

## **PENGARUH DAN FUNGSI BATANG NOL TERHADAP DEFLEKSI TITIK BUHUL STRUKTUR RANGKA**

**Iwan-Indra Gunawan**

### **INTISARI**

*Konstruksi rangka batang adalah konstruksi yang hanya menerima gaya tekan dan gaya tarik. Bentuk konstruksi yang stabil adalah segitiga. Besarnya gaya-gaya yang terjadi dapat dipengaruhi oleh panjang dan tinggi konstruksi, besarnya beban yang bekerja, luas kerja beban. Beban yang bekerja pada struktur ketika diberi beban akan mempengaruhi penurunan pada titik join. Karena adanya beban-beban yang bekerja pada suatu konstruksi rangka, maka batang-batang itu mengalami perubahan panjangnya, yang disebabkan adanya tegangan normal di dalamnya. Menurut D.L. Schodek, kestabilan konstruksi rangka batang secara keseluruhan ada atau tidaknya batang nol tidak menentukan, oleh karena itu penelitian ini akan membahasnya melalui alat peraga.*

*Alat peraga yang dipakai dalam penelitian ini menggunakan plat aluminium berbentuk siku dengan penampang profil yaitu 2L.27x13 mm, yang tiap batangnya disusun membentuk rangka batang berpola segitiga dengan bentuk struktur rangka diagonal naik turun. Jarak antar join 30 cm x 6 bagian dengan panjang bentang 180 cm dan tinggi 30 cm. Dalam penelitian ini digunakan dial gauge untuk mengukur besarnya defleksi titik join yang terjadi pada alat peraga. Pelaksanaan pengujian dilakukan dua tahap pengujian, tahap pertama struktur menggunakan batang nol dan tahap kedua struktur tanpa menggunakan batang nol. Dari hasil pengujian ini dapat diketahui pengaruh dan fungsi batang nol terhadap defleksi titik join pada rangka batang dan dibandingkan dengan hasil analisis dengan program SAP 2000.*

*Besarnya defleksi yang terjadi akibat beban yang bekerja di titik join J3 dan J5 menunjukkan ada dan tidaknya batang nol pada rangka batang memiliki pengaruh terhadap defleksi titik join serta kestabilan struktur. Hasil pengujian menunjukkan batang nol memiliki fungsi sebagai pengikat atau pengaku, mengurangi besarnya lendutan yang terjadi serta berfungsi menjaga kestabilan struktur. Hasil analisis dengan program SAP 2000 tidak menunjukkan adanya pengaruh dan fungsi batang nol terhadap defleksi titik join.*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Rangka batang adalah susunan batang-batang lurus dan yang disambung pada titik join membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, sehingga menjadi bentuk rangka batang yang tidak dapat berubah bentuk apabila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih pada batangnya. Setiap elemen tersebut secara umum dianggap tergabung pada titik hubungannya dengan sambungan sendi. Batang-batang disusun sedemikian rupa sehingga semua beban dan reaksi hanya terjadi pada titik hubung.

Bentuk konstruksi yang stabil adalah segitiga, maka sembarang susunan segitiga juga membentuk struktur stabil dan kukuh. Ini merupakan prinsip dasar penggunaan rangka batang pada gedung karena bentuk kaku yang lebih besar untuk sembarang geometri dapat dibuat dengan memperbesar segitiga-segitiga tersebut.

Menurut D.L. Schodek yang telah membahas tentang penurunan titik join secara grafis maupun analitis berpendapat bahwa kestabilan rangka batang secara keseluruhan ada atau tidaknya batang nol tidak menentukan. Dari hal di atas mendorong penulis untuk mengaplikasikan teori penurunan titik join pada alat peraga.

Pada alat peraga ini menggunakan bahan aluminium yang tiap batangnya disusun membentuk rangka batang dengan pola segitiga. Sebelumnya ukuran-ukuran ditentukan terlebih dahulu. Karena aluminium cukup kaku maka dapat ditentukan besarnya penurunan titik join yang terjadi akibat beban yang bekerja pada join.

#### **Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: Apakah batang nol memiliki pengaruh dan fungsi terhadap struktur rangka batang dan besarnya peralihan titik join pada struktur rangka batang?

Struktur statis tertentu dilakukan dalam Studi kualitatif pemahaman batang nol dengan batasan pada konstruksi rangka batang 2D, hanya untuk menunjukkan besar penurunan titik join arah vertikal, kekakuan dan modulus elastisitas batang konstan dan berat batang diabaikan, hanya berlaku untuk statis tertentu, deformasi aksial diabaikan, dan perhitungan dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000.

