

KOMPARASI MODEL STRUKTUR DENGAN DUA METODE (MATRIKS DENGAN CROSS)

Subaidillah Fansuri^{1,*}, Dwi
Deshariyanto², Anita Intan Nura Diana³

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Wiraraja,
subaidillah.sd@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Wiraraja,
dwi@wiraraja.ac.id

³Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Wiraraja,
anita@wiraraja.ac.id

ABSTRAK

Menganalisis struktur menggunakan Metode Manual yang berbeda tentu memiliki alur yang berbeda. Hasil perhitungan analisis struktur masing-masing Metode Manual tentu memiliki nilai selisih yang beragam. Dimana analisis tersebut akan mengkomparasikan kedua metode yaitu Metode Matriks dan Metode Cross. Berdasarkan perbedaan tersebut, maka dilakukan analisis perbandingan antara Metode Manual (Metode Matriks) dan Metode Manual lainnya (Metode Cross) terkait hasil perhitungan yang diperoleh dari masing-masing metode. Objek kajian yang dianalisis yaitu model struktur. Metode analisa yang digunakan yaitu metode analisis perbandingan. Analisa ini difokuskan pada perbandingan kedua metode yaitu Metode Matriks dan Metode Cross terkait hasil perhitungan gaya-gaya dalam yang akan dibandingkan besar dan selisihnya serta tingkatan besaran yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan, nilai yang dihasilkan pada kedua metode analisis struktur tidak sama. Perhitungan

selisih hasil analisis struktur kedua metode pada setiap batang memiliki nilai selisih yang beragam. Berdasarkan nilai frekuensi, masing-masing gaya dalam pada analisis struktur memiliki tingkatan besaran yang berbeda-beda. Pada semua model struktur setiap batang ada yang selisihnya besar dan ada yang selisihnya kecil.

Kunci : Komparasi Struktur, Metode Matriks, Metode Cross.

ABSTRACT

Analyzing the structure using different manual methods certainly has a different flow. The results of the calculation of the structural analysis of each manual method certainly have varying values. Where the analysis will compare the two manual methods, namely the matrix method and the cross method. Based on these differences, a comparative analysis is carried out between the manual method (matrix method) and other manual methods (the cross method) related to the calculation results obtained from each method. The object of study analyzed is the structural model. The analytical method used is the comparative analysis method. This analysis is focused on the comparison of the two methods, namely the matrix method and the cross method in relation to the calculation results of internal forces which will be compared the magnitude and difference as well as the level of the resulting magnitude. The results of the analysis show that the values generated in the two structural analysis methods are not the same. The calculation of the difference between the results of the structural analysis of the two methods on each stem has a different difference value. Based on the frequency value, each internal force in the structural analysis has a different level of magnitude. In all structural models, there is a large difference and a small difference.

Key : Structural Comparison , Matrix Method, Cross Method.

1. PENDAHULUAN

Menganalisis struktur baik statis tertentu maupun statis tak tentu terdapat berbagai macam Metode Manual antara lain distribusi momen (*hardy cross*), matriks, takabeya, dan beberapa Metode Manual lainnya. Dimana tujuan dari metode-metode tersebut tak lain hanya untuk mendapatkan besar gaya-gaya dalam, yaitu gaya yang bekerja di dalam suatu konstruksi bangunan akibat adanya beban-beban yang bekerja didalam suatu konstruksi bangunan tersebut. Gaya-gaya dalam ini berupa momen, gaya lintang dan gaya geser. Menghitung besaran gaya-gaya dalam ini sangat penting sebagai langkah awal perencana dalam merencanakan sebuah bangunan. Karena apabila telah didapat nilai besaran gaya-gaya dalam, kita akan dapat merencanakan lebih lanjut seperti dimensi dari struktur dan tulangan bangunan tersebut sehingga dapat menahan beban-beban yang dipikulnya.

Menganalisis struktur menggunakan Metode Manual yang berbeda, tentu keduanya memiliki alur yang berbeda. Hasil perhitungan analisis struktur masing-masing Metode Manual tentu memiliki nilai selisih yang beragam. Dimana analisis tersebut akan membandingkan kedua metode perhitungan gaya-gaya dalam untuk mengetahui sejauh mana selisih nilai.

