

## **ANALISIS STRUKTUR RANGKA BATANG 2D DENGAN METODE MATRIKS KEKAKUAN MENGUNAKAN APLIKASI MATLAB**

**Apriliyanda Nur Adha †**

*Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119  
E-mail: [aprilianadanuradha@gmail.com](mailto:aprilianadanuradha@gmail.com)*

**Fachriza Noor Abdi**

*Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119  
E-mail: [fnabdi@yahoo.com](mailto:fnabdi@yahoo.com)*

**Heri Sutanto**

*Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, Kalimantan Timur 75119  
E-mail: [hery\\_soetanto@yahoo.com](mailto:hery_soetanto@yahoo.com)*

### **ABSTRAK**

Perhitungan struktur dewasa ini menggunakan metode matriks kekakuan pada pengoperasiannya. Metode matriks kekakuan merupakan metode yang berkembang bersamaan dengan populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi perhitungan aritmatika dengan menggunakan prinsip matriks yang sistematis dan sederhana. Pada penelitian ini akan dibuat suatu program dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB untuk mendesain rangka batang dua dimensi (2D). Tujuannya agar orang-orang yang membaca skripsi ini dapat mengetahui pengaplikasian metode matriks kekakuan untuk mendesain program perhitungan struktur rangka batang, serta mengetahui dasar dari terciptanya program perhitungan struktur yang ada.

Untuk membuat program analisis struktur rangka batang, ditentukan dahulu parameter-parameter metode kekakuan yang akan digunakan dalam proses perhitungan. Parameter tersebut adalah jumlah nodal, jumlah batang, panjang batang, luas penampang, modulus elastisitas, posisi tumpuan, dan gaya luar yang bekerja. Kemudian digunakan Graphic User Interface MATLAB (GUI MATLAB) agar tampilan lebih menarik dan memudahkan saat menulis fungsi di dalam program. Program yang telah selesai dibuat diuji menggunakan permodelan struktur rangka batang, diantaranya dua kasus struktur rangka batang jembatan dan satu kasus struktur kuda-kuda. Terakhir program divalidasi dengan metode titik buhul, metode Cremona dan SAP2000.

Hasil perbandingan nilai-nilai perpindahan (displacement) antara program dan SAP2000 seluruhnya dibawah 5%, dan perbandingan nilai-nilai gaya batang antara program dan SAP2000 hampir seluruhnya di bawah 5%. Untuk hasil di atas 5%, selisih nilai yang didapat sangat kecil. Perbandingan nilai-nilai gaya batang antara program dan metode titik buhul hampir seluruhnya di bawah 5%. Untuk hasil di atas 5% terjadi karena pembulatan saat perhitungan manual yang terdapat pada struktur rangka atap, namun masih dengan selisih nilai yang wajar. Perbandingan nilai-nilai gaya batang antara program dan metode Cremona seluruhnya di bawah 5%.

**Kata Kunci:** Struktur Rangka Batang, Metode Matriks Kekakuan, MATLAB

## 1. PENDAHULUAN

Dalam perhitungan struktur dewasa ini telah digunakan berbagai metode untuk memperoleh karakteristik dari struktur tersebut. Diantara metode yang digunakan ialah metode matriks kekakuan yang merupakan metode yang berkembang bersamaan dengan populernya penggunaan komputer otomatis untuk operasi perhitungan aritmatika.

Pada saat ini program-program analisis struktur menggunakan prinsip metode matriks kekakuan pada pengoperasiannya karena menggunakan perhitungan matriks yang sistematis dan sederhana. Salah satu bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk membantu perhitungan analisis struktur yaitu MATLAB, dimana pada penelitian kali digunakan untuk menerapkan langkah-langkah analisis struktur dengan metode matriks kekakuan. Dalam pengaplikasian metode matriks kekakuan pada penelitian ini, akan dibuat suatu program untuk mendesain rangka batang dua dimensi (2D). Program akan diberi nama ATAP yang merupakan singkatan dari A Truss Analysis Program.

Rangka batang merupakan sistem struktur yang merupakan susunan elemen-elemen linier yang membentuk segitiga dan merupakan struktur yang sering dijumpai, serta dengan menggunakan struktur rangka batang penerapan metode matriks kekakuan bisa dengan mudah dipahami.

Oleh karena itu, dibuatlah suatu bahasan pada penelitian ini yaitu bagaimana penerapan metode matriks kekakuan untuk membuat suatu program perhitungan struktur rangka batang berdasarkan bahasa pemrograman MATLAB, dengan harapan orang-orang yang membaca skripsi ini dapat memahami metode tersebut serta mengetahui dasar dari terciptanya program perhitungan struktur yang ada.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Jenis Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian Research and Development (Penelitian dan Pengembangan).

