

PENGEMBANGAN METODE ANALISA STRUKTUR PORTAL
PENDEKATAN DISKRIT MENGGUNAKAN MATLAB

¹Anis Aulia Ulfa

²Karmila Achmad

¹Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan (anis.aulia@poltekba.ac.id)

²Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan (karmila.achmad@poltekba.ac.id)

ABSTRAK

Pilihan digitalisasi untuk penyelesaian analisa struktur didasarkan pada keunggulan tidak hanya penyelesaian yang cepat, tetapi juga akurasi, efektivitas, dan kemudahan penggunaan. Struktur statis tak tentu memiliki metode penyelesaian yang berbagai macam, seperti metode Cross, Takabeya dan Kani, yang dapat dikelompokkan ke dalam metode distribusi momen. Defleksi kemiringan, metode analog kolom adalah metode lain untuk menyelesaikan struktur statis tertentu dalam pendekatan yang berbeda. Konsep kekakuan pada metode diskrit mulai diperkenalkan karena model struktur yang dimodelkan sebagai gabungan atau rakitan dari beberapa elemen. Salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk mendukung perhitungan analisis struktur adalah MATLAB. Mempertimbangkan masalah komputerisasi dan penggunaan bahan ajar, serta kebutuhan sumber daya manusia yang handal dalam sistem komputer, penelitian ini dilakukan dengan membandingkan analisa struktur pendekatan diskrit menggunakan program MATLAB dan membandingkan hasilnya berdasarkan SAP2000. Perbandingan kedua analisa tersebut membuktikan bahwa analisa menggunakan MATLAB dengan pendekatan diskrit dapat mendekati hasil analisa SAP2000. Penelitian ini memberikan alternatif metode analisa struktur portal (balok miring) menggunakan MATLAB dengan pendekatan diskrit yang dapat mempermudah mahasiswa dalam menganalisa struktur secara klasik (tanpa program analisa struktur seperti SAP2000). Dengan adanya rumusan matriks pada MATLAB, dapat dikembangkan menjadi sebuah program perangkat lunak metode elemen hingga.

Kata Kunci: Analisa Struktur, Portal, Diskrit

ABSTRACT

The choice of digitizing for the completion of structural analysis is based on the advantages of not only fast completion, but also accuracy, effectiveness, and ease of use. Static indeterminate structures have various solution methods, such as Cross, Takabeya and Kani methods, which can be grouped into moment distribution methods. Slope deflection, column analogue method is another method to solve certain static structures in a different approach. The concept of rigidity in the discrete method was introduced because the structural model is modeled as a combination or assembly of several elements. One of the programming languages that can be used to support structural analysis calculations is MATLAB. Considering the problem of computerization and the use of teaching materials, as well as the need for reliable human resources in

computer systems, this study was conducted by comparing the structural analysis of the discrete approach using the MATLAB program and comparing the results based on SAP2000. The comparison of the two analyzes proves that the analysis using MATLAB with a discrete approach can approach the results of the SAP2000 analysis. This study provides an alternative method of analyzing the structure of the portal (sloping beam) using MATLAB with a discrete approach that can facilitate students in classical structural analysis (without a structural analysis program such as SAP2000). With the matrix formulation in MATLAB, it can be developed into a finite element method software program.

Key words: Structural Analysis, Portal, Discrete

PENDAHULUAN

Struktur rangka (portal) penahan momen khusus harus dirancang berdasarkan konsep *Strong Column Weak Beam* (SCWB) dimana dibutuhkan perencanaan analisa struktur yang baik untuk menahan beban yang diterima oleh struktur (Ulfa et al., 2020). Kemajuan dalam pendidikan merupakan salah satu ukuran kemajuan suatu bangsa. Dikarenakan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, maka pendidikan saat ini diharapkan dapat meningkatkan inovasi dan kreativitas dalam pemanfaatan teknologi (Titania & Widodo, 2018).

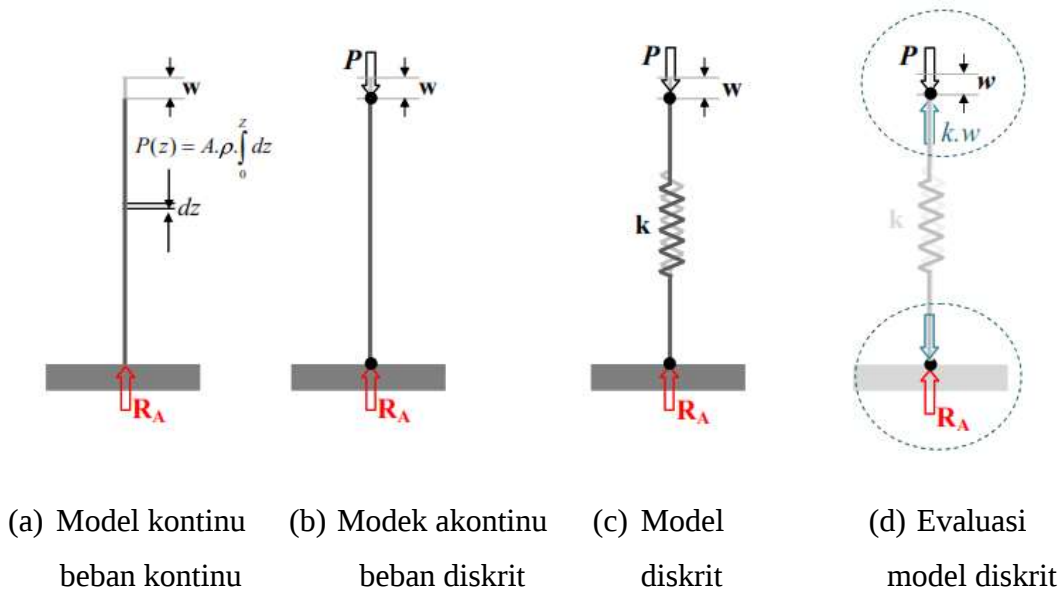
Pilihan digitalisasi untuk penyelesaian analisa struktur didasarkan pada keunggulan tidak hanya penyelesaian yang cepat, tetapi juga akurasi, efektivitas, dan kemudahan penggunaan. Pengoprasian komputer di bidang teknik sipil dapat mempermudah penyelesaian pekerjaan dalam jumlah besar (Deshariyanto1 et al., 2021). Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan software analisis dan disain struktur adalah pemahaman pengguna terhadap pemodelan, konsep analisis dan disain, peraturan (code) yang berlaku dan spesifikasi software (Tjitradi et al., 2021).