Berdasarkan berbagai metode diatas, metode yang penulis akan analisis yaitu Metode Matriks. Penulis memilih metode ini karena segala jenis bangunan dapat diketahui gaya-gaya dalamnya, baik struktur statis tertentu maupun struktur statis tidak tentu.

Metode Matriks adalah suatu metode untuk menganalisa struktur dengan menggunakan bantuan matriks, yang terdiri dari : matriks kekakuan, matriks

perpindahan, dan matriks gaya. (Wahyuni, 2011)

Analisis struktur menggunakan metode manual lainya yang akan penulis bandingkan dengan Metode Matriks yaitu metode distribusi momen (*cross*). Metode Cross atau metode distribusi momen merupakan salah satu metode yang dipakai untuk analisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu.

Struktur merupakan sebuah sistem, artinya gabungan atau rangkaian dari berbagai macam elemen-elemen yang dirakit sedemikian rupa sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh. Sedangkan model struktur merupakan macam-macam bentuk desain elemen struktur. Ada berbagai macam model struktur, tetapi model struktur yang akan dianalisis ada 5 (lima) yaitu struktur balok sederhana, struktur kantilever, struktur balok kantilever, struktur portal dan struktur rangka.

Berdasarkan pembahasan tersebut, penulis ingin melakukan analisa perbandingan antara 2 Metode Manual. Analisa ini dengan menghitung besarnya gaya-gaya dalam model struktur saja seperti balok sederhana, balok kantilever, dan portal.

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan pendahuluan diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah “Bagaimana perbandingan hasil analisis perhitungan gaya-gaya dalam antara Metode Matriks dengan Metode Cross terkait nilai gaya-gaya dalam dan selisih nilai antar metode?”

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil perhitungan gaya-gaya dalam analisis model struktur dengan menggunakan Metode Matriks, untuk mengetahui hasil analisis perhitungan gaya-gaya dalam model struktur menggunakan

Metode Cross, untuk mengetahui komparasi antara hasil analisis perhitungan gaya-gaya model struktur menggunakan Metode Matriks dengan Metode Cross.

1.3 Urgensi Penelitian

Secara teoritis nilai urgensi penelitian ini adalah secara spesifik sebagai bahan acuan untuk penelitian berikutnya, secara umum dapat menjadi acuan oleh para pelaku di dunia konstruksi yang memanfaatkan suatu perencanaan struktur.

Secara praktis nilai urgensi penelitian ini adalah memberikan alternatif penggunaan metode analisis struktur yang baik dalam sebuah perencanaan struktur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, dimana analisis yang dilakukan akan memaparkan selisih dan hasil perbandingan kedua metode analisis struktur secara kuantitatif berdasarkan perhitungan yang dilakukan.

Adapun alur terkait analisa nanti yang akan dilakukan adalah :

1. Rumusan masalah
2. Pengolahan data model struktur
 - a. Struktur balok sederhana
 - b. Struktur balok kantilever
 - c. Struktur portal
3. Metode yang dilakukan
 - a. Matriks
 - b. Cross
4. Analisis dari kedua metode
5. Komparasi dari kedua metode
6. Simpulan hasil

Lingkup penelitian ini adalah perbandingan Metode Matriks dengan Metode Cross. Objek dari komparasi ini yaitu model struktur. Model struktur yang akan dianalisis antara lain struktur balok sederhana, struktur kantilever, struktur balok kantilever, struktur portal dan struktur

rangka. Pemilihan objek yang dianalisis tersebut dikarenakan model struktur merupakan langkah awal untuk menganalisis struktur.

Metode analisa data yang digunakan adalah metode komparasi. Analisa ini difokuskan pada komparasi kedua metode (matriks dan *cross*) terkait hasil perhitungan-perhitungan gaya-gaya dalam yang nantinya dilakukan.

Data yang telah diasumsikan kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan gaya-gaya dalam pada kelima model struktur yang mewakili objek dengan menggunakan Metode Manual yaitu Metode Matriks. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan Metode Manual lainnya yaitu Metode Cross. Komparasi yang dilakukan tersebut nantinya akan dihitung besar dan selisih gaya-gaya dalam yang timbul dari masing-masing perhitungan.