### 2.2. Tahap-tahap Penelitian

Tahap-tahap yang digunakan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Studi Literatur.
2. Tahap Pengumpulan Data.

3. Tahap Pengembangan Program.
4. Tahap Validasi Program.

### 2.3. Urutan Perhitungan Struktur Rangka Batang

Urutan perhitungan desain struktur rangka batang pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Tentukan derajat ketidaktentuan kinematis tiap titik buhul.
2. Tentukan vektor gaya-gaya luar P.
3. Susun matriks transformasi T.
4. Tentukan matriks kekakuan pada koordinat lokal struktur k'.

$$k' = \begin{bmatrix} k_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & k_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & k_m \end{bmatrix}$$

5. Tentukan matriks kekakuan pada koordinat global struktur k.

$$k = T^T k' T$$

6. Himpun matriks kekakuan struktur K.
7. Susun dan partisi persamaan matriks.

$$\begin{bmatrix} Q_k \\ Q_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_u \\ D_k \end{bmatrix}$$

8. Tentukan perpindahan yang tidak diketahui  $D_u$ .

$$D_u = [K_{11}]^{-1} Q_k$$

9. Tentukan reaksi perletakan  $Q_u$ .

$$Q_u = K_{21} D_u$$

10. Tentukan gaya dalam elemen.

$$q = k' T D$$

### 2.4. Tahap-tahap Pembuatan Program

Dalam pembuatan program pada skripsi ini yaitu terdiri dari tiga bagian, yaitu dimulai dengan menentukan data-data program yang dapat diketahui saat menentukan urutan perhitungan, kemudian membuat algoritma program, membuat desain tampilan (grafik) pada GUI MATLAB, dan terakhir pemberian perintah pada program (programming).

### 2.5. Validasi Program Struktur Rangka Batang

Pada tahap validasi dilakukan perbandingan program dengan metode titik buhul dan Cremona serta menggunakan aplikasi SAP2000. Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil keluaran (output) yang dihasilkan oleh program telah sesuai atau tidak.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

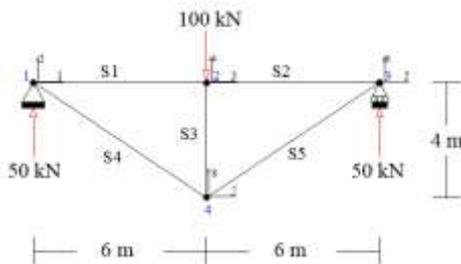
### 3.1. Percobaan A Truss Analysis Program (ATAP)

Untuk mengetahui cara kerja ATAP, dilakukan simulasi atau percobaan terhadap struktur rangka batang yang berupa rangka jembatan dan rangka atap. Berikut beberapa contoh kasus yang akan dikerjakan menggunakan program struktur rangka batang yang telah dibuat dengan MATLAB.

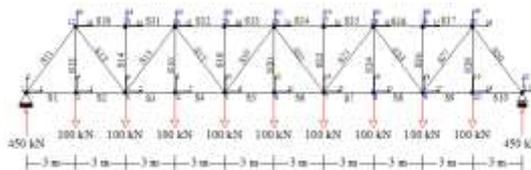
#### 3.1.1 Struktur Rangka Jembatan

Terdapat dua contoh kasus yang akan dihitung pada program ini, yaitu:

##### a. Kasus 1

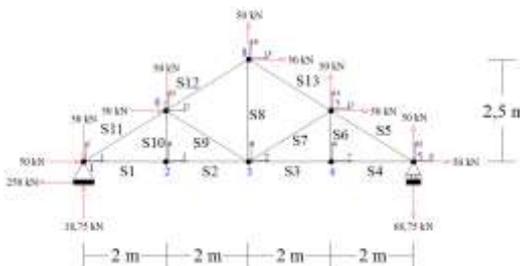


##### b. Kasus 2



#### 3.1.2 Struktur Kuda-kuda

Struktur kuda-kuda yang akan dihitung adalah sebagai berikut:



### 3.2. Perbandingan Hasil ATAP dan Hasil Validasi

Nilai perbandingan dicari dengan melihat persentase selisih dari ATAP terhadap nilai dari metode titik buhul, metode Cremona, dan aplikasi SAP2000.