### Tujuan dan Manfaat Penelitian

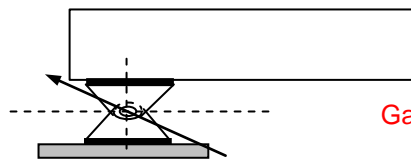
Adapun tujuan penelitian pembuatan alat peraga ini adalah untuk mengetahui lebih jelas pengaruh dan fungsi batang nol terhadap struktur rangka batang dan menunjukkan secara visual melalui alat peraga dan hasilnya diharapkan sebagai alat bantu untuk dapat lebih memahami secara praktis perilaku batang nol dan memberikan gambaran yang jelas secara visual.

## KAJIAN PUSTAKA

### A. Tumpuan pada Konstruksi Rangka Batang

#### 1. Tumpuan sendi

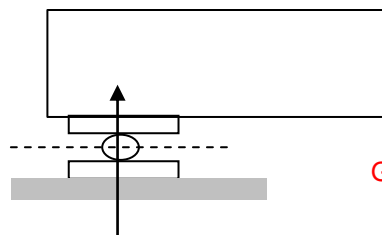
Tumpuan sendi menerima gaya tumpuan yang sembarang dan menentukan titik tumpuan pada sistem statis. Reaksi atau gaya tumpuan yang sembarang pada umumnya dibagi pada reaksi yang horizontal dan reaksi yang vertikal seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Tumpuan sendi

#### 2. Tumpuan rol

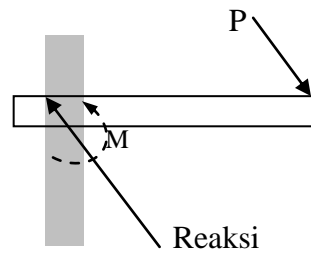
Tumpuan rol hanya menerima gaya tumpuan yang vertikal ( $R_v$ ) saja. Tumpuan rol tidak menahan gaya horizontal atau momen. Tumpuan rol bisa dikonstruksikan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tumpuan rol

#### 3. Jepitan

Suatu jepitan menerima gaya tumpuan yang sembarang dan momen. Reaksi pada tumpuan umumnya terbagi dalam reaksi yang horizontal ( $R_h$ ) dan yang vertikal ( $R_v$ ) dan suatu momen jepitan ( $M$ ). Jepitan bisa dikonstruksikan misalnya sebagai balok yang ditanam dalam tembok atau sebagai tumpuan pada balok terusan (jepitan elastis) seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tumpuan jepitan

## B. Beban pada Konstruksi Rangka Batang.

Beban pada konstruksi rangka batang dibedakan atas beban yang tetap, beban yang selalu berada dan beban yang bergerak atau berubah, yang tidak selalu ada atau berubah bebannya.

### 1. Beban yang tetap.

Beban tetap adalah berat atau bobot sendiri, beban yang tetap seperti konstruksi lantai atau mesin yang dipasang tetap, beban tanah pada turap batu, beton, tekanan air.

### 2. Beban-beban yang bergerak.

Beban-beban bergerak adalah beban lalu lintas pada konstruksi jembatan, beban berguna pada konstruksi bangunan, gaya-gaya rem pada lalu lintas, tekanan angin, pengaruh gempa. Selain menerima beban-beban tetap dan beban-beban bergerak, konstruksi bangunan juga menerima beban-beban lain yaitu: perubahan bentuk oleh perubahan suhu, perubahan bentuk oleh penyusutan bahan bangunan, pergeseran atau penurunan tumpuan oleh pondasi yang kurang kuat atau oleh gempa.