Adanya lompatan antara materi analisis struktur yang diberikan pada awal semester dengan materi yang diberikan pada akhir semester diabaikan oleh dunia pendidikan teknik sipil pada umumnya, khususnya dalam desain struktur. Pada awal perkuliahan materi bersifat statis, dilanjutkan materi yang berisi metode klasikal dengan model elemen struktur 1D. Di akhir perkuliahan, diberikan metode matriks yang menjadi dasar kerja komputer sebagai materi (Haris, 2015).

Untuk struktur yang elemennya dimodelkan sebagai elemen 1 dimensi (1D), persamaan kesetimbangan global tidak dapat diselesaikan, maka struktur tersebut adalah struktur statis tak tentu. Gaya reaksi tidak boleh lebih besar dari jumlah persamaan kesetimbangan. Struktur statis tak tentu memiliki metode penyelesaian yang berbagai macam, seperti metode Cross, Takabeya dan Kani, yang dapat dikelompokkan ke dalam metode distribusi momen. Defleksi kemiringan, metode analog kolom adalah metode lain untuk menyelesaikan struktur statis tertentu dalam pendekatan yang berbeda (Haris, 2015).

Konsep kekakuan pada metode diskrit mulai diperkenalkan karena model struktur dimodelkan sebagai gabungan atau rakitan dari beberapa elemen. Permasalahan struktur direpresentasikan oleh persamaan-persamaan pada titik-titik diskrit model struktur elemen 1D. Hubungan konstitutif pada tinjauan titik sesuai Huklum

Hooke diekspansikan menjadi hubungan pada ujung-ujung elemen. Untuk struktur dengan model elemen 1D, kekakuan elemen diturunkan langsung secara fisik dan visual dari asumsi deformasi pada ujung-ujung elemen. Metode ini disebut sebagai Metode Kekakuan Langsung. Karena sifatnya yang kompak, metode ini tidak membedakan model struktur dengan elemen-elemen 1D itu statis tertentu atau statis tak tentu. Metode ini cukup berhasil untuk menjawab masalah-masalah struktur dengan elemen-elemen berperilaku balok (beam) atau batang (bar) (Haris, 2015).



Gambar 1 Visualisasi model kontinu 1D ke model diskrit 1D (Haris, 2015)

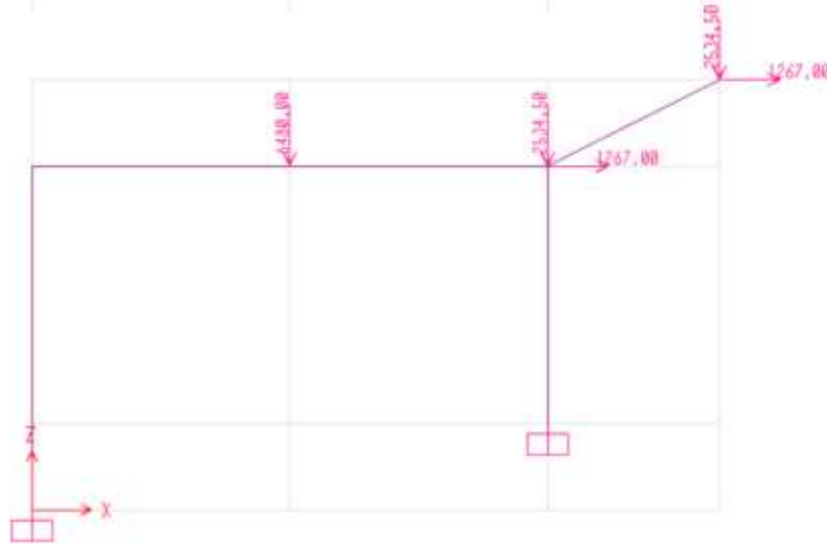
Program statistik modern menggunakan perhitungan matriks yang sederhana dan sistematis, karena bekerja sesuai dengan prinsip matriks yang kaku. Salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk mendukung perhitungan analisis struktur adalah MATLAB (Adha et al., 2020). Kemampuan MATLAB untuk memanipulasi matriks dan memecahkan persamaan matriks membuat solusi komputasi lebih sederhana dan lebih mudah dipahami (Donald W. Mueller, 2005).