#### 3.2.1 Perbandingan Hasil pada Struktur Rangka Jembatan Kasus 1

Perbandingan nilai perpindahan join pada struktur rangka jembatan kasus 1 hasil dari ATAP dengan SAP2000, di bawah 5%. Perbandingan gaya semua batang antara hasil ATAP dengan hasil metode titik buhul, metode Cremona, dan SAP2000 di bawah 5%.

#### 3.2.2 Perbandingan Hasil pada Struktur Rangka Jembatan Kasus 2

Perbandingan perpindahan join antara hasil ATAP dengan SAP2000 di bawah 5%. Perbandingan semua gaya batang antara hasil ATAP dengan hasil metode titik buhul, metode Cremona, dan SAP2000 di bawah 5%.

#### 3.2.3 Perbandingan Hasil pada Struktur Kuda-kuda

Perbandingan gaya batang salah satu batang dengan metode titik buhul dan SAP2000 di atas 5%. Nilai batang tersebut menggunakan ATAP adalah 0 kN sedangkan dengan metode titik buhul bernilai -0,15 kN, namun melihat perbedaan gaya batang yang tidak terlalu besar, maka hal tersebut masih wajar. Perbedaan tersebut terjadi karena saat menghitung dengan metode titik buhul penulis menetapkan pembulatan dua angka dibelakang koma.

Perbedaan nilai gaya salah satu batang dengan SAP2000 juga di atas 5% dengan nilai 0 kN di ATAP dan  $-2,842 \times 1014$  kN di SAP2000, namun melihat perbedaan gaya batang yang tidak terlalu besar, maka hal tersebut masih wajar. Untuk nilai gaya batang lainnya di bawah 5%.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada skripsi ini, yaitu:

1. Untuk membuat ATAP (A Truss Analysis Program), ditentukan dahulu parameter-parameter metode kekakuan yang akan digunakan dalam proses perhitungan. Parameter tersebut adalah jumlah nodal,

- jumlah batang, panjang batang, luas penampang, modulus elastisitas, posisi tumpuan, dan gaya luar yang bekerja.
2. Hasil ATAP dibandingkan dengan metode titik buhul, metode Cremona, dan SAP2000 adalah sebagai berikut:
- Perbandingan nilai-nilai perpindahan (displacement) antara ATAP dan SAP2000 seluruhnya dibawah 5%.
  - Perbandingan nilai-nilai gaya batang antara ATAP dan metode titik buhul hampir seluruhnya di bawah 5%. Untuk hasil di atas 5% terjadi karena pembulatan saat perhitungan manual yang terdapat pada struktur rangka atap, namun masih dengan selisih nilai yang wajar.
  - Perbandingan nilai-nilai gaya batang antara ATAP dan metode Cremona seluruhnya di bawah 5%.
  - Perbandingan nilai-nilai gaya batang antara ATAP dan SAP2000 hampir seluruhnya di bawah 5%. Untuk hasil di atas 5%, selisih nilai yang didapat sangat kecil.

Structures, Second Edition, Cengage Learning, Amerika Serikat

Lent, C. S., 2013, Learning to Program with MATLAB: building GUI tools, John Wiley & Sons, Inc., Amerika Serikat

MathWorks, 2005, MATLAB The Language of Technical Computing Version 7, The MathWorks, Inc. Natick

MathWorks, 2015, MATLAB Creating Graphical User Interfaces, The MathWorks, Inc. Natick

Sahyar, 2016, Algoritma & Pemrograman Menggunakan Matlab (Matrix Laboratory), Prenada Media, Jakarta

Suprpto, Yuwono, K. T., Sukradiyono, T., Dewanto, A., 2018, BAHASA PEMROGRAMAN untuk Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Pembinaan SMK, Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- Attaway, S, 2009, MATLAB: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving, Elsevier, Oxford
- Azwar, Saifuddin, 2005, Signifikan Atau Sangat Signifikan ?, Buletin Psikologi, Volume 13, no. 1, hh. 40-41
- Direktorat Tenaga Kependidikan, Ditjen PMPTK, Direktorat Pendidikan Nasional 2008, Pendekatan, Jenis, dan Metode Penelitian Pendidikan
- Harumy, T., H., F., Windarto, A., P., Sulistianingsih, I., 2016, Belajar Dasar Algoritma & Pemrograman C++, Deepublish, Yogyakarta
- Hibbeler R. C., 2012, Structural Analysis, Pearson Prentice Hall, Amerika Serikat
- Karnovsky, I. A., Lebed, O., 2010, Advanced Method of Structural Analysis, Springer, Amerika Serikat
- Kassimali, A., 2012, Matrix Analysis of