## C. Stabilitas dan Sifat Ketertentuan Umum Konstruksi Rangka.

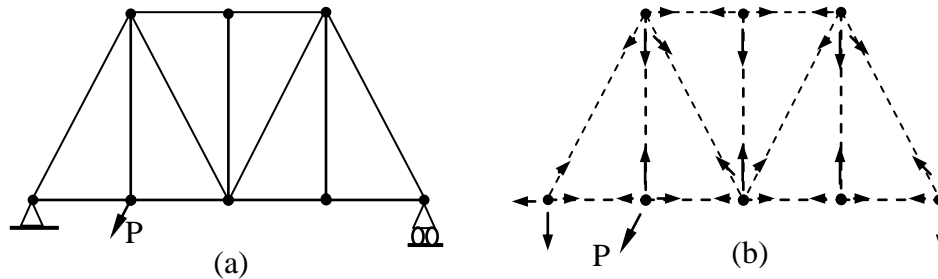
Suatu konstruksi rangka terdiri atas sejumlah batang-batang yang disambung-sambung pada ujung-ujungnya dengan sejumlah sambungan memakai pin sedemikian rupa sehingga membentuk sebuah jaringan, biasanya suatu seri dari segitiga-segitiga, dan dipasang pada sejumlah tumpuan. Setiap batang dari konstruksi rangka merupakan batang dua gaya; oleh karena itu masing-masing menunjukkan suatu unsur gaya dalam yang tidak diketahui. Jumlah keseluruhan unsur-unsur yang tidak diketahui untuk sistem keseluruhan dihitung dengan jumlah batang (*Internal*) ditambah jumlah unsur-unsur reaksi yang tersendiri (*Eksternal*). Jadi kalau kita misalkan  $b$  menunjukkan jumlah batang dan  $r$  jumlah komponen reaksi, jumlah seluruhnya dari unsur-unsur yang tidak diketahui dari keseluruhan sistem adalah  $b + r$ .

Apabila konstruksi rangka dalam keadaan seimbang setiap bagian secara terpisah harus juga dalam keadaan seimbang. Untuk konstruksi rangka yang mempunyai titik join sebanyak  $j$  titik kumpul sistem keseluruhan dapat dipisahkan ke dalam  $j$  benda-benda lepas, seperti dalam Gambar 2.4.(b). Unsur-unsur gaya rangka batang dimana setiap titik join menghasilkan dua persamaan keseimbangan  $\Sigma F_x = 0$  dan  $\Sigma F_y = 0$ , untuk sistem gaya-gaya yang berimpit titik tangkapnya yang bekerja terhadapnya, dari hal ini sebanyak  $2j$  persamaan bebas (tersendiri), yang melibatkan  $(b + r)$  untuk stabilitas dan sifat ketertentuan dari konstruksi rangka dengan menghitung jumlah bilangan tak diketahui dan jumlah persamaannya.

- Kalau  $b + r < 2j$ , sistem adalah tidak stabil.
- Kalau  $b + r = 2j$ , sistem adalah statis tertentu asalkan ia juga stabil.
- Kalau  $b + r > 2j$ , sistem adalah statis tidak tertentu.

Dipenuhi syarat  $b + r \geq 2j$  tidak meyakinkan pasti suatu konstruksi rangka stabil. Supaya rangka menjadi stabil diperlukan pemenuhan syarat-syarat terlebih lanjut. Pertama, nilai  $r$  harus sama dengan atau lebih besar dari pada ketiganya yang diperlukan untuk stabilitas statis dari tumpuan-tumpuannya. selanjutnya harus tidak ada kekurangan di dalam susunan perletakan dan batang-batang sedemikian untuk menghindari tidak stabilnya geometris baik dari luar maupun dari dalam. Pada dasarnya, suatu konstruksi rangka yang stabil biasanya dapat diperoleh dengan dimulai dari tiga batang dikaitkan bersama-sama pada ujung-ujungnya dalam bentuk segitiga dan

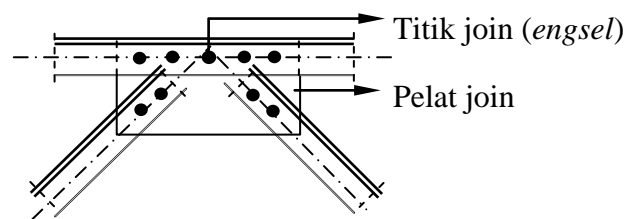
kemudian dengan melanjutkannya dari sini dengan menambahkan dua batang baru untuk setiap sambungan baru, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.4. Rangka batang dan unsur-unsur gaya. Oleh karena konstruksi rangka ini memenuhi  $b + r = 2j$  ( $b = 13, r = 3, j = 8$ ), maka ia adalah statis tertentu.



Gambar 2.4. Rangka batang dan unsur-unsur gaya.

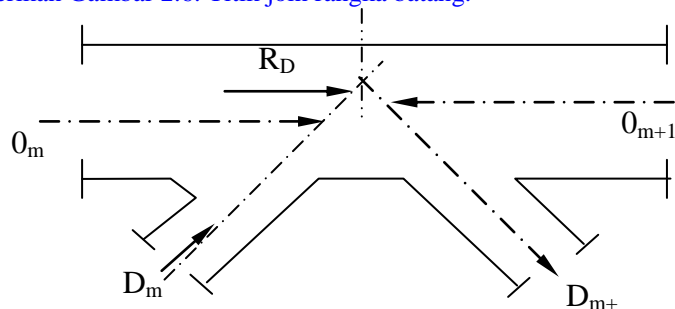
#### D. Pembuatan Konstruksi Rangka Batang