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai analisa struktur menggunakan software antara lain analisis mekanika benda padat (Nur Indriatno Putra Pratama & Suparman, 2019), struktur batang (Adha et al., 2020), struktur truss (Satria, 2019), struktur cangkang (Dolu & Hasan, 2010), dan struktur berbentuk silinder yang dimodelkan menjadi elemen axisymmetric (Ferreira, 2019). Dimana analisa defomasi struktur sangatlah penting untuk mengetahui besaran simpangan lantai yang akan terjadi akibat beban lateral seperti beban gempa (Aminullah, 2020).

Dengan mempertimbangkan masalah komputerisasi dalam menganalisa deformasi struktur, penelitian ini dilakukan dengan menganalisa deformasi struktur pendekatan diskrit menggunakan program MATLAB dan membandingkan hasilnya berdasarkan SAP2000.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini melibatkan pengembangan rumus kekakuan kemudian disusun dalam beberapa matriks dengan tujuan menghasilkan metode yang dapat memudahkan dalam menganalisa struktur yang baik serta tepat. Gambar 2 menunjukkan sebuah portal balok miring dengan beban sedemikian rupa yang akan dianalisa menggunakan pendekatan diskrit.

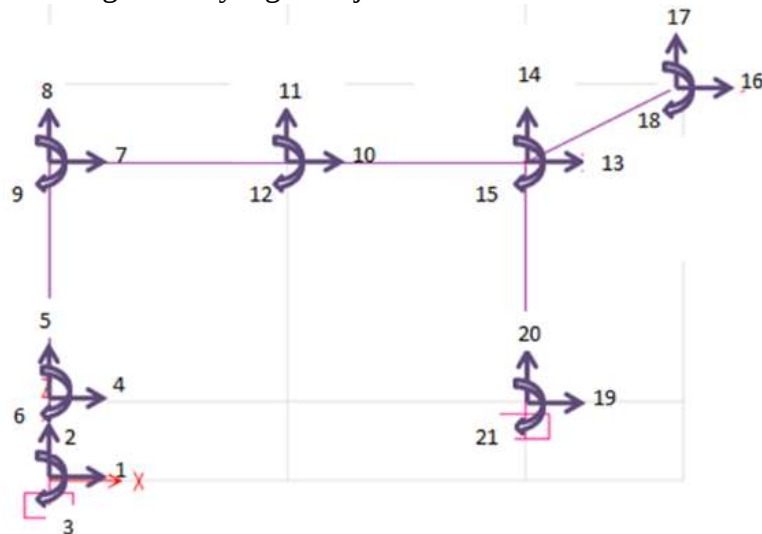


Gambar 2 Titik Diskrit pada Portal

HASIL & PEMBAHASAN

Analisa struktur pendekatan diskrit dapat dilakukan dengan menggambarkan portal *beam-column* yang akan dianalisa berdasarkan titik-diskrit yang ditinjau. Adapun langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan titik diskrit tersebut, tentukan DoF masing-masing titik diskrit sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 3



Gambar 3 Urutan DoF pada Titik Diskrit

2. Tentukan dimensi dan material *beam-column* (dapat dilakukan terlebih dahulu di SAP, atau MATLAB, atau dilakukan bersamaan).

3. Garis besar pekerjaan MATLAB

- a. Input data :

- Dimensi masing-masing elemen *beam-column* untuk menentukan nilai A, yaitu luas penampang *beam-column*;
- Modulus elastisitas (E);
- Beban (P) merupakan beban q yg dapat di umpamakan beban P pada titik diskrit;
- Inersia masing-masing *beam-column* (I);

```
clear all
clc
E = 2*10^9; % Modulus Elastisitas (Kg/m2)
b = 0.30; % lebar kolom - balok(m)
A = b^2 % luas penampang kolom - balok (cm2)
I = 1/12*b^4 % inersia elemen
L1 = 1; % Panjang elemen 1 (m)
L2 = 3; % Panjang elemen 2 (m)
L3 = 3; % Panjang elemen 3 (m)
L4 = 3; % Panjang elemen 4 (m)
L5 = (1^2+2^2)^0.5; % Panjang elemen 5 (m)
L6 = 3; % Panjang elemen 6 (m)
BA = 3; % lebar pelat (m)
LA1 = 6; % Panjang beban 1(m)
LA2 = L5; % Panjang beban 2(m)
BJB = 2400; % BJ Beton (kg/m^3)
tp = 0.12; % tebal pelat (m)

vp1 = LA1*BA*tp % volume pelat 1 (m^2)
qP1 = vp1*BJB % berat pelat 1 (kg/m)
vp2 = LA2*BA*tp % volume pelat 2 (cm^2)
qP2 = vp2*BJB % berat pelat 2 (kg)
qbalok1 = b^2*LA1*BJB % berat balok 1 (kg)
qbalok2 = b^2*LA2*BJB % berat balok 2 (kg)
q1 = -(qP1+qbalok1) % berat total 1 (kg)
q2 = qP2+qbalok2 % berat total 2 (kg)
q2v = -(cosd(26.56)*(q2/2)) % 1/2 berat vertical 2 (kg)
q2H = cosd(63.44)*(q2/2) % 1/2 berat horizontal 2 (kg)
```