Struktur Portal merupakan konstruksi bangunan petak dimana ujung-ujungnya bersifat kokoh dan kaku, sehingga dapat menahan gaya tekan, tarik, geser dan momen. Batang-batangnya terdiri atas balok dan kolom yang diperhitungkan untuk menahan gaya tekan, tarik dan momen. Gaya datar ke dalam portal yang dihasilkan pondasi mengakibatkan momen lengkung pada tiang, sehingga elemen portal menderita tekan dan momen lengkung karena beban q diatas balok dan momen lengkung mengadakan tarik dan geser pada material portal (Syaifuddin Zuhri, 2011).

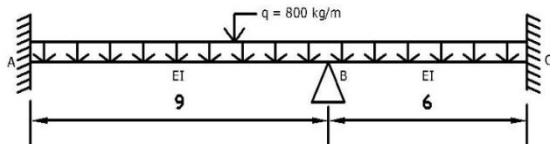
Metode Matriks adalah suatu pemikiran baru pada analisa struktur, yang berkembang bersamaan dengan makin populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi-operasi perhitungan aritmatika (Supartono dan Teddy Boen, 1980).

Suatu matriks yang memenuhi "hukum hooke" dalam mana dinyatakan hubungan antara gaya dalam dan deformasi.

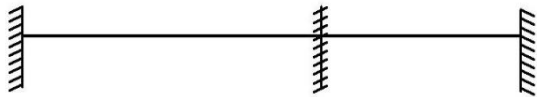
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Struktur Balok Metode Matriks

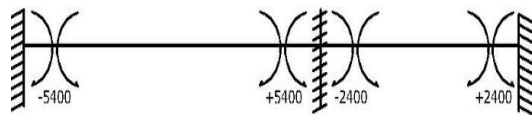
Analisa struktur balok Metode Matriks yang akan dibahas secara singkat dengan cara metode kekakuan dan derajat kinematis tingkat 1 :



Gambar 1.
Balok yang Akan Dianalisa



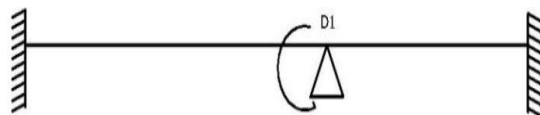
Gambar 2.
Struktur Dasar yang Dikekang



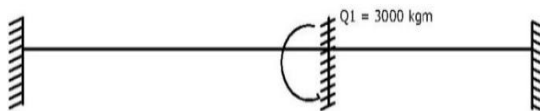
Gambar 3.
Momen Primer

$$MAB = - MBA = -5400 \text{ kg.m}$$

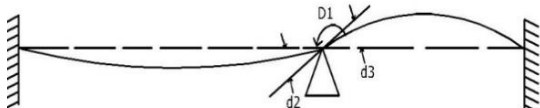
$$MBC = - MCB = -2400 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.
Derajat Ketidaktentuan Kinematis : 1

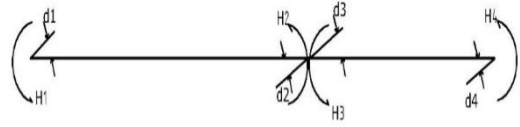


Gambar 5.
Gaya Luar Ekuivalen Dititik Diskrit

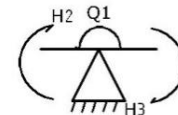


Gambar 6.

Diberikan D1 = 1 satuan



Gambar 7.
Diagram H-d



Gambar 8.
Diagram Kesetimbangan

Melihat pada gambar diatas maka dengan mudah didapatkan :

$$[A] = \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow d1 \\ \leftarrow d2 \\ \leftarrow d3 \\ \leftarrow d4 \end{matrix} \quad D1 = 1$$

$$[S] = EI \begin{bmatrix} 0.44 & 0.22 & 0 & 0 \\ 0.22 & 0.44 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.67 & 0.33 \\ 0 & 0 & 0.33 & 0.67 \end{bmatrix}$$

