -0.83 \end{bmatrix}$$

$$F_1 = \begin{bmatrix} -1.63 \\ 0 \\ 1.63 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 15 \\ 16 \\ 1 \\ 2 \end{matrix} \quad F_2 = \begin{bmatrix} 2.71 \\ 0 \\ -2.71 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 17 \\ 18 \end{matrix}$$

$$F_3 = \begin{bmatrix} 2.71 \\ 0 \\ -2.71 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 17 \\ 18 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} \quad F_4 = \begin{bmatrix} -1.63 \\ 0 \\ 1.63 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 19 \\ 20 \end{matrix}$$

$$\begin{aligned}
 F_5 &= \begin{bmatrix} 0 \\ -2.5 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 9 \end{matrix} & F_6 &= \begin{bmatrix} 0 \\ 12 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 17 \\ 18 \\ 13 \end{matrix} \\
 F_7 &= \begin{bmatrix} 2.5 \\ 0 \\ -2.5 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 10 \\ 3 \\ 4 \\ 11 \end{matrix} & F_8 &= \begin{bmatrix} -12 \\ 7.48 \\ 4.31 \\ -7.48 \end{bmatrix} \begin{matrix} 14 \\ 15 \\ 16 \\ 5 \end{matrix} \\
 F_9 &= \begin{bmatrix} 2.5 \\ -4.34 \\ 2.5 \\ 4.34 \\ -2.5 \end{bmatrix} \begin{matrix} 12 \\ 1 \\ 2 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & F_{10} &= \begin{bmatrix} -4.31 \\ -4.89 \\ 4.69 \\ 4.89 \\ -4.69 \end{bmatrix} \begin{matrix} 6 \\ 17 \\ 18 \\ 9 \\ 10 \end{matrix} \\
 F_{11} &= \begin{bmatrix} 4.89 \\ 4.69 \\ -4.89 \\ -4.69 \\ -7.48 \end{bmatrix} \begin{matrix} 17 \\ 18 \\ 11 \\ 12 \\ 19 \end{matrix} & F_{12} &= \begin{bmatrix} 4.34 \\ 2.5 \\ -4.34 \\ -2.5 \\ 3.14 \end{bmatrix} \begin{matrix} 3 \\ 4 \\ 7 \\ 8 \\ 5 \end{matrix} \\
 F_{13} &= \begin{bmatrix} 4.31 \\ 7.48 \\ -4.31 \\ 3.14 \end{bmatrix} \begin{matrix} 20 \\ 7 \\ 8 \\ 11 \end{matrix} & F_{14} &= \begin{bmatrix} 1.81 \\ -3.14 \\ -1.81 \\ -1.74 \end{bmatrix} \begin{matrix} 6 \\ 9 \\ 10 \\ 9 \end{matrix} \\
 F_{15} &= \begin{bmatrix} -1.81 \\ -3.14 \\ 1.81 \\ -1.74 \end{bmatrix} \begin{matrix} 12 \\ 7 \\ 8 \\ 13 \end{matrix} & F_{16} &= \begin{bmatrix} -1 \\ 1.74 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 10 \\ 13 \\ 14 \\ 14 \end{matrix} \\
 F_{17} &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1.74 \\ -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 14 \\ 11 \\ 12 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

Dari hasil F_1 sampai F_{17} , semua nilai penomoran 15, 16, 17, 18, 19, 20 dijumlahkan sehingga didapat nilai R yaitu:

$$R = \begin{bmatrix} 5.85 \\ 4.31 \\ 0 \\ 21.38 \\ -5.85 \\ 4.31 \end{bmatrix} \begin{matrix} 15 \\ 16 \\ 17 \\ 18 \\ 19 \\ 20 \end{matrix}$$

Untuk membuktikan kebenarannya dengan rumus di bawah ini:

- $$+ \rightarrow \sum F_x = 0$$

$$R_{15} + R_{17} + R_{19} = 5.85 + 0 - 5.85 = 0$$

OK!
- $$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$R_{16} + R_{18} + R_{20} - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5$$

$$= 4.31 + 21.38 + 4.31 - 5 - 5 - 10 - 5 - 5$$

$$= 0$$

OK!

- $$+ \sum M = 0$$

$$P_1(L) + P_2(L) + P_3(L) + P_4(L) + P_5(L) - R_{18}(L) - R_{20}(L) = 5(1.25) + 5(2.5) + 10(4) + 5(5.5) + 5(6.75) - 21.38(4) - 4.31(8) = 6.25 + 12.5 + 40 + 27.5 + 33.75 - 85.52 - 34.48 = 0$$

OK!

Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan, perhitungan perencanaan konstruksi rangka atap baja dengan pendekatan metode matriks telah memenuhi standar perencanaan yang ditetapkan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Pembacaan hasil perhitungan matriks rangka batang untuk konstruksi atap adalah dengan melihat nilai hasil analisa program. Hasil perhitungan meliputi gaya aksial (Q) dan reaksi perletakan (R). Untuk gaya aksial masing-masing batang dapat diketahui apakah mengalami tekan atau tarik dengan memperhatikan hasil nilai pertama pada gaya aksial. Jika bertanda (-) maka batang tersebut mengalami tarik dan sebaliknya jika bertanda (+) maka batang tersebut mengalami tekan. Pembacaan hasil untuk reaksi perletakan diketahui dengan membaca nilai hasil analisa program dan membaca angka penomoran untuk menentukan letak reaksi perletakan yang bekerja.
- Penginputan data dikatakan benar jika dalam analisa program tidak terdapat hasil #DIV/0! atau #N/A. Untuk penginputan data yang benar yaitu dengan mengikuti panduan yang telah dibuat dalam aplikasi program perhitungan matriks rangka batang.

Daftar Pustaka

Arbabi, F. (1991). *Structural Analysis and Behavior*. New York: McGraw-Hill.
 Astroud K.A. & Sucipto E. (1987). *Matematika Untuk Teknik*. Jakarta: Erlangga.

- Gere, J.M., and W. Weaver, Jr. (1965). *Matrix Algebra for Engineers*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Howard Anton. (1988a). *Aljabar Linear Elementer*. Jakarta: Erlangga.
- Howard Anton. (1988b). *Penerapan Aljabar Linear*. Jakarta: Erlangga.
- Husein Tampomas Drs. (2008). *Seribupena Matematika*. Jakarta: Erlangga.
- Kanchi, M.B. (1981). *Matrix Methods of Structural Analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Kassimali, A. (2010). *Matrix Analysis of Structures*. 2nd ed. United States of America: Cengage Learning.
- Maxwell, J.C. (1864). On the Calculations of the Equilibrium and Stiffness of Frames. *Philosophical Magazine* 27:294-299.
- Nasution A.H. (1972). *Aljabar Matriks*. Jakarta: Bhratara.
- Paulus Nindito Adi. (2010). *Tutorial Microsoft Excel 2010*. Universitas Kristen Satya Wacana: Biro Teknologi & Sistem Informasi.