- b. Buat matriks beban struktur (P), sesuai letak DoF masing-masing titik diskrit;

```
%Matriks beban struktur
P=[0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; 0; q1; 0; q2H; q2v; 0; q2H; q2v; 0; 0; 0; 0];
```

- c. Buat matriks kekakuan setiap elemen *beam-column*;

% Matriks kekakuan yang diekspansikan setiap elemen batang dari 4x4 ke 6x6

```
k1L=[E*A/L1      0      0      -E*A/L1      0      0;
      0      12*E*I/(L1^3)  6*E*I/(L1^2)  0      -12*E*I/(L1^3)  6*E*I/(L1^2);
      0      6*E*I/(L1^2)  4*E*I/L1      0      -6*E*I/(L1^2)  2*E*I/L1;
     -E*A/L1      0      0      E*A/L1      0      0;
      0     -12*E*I/(L1^3) -6*E*I/(L1^2)  0      12*E*I/(L1^3) -6*E*I/(L1^2);
      0      6*E*I/(L1^2)  2*E*I/L1      0     -6*E*I/(L1^2)  4*E*I/L1];

k2L=[E*A/L2      0      0      -E*A/L2      0      0;
      0      12*E*I/(L2^3)  6*E*I/(L2^2)  0      -12*E*I/(L2^3)  6*E*I/(L2^2);
      0      6*E*I/(L2^2)  4*E*I/L2      0      -6*E*I/(L2^2)  2*E*I/L2;
     -E*A/L2      0      0      E*A/L2      0      0;
      0     -12*E*I/(L2^3) -6*E*I/(L2^2)  0      12*E*I/(L2^3) -6*E*I/(L2^2);
      0      6*E*I/(L2^2)  2*E*I/L2      0     -6*E*I/(L2^2)  4*E*I/L2];

k3L=[E*A/L3      0      0      -E*A/L3      0      0;
      0      12*E*I/(L3^3)  6*E*I/(L3^2)  0      -12*E*I/(L3^3)  6*E*I/(L3^2);
      0      6*E*I/(L3^2)  4*E*I/L3      0      -6*E*I/(L3^2)  2*E*I/L3;
     -E*A/L3      0      0      E*A/L3      0      0;
      0     -12*E*I/(L3^3) -6*E*I/(L3^2)  0      12*E*I/(L3^3) -6*E*I/(L3^2);
      0      6*E*I/(L3^2)  2*E*I/L3      0     -6*E*I/(L3^2)  4*E*I/L3];

k4L=[E*A/L4      0      0      -E*A/L4      0      0;
      0      12*E*I/(L4^3)  6*E*I/(L4^2)  0      -12*E*I/(L4^3)  6*E*I/(L4^2);
      0      6*E*I/(L4^2)  4*E*I/L4      0      -6*E*I/(L4^2)  2*E*I/L4;
     -E*A/L4      0      0      E*A/L4      0      0;
      0     -12*E*I/(L4^3) -6*E*I/(L4^2)  0      12*E*I/(L4^3) -6*E*I/(L4^2);
      0      6*E*I/(L4^2)  2*E*I/L4      0     -6*E*I/(L4^2)  4*E*I/L4];

k5L=[E*A/L5      0      0      -E*A/L5      0      0;
      0      12*E*I/(L5^3)  6*E*I/(L5^2)  0      -12*E*I/(L5^3)  6*E*I/(L5^2);
      0      6*E*I/(L5^2)  4*E*I/L5      0      -6*E*I/(L5^2)  2*E*I/L5;
     -E*A/L5      0      0      E*A/L5      0      0;
      0     -12*E*I/(L5^3) -6*E*I/(L5^2)  0      12*E*I/(L5^3) -6*E*I/(L5^2);
      0      6*E*I/(L5^2)  2*E*I/L5      0     -6*E*I/(L5^2)  4*E*I/L5];

k6L=[E*A/L6      0      0      -E*A/L6      0      0;
      0      12*E*I/(L6^3)  6*E*I/(L6^2)  0      -12*E*I/(L6^3)  6*E*I/(L6^2);
      0      6*E*I/(L6^2)  4*E*I/L6      0      -6*E*I/(L6^2)  2*E*I/L6;
     -E*A/L6      0      0      E*A/L6      0      0;
      0     -12*E*I/(L6^3) -6*E*I/(L6^2)  0      12*E*I/(L6^3) -6*E*I/(L6^2);
      0      6*E*I/(L6^2)  2*E*I/L6      0     -6*E*I/(L6^2)  4*E*I/L6];
```

d. Buat Matriks transformasi [T] tiap elemen *beam-column*;

% Matriks transformasi [T] tiap elemen

```
C1=cosd(90);
S1=sind(90);
C2=cosd(90);
S2=sind(90);
C3=cosd(0);
S3=sind(0);
C4=cosd(0);
S4=sind(0);
C5=cosd(26.56);
S5=sind(26.56);
C6=cosd(270);
S6=sind(270);

% Matriks Transformasi
T1=[C1 S1 0 0 0 0;-S1 C1 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
T2=[C2 S2 0 0 0 0;-S2 C2 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
T3=[C3 S3 0 0 0 0;-S3 C3 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
T4=[C4 S4 0 0 0 0;-S4 C4 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
T5=[C5 S5 0 0 0 0;-S5 C5 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
T6=[C6 S6 0 0 0 0;-S6 C6 0 0 0 0;0 0 1 0 0 0;0 0 0 1 0 0;0 0 0 0 1 0;0 0 0 0 0 1];
```