$$[K] = [A]^T [S] [A]$$

$$[K] = 1.11 EI$$

$$[K]^{-1} = \left[\frac{1}{1.11 EI} \right]$$

Dengan mengubah gaya q menjadi gaya titik ekuivalen diujung elemen

$$\{D\} = [K]^{-1} \{Q\}$$

$$\{D_1\} = \frac{2702.7}{EI}$$

$$\{H\} = [S] [A] \{D\}$$

$$\begin{Bmatrix} H1 \\ H2 \\ H3 \\ H4 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 594.59 \\ 1189.19 \\ 1810.81 \\ 891.89 \end{Bmatrix}$$

$$MA = +594.59 - (-5,400) = +5,994.59 \text{ kg.m}$$

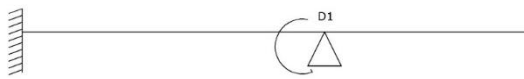
$$MBA = +1,189.19 - (+5,400) = -4,210.81$$

$$\text{kg.m}$$

$$\begin{aligned} \text{MBC} &= +1,810.19 - (-2,400) = +4,210.19 \text{ kg.m} \\ \text{MC} &= +891.89 - (+2,400) = -1,508.11 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

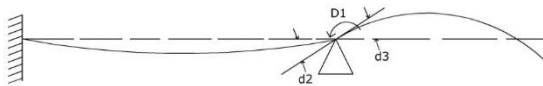
3.2 Analisis Struktur Balok Kantilever Metode Matriks

Struktur balok kantiever Metode Matriks yang akan dibahas secara singkat dengan cara metode kekakuan



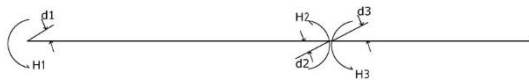
Gambar 9.

Derajat Ketidaktentuan Kinematis : 1



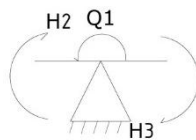
Gambar 10.

Diberikan D1 = 1 satuan



Gambar 11.

Diagram H-d



Gambar 12.

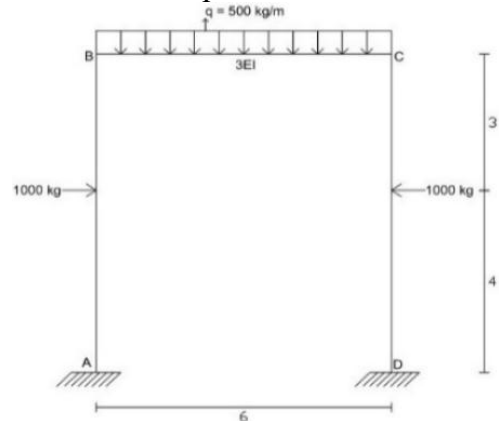
Diagram Kesetimbangan

$$\begin{aligned} [A] &= \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix} \leftarrow \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \end{matrix} \\ [K] &= [A]^T [S] [A] \\ [K]^{-1} &= \begin{bmatrix} 1 \\ 1.5EI \end{bmatrix} \\ \{D\} &= [K]^{-1} \{Q\} \\ \{H\} &= [S] [A] \{D\} \\ \begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \end{Bmatrix} &= \begin{Bmatrix} -222.22 \\ -444.45 \\ -222.22 \end{Bmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MA} &= -222.2 - (-666.67) = +444.45 \text{ kg.m} \\ \text{MBA} &= -444.45 - (+666.67) = -1,111.12 \text{ kg.m} \\ \text{MBC} &= -222.22 - (+600) = -822.22 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

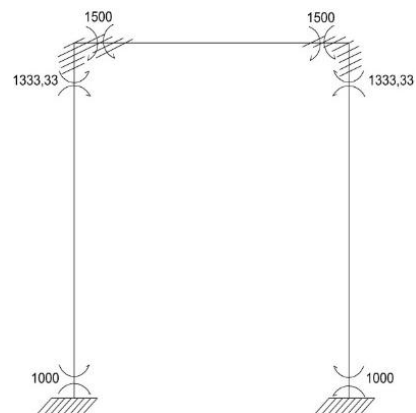
3.3 Analisis Struktur Portal Metode Matriks

Bentuk konstruksi dan sistem pembebanan yang simetris, yang akan dianalisa struktur portal.