e. Susun Matriks transformasi [T] tiap elemen *beam-column*;

```
% Matriks kekakuan lokal ditransformasikan ke sistem koordinat global
k1G= T1'*k1L*T1
k2G= T2'*k2L*T2
k3G= T3'*k3L*T3
k4G= T4'*k4L*T4
k5G= T5'*k5L*T5
k6G= T6'*k6L*T6
```

f. Buat rumus Matriks kekakuan lokal ditransformasikan ke sistem koordinat global;

```
% Matriks kekakuan elemen diekspansikan lagi
% dari jumlah DoF tiap elemen (6) ke jumlah DoF dalam struktur (21)
% penempatannya sesuai nomor node elemen
% Urai tiap matriks global menjadi empat bagian

k1G1= [k1G(1,1) k1G(1,2) k1G(1,3);k1G(2,1) k1G(2,2) k1G(2,3);k1G(3,1) k1G(3,2) k1G(3,3)];
k1G2= [k1G(4,1) k1G(4,2) k1G(4,3);k1G(5,1) k1G(5,2) k1G(5,3);k1G(6,1) k1G(6,2) k1G(6,3)];
k1G3= [k1G(1,4) k1G(1,5) k1G(1,6);k1G(2,4) k1G(2,5) k1G(2,6);k1G(3,4) k1G(3,5) k1G(3,6)];
k1G4= [k1G(4,4) k1G(4,5) k1G(4,6);k1G(5,4) k1G(5,5) k1G(5,6);k1G(6,4) k1G(6,5) k1G(6,6)];

k2G1= [k2G(1,1) k2G(1,2) k2G(1,3);k2G(2,1) k2G(2,2) k2G(2,3);k2G(3,1) k2G(3,2) k2G(3,3)];
k2G2= [k2G(4,1) k2G(4,2) k2G(4,3);k2G(5,1) k2G(5,2) k2G(5,3);k2G(6,1) k2G(6,2) k2G(6,3)];
k2G3= [k2G(1,4) k2G(1,5) k2G(1,6);k2G(2,4) k2G(2,5) k2G(2,6);k2G(3,4) k2G(3,5) k2G(3,6)];
k2G4= [k2G(4,4) k2G(4,5) k2G(4,6);k2G(5,4) k2G(5,5) k2G(5,6);k2G(6,4) k2G(6,5) k2G(6,6)];

k3G1= [k3G(1,1) k3G(1,2) k3G(1,3);k3G(2,1) k3G(2,2) k3G(2,3);k3G(3,1) k3G(3,2) k3G(3,3)];
k3G2= [k3G(4,1) k3G(4,2) k3G(4,3);k3G(5,1) k3G(5,2) k3G(5,3);k3G(6,1) k3G(6,2) k3G(6,3)];
k3G3= [k3G(1,4) k3G(1,5) k3G(1,6);k3G(2,4) k3G(2,5) k3G(2,6);k3G(3,4) k3G(3,5) k3G(3,6)];
k3G4= [k3G(4,4) k3G(4,5) k3G(4,6);k3G(5,4) k3G(5,5) k3G(5,6);k3G(6,4) k3G(6,5) k3G(6,6)];

k4G1= [k4G(1,1) k4G(1,2) k4G(1,3);k4G(2,1) k4G(2,2) k4G(2,3);k4G(3,1) k4G(3,2) k4G(3,3)];
k4G2= [k4G(4,1) k4G(4,2) k4G(4,3);k4G(5,1) k4G(5,2) k4G(5,3);k4G(6,1) k4G(6,2) k4G(6,3)];
k4G3= [k4G(1,4) k4G(1,5) k4G(1,6);k4G(2,4) k4G(2,5) k4G(2,6);k4G(3,4) k4G(3,5) k4G(3,6)];
k4G4= [k4G(4,4) k4G(4,5) k4G(4,6);k4G(5,4) k4G(5,5) k4G(5,6);k4G(6,4) k4G(6,5) k4G(6,6)];

k5G1= [k5G(1,1) k5G(1,2) k5G(1,3);k5G(2,1) k5G(2,2) k5G(2,3);k5G(3,1) k5G(3,2) k5G(3,3)];
k5G2= [k5G(4,1) k5G(4,2) k5G(4,3);k5G(5,1) k5G(5,2) k5G(5,3);k5G(6,1) k5G(6,2) k5G(6,3)];
k5G3= [k5G(1,4) k5G(1,5) k5G(1,6);k5G(2,4) k5G(2,5) k5G(2,6);k5G(3,4) k5G(3,5) k5G(3,6)];
k5G4= [k5G(4,4) k5G(4,5) k5G(4,6);k5G(5,4) k5G(5,5) k5G(5,6);k5G(6,4) k5G(6,5) k5G(6,6)];

k6G1= [k6G(1,1) k6G(1,2) k6G(1,3);k6G(2,1) k6G(2,2) k6G(2,3);k6G(3,1) k6G(3,2) k6G(3,3)];
k6G2= [k6G(4,1) k6G(4,2) k6G(4,3);k6G(5,1) k6G(5,2) k6G(5,3);k6G(6,1) k6G(6,2) k6G(6,3)];
k6G3= [k6G(1,4) k6G(1,5) k6G(1,6);k6G(2,4) k6G(2,5) k6G(2,6);k6G(3,4) k6G(3,5) k6G(3,6)];
k6G4= [k6G(4,4) k6G(4,5) k6G(4,6);k6G(5,4) k6G(5,5) k6G(5,6);k6G(6,4) k6G(6,5) k6G(6,6)];
```

g. Susun masing-masing Matriks kekakuan Global sesuai DoF yang telah di sket menjadi matriks Global rangka struktur tiap elemen *beam-column*;

```
% dari jumlah DoF tiap elemen (6) ke jumlah DoF dalam struktur (21)
% penempatannya sesuai nomor node elemen
%
%      1   2   3   4   5   6   7   8   9   10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21
%
% -----
k1GR=[k1G1 k1G3 zeros(3,15);k1G2 k1G4 zeros(3,15);zeros(15,21)]
k2GR=[zeros(3,21);zeros(3,3) k2G1 k2G3 zeros(3,12);zeros(3,3) k2G2 k2G4 zeros(3,12);zeros(12,21)]
k3GR=[zeros(6,21);zeros(3,6) k3G1 k3G3 zeros(3,9);zeros(3,6) k3G2 k3G4 zeros(3,9);zeros(9,21)]
k4GR=[zeros(9,21);zeros(3,9) k4G1 k4G3 zeros(3,6);zeros(3,9) k4G2 k4G4 zeros(3,6);zeros(6,21)]
k5GR=[zeros(12,21);zeros(3,12) k5G1 k5G3 zeros(3,3);zeros(3,12) k5G2 k5G4 zeros(3,3);zeros(3,21)]
k6GR=[zeros(12,21);zeros(3,12) k6G1 zeros(3,3) k6G3;zeros(3,21);zeros(3,12) k6G2 zeros(3,3) k6G4]
```

- h. Jumlahkan Matriks kekakuan Global tiap elemen struktur menjadi matriks Global rangka struktur

$$KS = k_1GR + k_2GR + k_3GR + k_4GR$$

- i. Pemberian kekangan restraint pada pekerjaan MATLAB sesuai DoF kekangan

```
% pemberian kekangan (restraint)
KS(1,:)=[] %hapus baris ke 1
KS(:,1)=[] %hapus Kolom ke 1
KS(1,:)=[] %hapus baris ke 2
KS(:,1)=[] %hapus Kolom ke 2
KS(1,:)=[] %hapus baris ke 3
KS(:,1)=[] %hapus Kolom ke 3
KS(16,:)=[] %hapus baris ke 19
KS(:,16)=[] %hapus Kolom ke 19
KS(16,:)=[] %hapus baris ke 20
KS(:,16)=[] %hapus Kolom ke 20
KS(16,:)=[] %hapus baris ke 21
KS(:,16)=[] %hapus Kolom ke 21
```

Dengan gaya dalam,

```
% Gaya dalam
P(1)=[]
P(1)=[]
P(1)=[]
P(16)=[]
P(16)=[]
P(16)=[]
```

- j. Invers matrik kekakuan (v)

$$v = \text{inv}(KS)$$

- k. Buat rumus menentukan nilai U masing-masing titik diskrit.

$$U = \text{inv}(KS) * P \quad \% \text{ Gaya dalam}$$

Kemudian diperoleh hasil U sebagai berikut:

```
U =
0.0006
-0.0000
-0.0011
0.0077
-0.0000
```

-0.0034
0.0077
-0.0061
0.0015
0.0077
-0.0002
-0.0025
0.0137
-0.0123
-0.0078

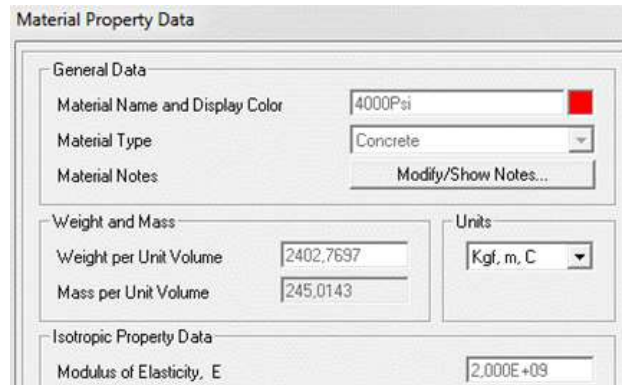
U adalah deformasi pada tiap nodal (diskrit) yang diurutkan berdasarkan penentuan Dof pada Gambar 3.

4. Garis besar pekerjaan di SAP
 - a. *Edit grid*, sesuai sket rangka *beam-column*;

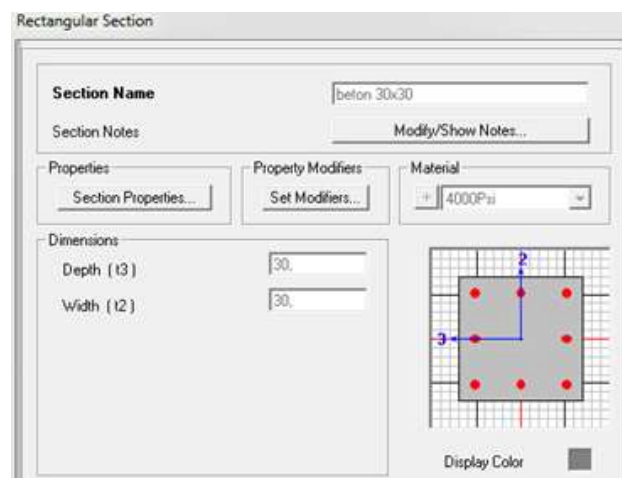


Gambar 4 Data Grid Portal

- b. *Define material*, menentukan dimensi serta jenis material *beam-column*;