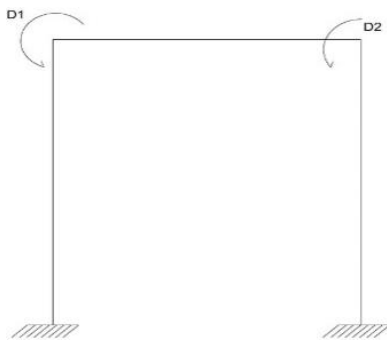


Gambar 13.

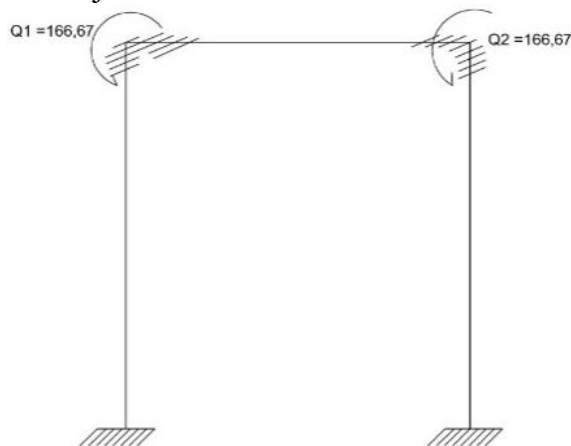
Konstruksi yang Akan Dianalisa



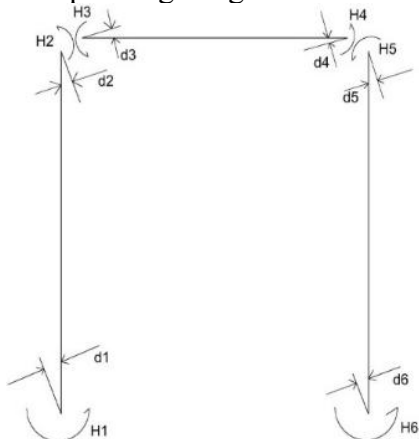
Gambar 14.
Momen Primer



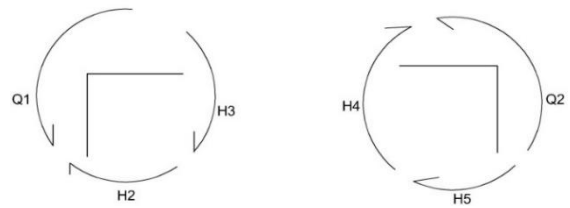
Gambar 15.
Derajat Ketidaktentuan Kinematis : 2



Gambar 16.
Gaya Ekuivalen Dititik Diskrit yang
Koresponding dengan Lendutan D



Gambar 17.
Diagram H-d



Gambar 18.
Diagram Kesetimbangan

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow d1 \\ \leftarrow d2 \\ \leftarrow d3 \\ \leftarrow d4 \\ \leftarrow d5 \\ \leftarrow d6 \end{matrix}$$

$$[K] = [A]^T [S] [A]$$

$$[K] = \frac{EI}{3} \begin{bmatrix} 8 & 3 \\ 3 & 8 \end{bmatrix}$$

$$\{D\} = \{K\}^{-1} \{Q\}$$

$$D_1 = -D_2 = \frac{1101.822}{11 EI}$$

$$\{H\} = [S] [A] \{D\}$$

$$\begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -33.39 \\ -66.78 \\ -100.17 \\ -100.17 \\ 66.78 \\ 33.39 \end{Bmatrix}$$

$$M_A = -33.39 - (-1,000) = 966.61 \text{ kg.m}$$

$$M_{BA} = -66.78 - (+1,333.33) = -1,400.11 \text{ kg.m}$$

$$M_{BC} = -100.17 - (-1,500) = 1,399.38 \text{ kg.m}$$

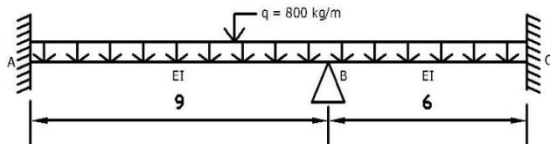
$$M_{CB} = -100.17 - (+1,500) = -1,399.83 \text{ kg.m}$$

$$M_{CD} = 66.78 - (-1,333.33) = 1,400.11 \text{ kg.m}$$

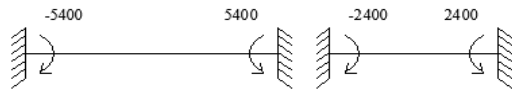
$$M_D = 33.39 - (+1,000) = -966.61 \text{ kg.m}$$

3.4 Analisis Struktur Balok Metode Cross

Pertama kita perlu mengetahui momen primer yang bekerja pada setiap ujung batang pada Metode Cross ini.