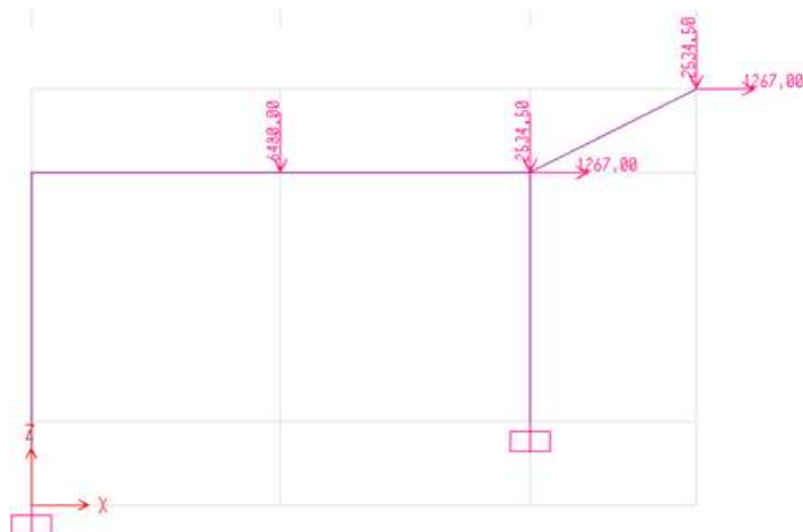


Gambar 5 Data Material



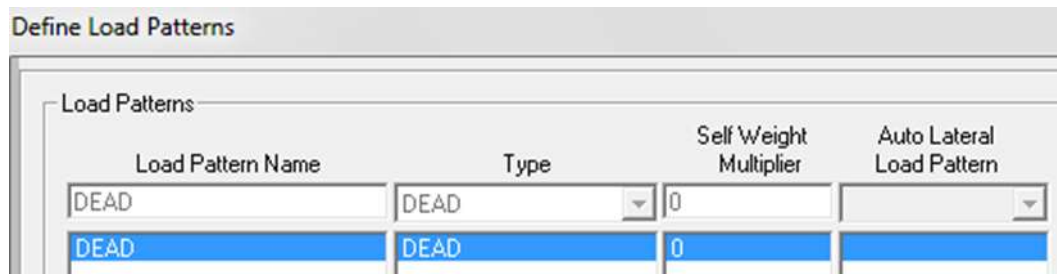
Gambar 6 Data Penampang

- c. *Draw Frame*, sesuai sket rangka *beam-column*;
- d. *Assign Load*, sesuai sket rangka *beam-column*;



Gambar 7 Portal dengan Beban

- e. *Load Pattern*, factor kali beban mati (Dead load) rubah menjadi 0;



Gambar 8 Data Faktor Beban

- f. *Set analyze option*, jangan lupa rubah ke plane frame, XZ Plane;
- g. *Run* → *Display* → *show table* → *joint displacement*, cari nilai U masing-masing titik diskrit.

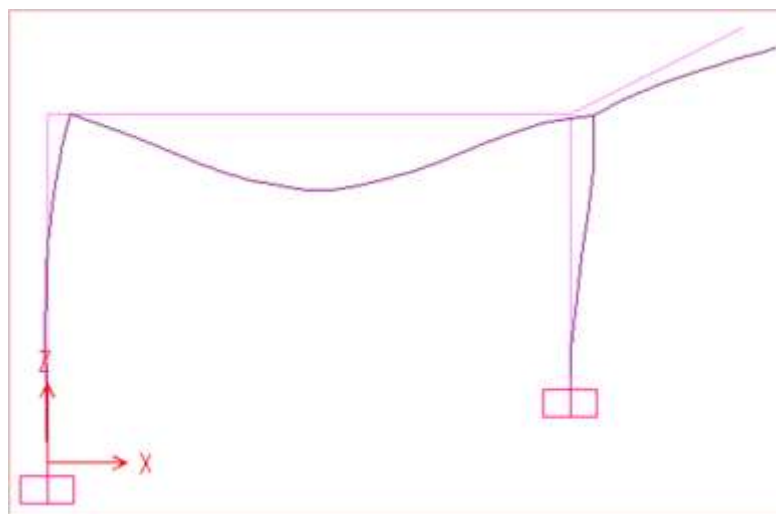
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians
1	DEAD	LinStatic	0	0	0	0	0
2	DEAD	LinStatic	0,000574	0	-0,000011	0	0,001112
3	DEAD	LinStatic	0,007768	0	-0,000043	0	0,003419
4	DEAD	LinStatic	0,007772	0	-0,006307	0	-0,001431
5	DEAD	LinStatic	0,007776	0	-0,000161	0	0,002553
6	DEAD	LinStatic	0,013872	0	-0,012353	0	0,0078
7	DEAD	LinStatic	0	0	0	0	0

Gambar 9 Output Sap2000

5. Bandingkan nilai U pada SAP 2000 dan nilai U pada MATLAB;

Pastikan satuan pada kedua program saling berkesesuaian.