Gambar 19.
Balok yang Akan Dianalisa



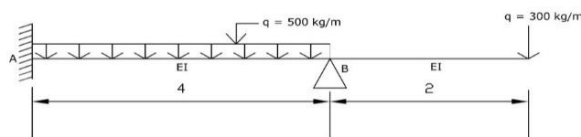
Gambar 20.

Momen Primer Pada Setiap Ujung Batang

$$\begin{aligned}\sum V &= (RV_A + RV_{BA} + RV_{BC} + RV_C) - (\sum Q) = 0 \\ \sum V &= (3,800 + 3,400 + 2,850 + 1,950) - (7,200 + 4,800) \\ \sum V &= 12,000 - 12,000 = 0\end{aligned}$$

3.5 Analisis Struktur Balok Kantilever Metode Cross

Pertama kita perlu mengetahui momen primer yang bekerja pada setiap ujung batang pada Metode Cross.



Gambar 21.
Balok yang Akan Dianalisa

Rumus momen primer dapat diketahui bahwa struktur balok kantilever ini memiliki beban merata pada setiap batang, batang AB ataupun batang BC, serta didasarkan pada asumsi dasar pada Metode Cross bahwa semua titik tumpu dianggap kaku sempurna.

$$MP_{AB} = 666.7$$

$$MP_{BC} = 600$$

Setelah mendapatkan hasil momen primer langkah selanjutnya adalah mencari faktor kekakuan yang nantinya akan digunakan untuk mencari faktor distribusi.

$$K_{AB} = \frac{4EI}{L} (\text{Jepit} - \text{Jepit})$$

$$K_{AB} = 0 \text{ (Karena merupakan batang bebas)}$$

Dikarenakan hanya terdiri dari dua batang dan salah satunya merupakan batang bebas sehingga berpengaruh kepada faktor kekakuan, faktor distribusi dan perhitungan pada tabel distribusinya.

3.6 Analisis Struktur Portal Metode Cross

Selanjutnya struktur portal dimana sama seperti sebelumnya tahap awal adalah mencari momen primer pada setiap ujung batang-batang yang ada

$$MP_{AB} = -734.7 \quad MP_{BA} = 979.6$$

$$MP_{BC} = -1,500 \quad MP_{CB} = 1,500$$

$$MP_{CD} = -734.7 \quad MP_{DC} = 979.6$$

Lalu setelah menemukan momen primer carilah faktor kekakuan setiap batang yang ada. Bila mengacu pada struktur balok yang ada maka dapat diketahui bahwa struktur tersebut merupakan struktur jepit-jepit

$$K_{AB} = \frac{4EI}{L} (\text{Jepit} - \text{Jepit}) = 0.57$$

$$K_{BC} = \frac{4EI}{L} (\text{Jepit} - \text{Jepit}) = 2$$

$$K_{CD} = \frac{4EI}{L} (\text{Jepit} - \text{Jepit}) = 0.57$$

Pada tahap selanjutnya faktor distribusi momen biasanya terjadi pada tumpuan yang menjadi pertemuan dari ujung setiap batang.

$$\mu_{BA} = 0.4$$

$$\mu_{BC} = 0.6$$

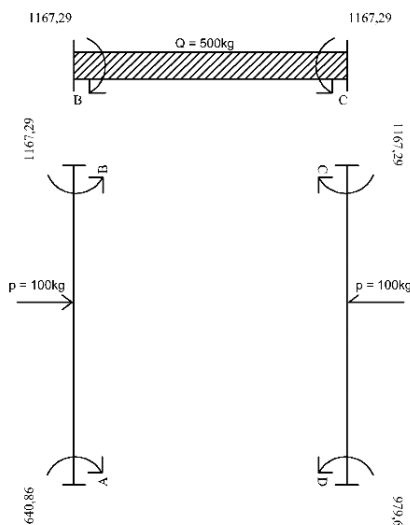
Dalam perhitungan momen ujung alangkah baiknya dibuatkan table *cross* agar perhitungannya lebih mudah, dan didapat momen ujungnya sebagai berikut :