Analisa menggunakan SAP 2000 memberikan deformasi struktur seperti pada Gambar 10



Gambar 10 Deformasi Struktur pada SAP2000

Analisa kedua program diatas dapat dibandingkan melalui Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Perbandingan Analisa MATLAB dan SAP2000

U (mm) MATLAB	U (mm) SAP2000	Selisih (Perbedaan)
0.0006	0.000574	0.0000260
-0.0000	-0.000011	0.0000110
-0.0011	-0.001112	0.0000120
0.0077	0.007768	0.0000680
-0.0000	-0.000043	0.0000430
-0.0034	-0.003419	0.0000190
0.0077	0.007772	0.0000720
-0.0061	-0.006307	0.0002070
0.0015	0.001431	0.0000690
0.0077	0.007776	0.0000760
-0.0002	-0.000161	0.0000390
-0.0025	-0.002553	0.0000530
0.0137	0.013872	0.0001720
-0.0123	-0.012353	0.0000530

Perbandingan kedua analisa diatas membuktikan bahwa analisa menggunakan MATLAB dengan pendekatan diskrit dapat mendekati hasil analisa SAP2000. Hal ini menegaskan bahwa dengan pemahaman rumusan yang baik, penggunaan pendekatan diskrit dalam suatu Metode Elemen Hingga dapat digunakan dalam analisa struktur. Formulasi/rumusan matriks dengan bantuan MATLAB ini dapat mempermudah analisa struktur yang cukup rumit.

PENUTUP

Penelitian ini memberikan jabaran perumusan yang mudah untuk dicoba sebagai alternatif metode analisa struktur portal (balok miring) menggunakan MATLAB. Pendekatan diskrit dapat dimanfaatkan dalam menganalisa struktur secara klasik (tanpa program analisa struktur seperti SAP2000, ETABS dll). Dengan adanya dasar rumusan matriks pada MATLAB ini dapat dikembangkan menjadi sebuah program perangkat lunak metode elemen hingga.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, A. N., Abdi, F. N., & Sutanto, H. (2020). ANALISIS STRUKTUR RANGKA BATANG 2D DENGAN METODE MATRIKS KEKAKUAN MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB. *JURNAL TEKNOLOGI SIPIL Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Sipil*, 15–18.
- Aminullah, A. (2020). Tinjauan Kekakuan Struktur Menara Bangunan Mesjid Akibat Posisi Penempatan Struktur Menara. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 3(2), 98. <https://doi.org/10.31602/jk.v3i2.4071>
- Deshariyanto1, D., Diana, A. I. N., & Fansuri, S. (2021). PERBANDINGAN STRUKTUR RANGKA BATANG STATIS TERTENTU MENGGUNAKAN METODE MEKANIKA KLASIK DAN PROGRAM

- (SAP 2000). *Jurnal "MITSU" Media Informasi Teknik Sipil*, 9(1), 1–8.
- Dolu, A., & Hasan, H. (2010). Metode elemen hingga dengan program matlab dan aplikasi Sap 2000 untuk analisis struktur cangkang. *SMARTek*, 8(2), 153–168.
- Donald W. Mueller, J. (2005). An introduction to the finite element method using MATLAB. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 33(3), 260–277. <https://doi.org/https://doi.org/10.7227%2FIJMEE.33.3.8>
- Ferreira, T. (2019). *Numerical Analysis of Axisymmetric Solids by the Finite Element Method: Use in Concrete, Steel and Mixed Steel-Concrete Elements, Numerical Analysis of Axisymmetric Solids by the Finite Element Method Use in Concrete, Steel and Mixed Steel-Concrete Elements*.
https://www.scipedia.com/public/Ferreira_2019a
- Haris, A. (2015). *Analisis Struktur dengan Metode Kekakuan*.
- Nur Indriatno Putra Pratama, G., & Suparman, S. (2019). Peningkatan Keterampilan Mengajar Mahasiswa Pendidikan Teknik Sipil Dan Perencanaan, Ft, Uny Melalui Metode Drill Berbasis Komunikasi Verbal-Non Verbal. *Jurnal Pendidikan Teknik Sipil*, 1(1), 19–27.
<https://doi.org/10.21831/jpts.v1i1.28271>
- Satria, A. (2019). Aplikasi program metode elemen hingga pada rangka ruang (space truss) dengan program Matlab. *Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara*.
- Titania, T., & Widodo, S. (2018). *PELAJARAN MEKANIKA TEKNIK KELAS X DESAIN PEMODELAN DAN INFORMASI BANGUNAN DI SMK N 2 YOGYAKARTA PENDAHULUAN Kemajuan dunia pendidikan merupakan salah satu tolak ukur untuk dapat memajukan suatu bangsa . Pendidikan pada saat ini diharapkan dapat meningkatk. II(2)*.
- Tjitradi, D., Eliatun, E., & Afriono, H. (2021). PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG MENGGUNAKAN SOFTWARE STAADPRO V8i. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(1), 159.
<https://doi.org/10.31602/jk.v4i1.5153>
- Ulfa, A. A., Piscesa, B., Attard, M. M., Faimun, F., & Aji, P. (2020). Parametric studies on the ductility of axial loaded square reinforced concrete column made of normal-strength concrete (NSC) and high-strength steel confining rebar (HSSCR) with various ties configuration. *E3S Web of Conferences*, 156, 0–6. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015603002>