$$AB = -640.86 \text{ Kg} \quad BA = 1,167.29 \text{ Kg}$$

$$BC = -1,167.29 \text{ Kg} \quad CB = 1,167.29 \text{ Kg}$$

$$CD = -1,167.29 \quad DC = 733.86 \text{ Kg}$$

Penandaan (-) dimaksudkan bahwa gaya yang bekerja berlawanan arah jarum jam.



Gambar 22.
Momen Ujung Struktur Portal

Dengan adanya kondisi rangka dan beban yang simetris, oleh itu analisisnya hanya pada portal tanpa goyangan. Sehingga didapat nilai momennya sebesar $MAB = -640.86$, $MBA = 1,167.29$, $MBC = -1,167.29$, $MCB = 1,167.29$, $MCD = -1,167.29$, $MDC = 733.86$ Kg.

Adapun nilai *freebody* untuk nilai perletakan pada setiap batang ialah :

Batang A-B

$RAH = 646.63 \leftarrow$ $RBH = 646.63 \leftarrow$

Batang B-C

$RBV = 1,500 \uparrow$ $RCV = 1,500 \uparrow$

Batang C-D

$RCH = -RBH = 646.63 \rightarrow$

$RDH = -RAH = 646.63 \rightarrow$

3.7 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode Matrix dan Cross

3.7.1 Struktur Balok

Pada struktur balok didapat hasil perbandingan sebagai berikut :

Tabel 1.
Perbandingan Momen Struktur Balok Menerus (Kg/m)

METODE	TITIK TUMPU			
	A	BA	BC	C
MATRIKS	5,994.59	-4,210.81	4,210.19	-1,508.11
CROSS	-6,000	4,200	-4,200	1,500
SELISIH	5.41	10.81	10.19	8.11

3.7.2 Struktur Balok Kantilever

Tabel 2.
Perbandingan Momen Struktur Balok Kantilever (Kg/m)

METODE	TITIK TUMPU		
	A	BA	BC
MATRIKS	444.45	1,111.12	-840.28
CROSS	-	-	-
SELISIH	-	-	-

3.7.3 Struktur Portal

Perbandingan momen pada struktur portal dapat dilihat pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3.
Perbandingan Momen Struktur Portal (Kg/m)

METODE	TITIK TUMPU					
	A	BA	BC	CB	CD	D
MATRIKS	966.61	-1,400.11	1,399.38	-1,399.38	1,400.11	-966.61
CROSS	-733.86	1,167.29	-1,167.29	1,167.29	-1,167.29	733.86
SELISIH	232.801	232.82	232.09	232.09	232.82	232.801

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian dan hasil pembahasan yaitu analisis struktur

terhadap model-model struktur antara Metode Matriks dengan Metode Cross memiliki analisis yang tidak jauh berbeda

sehingga nilai yang dihasilkan pada kedua metode ada perbedaan sedikit. Perhitungan selisih hasil analisis struktur kedua metode pada setiap batang memiliki nilai hasil yang beragam. Besar selisih antara kedua metode pada setiap batang tidak jauh berbeda dengan selisih 0.1

5. DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, Amrinsyah. (2009). Metode Matriks Kekakuan Analisis Struktur. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Suhendro, Bambang. (2005). Analisis Struktur Metode Matrix. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Supartono, dan Teddy Boen. (1980). Analisa Struktur dengan Metode Matrix Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta
- Susastrawan.(1991). Analisa Struktur dengan Cara Matriks. Jogjakarta : ANDI OFFSET.
- Zacoeb, Achfas. (2014). Konsep Dasar Analisis Stuktur. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Setiawan, Agus. (2015). Analisis Struktur. Jakarta : Erlangga.
- Chu-Kia wang Ph.d. (1962). Struktur Statis Tak Tentu. McGraw-Hill, Inc. New York, Amerika Serikat



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Halaman ini sengaja dikosongkan