Konstruksi rangka batang terdiri dari batang-batang yang lurus dan yang disambung pada titik join, dengan batang masing-masing hanya menerima gaya tekan atau tarikan. Perhitungan konstruksi rangka batang berdasarkan ketentuan-ketentuan seperti berikut :



Gambar 2.5. Gambar titik join rangka batang

1. Menurut ketentuan Karl Culmann 1852 pada tiap-tiap titik join garis sumbu batang dan garis kerja gaya masing-masing harus bertemu pada satu titik, dan bekerja sebagai engsel.
2. Beban-beban pada konstruksi rangka batang hanya boleh bekerja pada titik join.
3. Garis sumbu batang masing-masing harus lurus.
4. Apabila pada suatu titik join garis sumbu batang dan garis kerja gaya masing-masing tidak bertemu pada satu titik, maka harus diperhitungkan adanya momen yang timbul. Untuk jelasnya diberikan Gambar 2.6. Titik join rangka batang.



Gambar 2.6. Titik join rangka batang

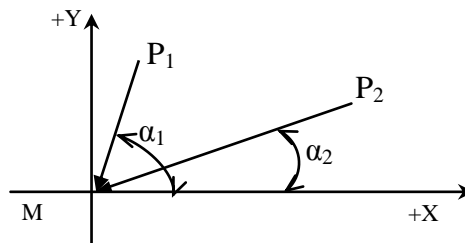
Jika pada konstruksi rangka batang semua batang berada dalam suatu bidang, maka konstruksi itu adalah suatu konstruksi rangka batang dalam satu bidang dan jika pada konstruksi rangka batang tidak semua batang berada dalam satu bidang, maka konstruksi itu disebut

konstruksi rangka batang dalam ruang. Biasanya konstruksi rangka batang dalam ruang dapat dibagi atas beberapa konstruksi rangka batang dalam bidang, dan memudahkan perhitungannya.

**E. Ketentuan statis**

Suatu konstruksi rangka batang menjadi statis tertentu jikalau kita dapat menentukan reaksi tumpuan dan gaya batang masing-masing dengan syarat keseimbangan. Mekanika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan terapan yang berhubungan dengan gaya yang disebut juga besaran vektor (*besaran dan arah*) yaitu interaksi antara benda-benda dan gerak. Dasar ilmu ini adalah keseimbangan yaitu kondisi yang ada apabila suatu sistem gaya bekerja pada benda.

Suatu benda berada dalam keadaan seimbang apabila sistem gaya yang bekerja pada benda tersebut tidak menyebabkan translasi maupun rotasi pada benda tersebut. Untuk jelasnya diperhatikan suatu titik join *M* sembarang pada suatu konstruksi rangka batang seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Titik join M

Semua gaya *P* yang bekerja pada titik join *M* dan semua gaya batang *S* harus seimbang. Ketentuan ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum X = P_1 \cdot \cos \alpha_1 + P_2 \cdot \cos \alpha_2 = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\sum Y = P_1 \cdot \sin \alpha_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

Pada suatu konstruksi rangka batang dengan banyak titik join *j* kita mempunyai dua kali *j* ketentuan keseimbangan untuk menentukan gaya batang *s* masing-masing reaksi tumpuan *r* masing-masing, seperti pada Persamaan (2.3):

$$b + r = 2 \cdot j \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan : *r* = reaksi tumpuan  
*b* = banyaknya batang  
*j* = banyaknya titik join

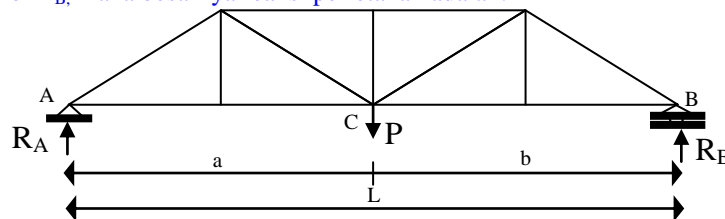
**F. Perhitungan Peralihan Titik Join pada Rangka Batang.**

**1. Cara Grafis**

Untuk mencari besarnya defleksi yang terjadi di setiap titik join, ada beberapa langkah perhitungan yang dapat digunakan, diantaranya :

**a. Perhitungan reaksi pada tumpuan**

Besarnya reaksi perletakan di cari ketika beban berada pada masing-masing titik join seperti diperlihatkan pada Gambar 2.8. Rangka batang sederhana. Apabila tumpuannya adalah sendi *R<sub>A</sub>* dan rol *R<sub>B</sub>*, maka besarnya reaksi perletakan adalah:



Gambar 2.8. Rangka batang sederhana

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A = \frac{\Sigma P.a}{L} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Sigma M_A = 0$$

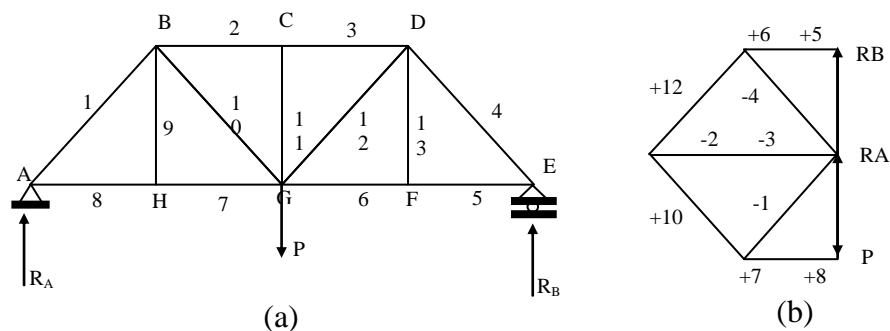
$$R_B = \frac{\Sigma P.b}{L} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan: a = Jarak (panjang bentang) P (gaya) ke titik B  
 b = Jarak (panjang bentang) P (gaya) ke titik A  
 L = Panjang bentang total  
 P = Gaya

**b. Perhitungan gaya batang menurut cremona**

Perhitungan gaya batang menurut cremona dilakukan dengan memperhatikan beberapa aturan berikut ini :

1. Titik join pertama yang ditinjau syarat batang yang belum diketahui gaya batangnya hanya dua batang saja.
2. Gaya batang dapat ditinjau searah jarum jam dan dapat pula berlawanan jarum jam akan tetapi tidak boleh berubah arah pada saat perhitungannya
3. Untuk menentukan batang positif atau negatif mengikuti aturan perjanjian tanda.



Gambar 2.9. Rangka batang dan Cremona

Gaya batang dapat dicari keseimbangan polygon batang dengan menarik garis sampai menutup tiap titik join dan melanjutkan ketitik join berikutnya. Semua batang yang sudah tergambar seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.9(b). Gambar *cremona* dikalikan dengan besarnya skala yang menunjukkan besarnya gaya-gaya batang.

**c. Perpanjangan dan perpendekatan batang**

Besarnya gaya-gaya batang (batang tarik dan batang tekan) yang sudah ditentukan dapat diukur dengan cara mengukur panjang batang garis pada *cremona* maka dihitung masing-masing batang perpanjangan dan perpendekatan dengan

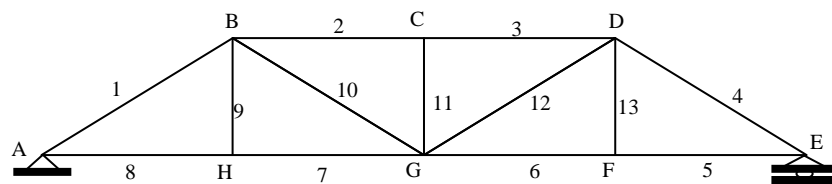
$$\text{Hokum Hooke } \Delta = \frac{S.l}{A.E} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan : l = Panjang batang  
 A = Luas penampang batang  
 E = Modulus Elastis batang  
 S = Gaya batang  
 Δ = Perpanjangan / perpendekkan

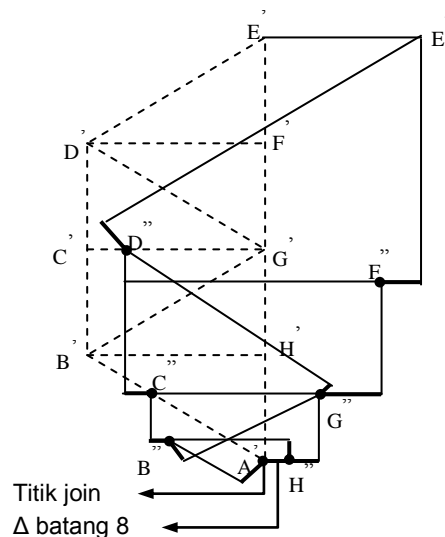
**d. Diagram Williot Mohr**

Perhitungan besarnya peralihan (pergeseran) titik join arah vertikal ( $\Delta v$ ) dan arah horizontal ( $\Delta h$ ) yang disebabkan oleh rotasi, perpanjangan dan perpendekatan batang, dan pergerakan batang terhadap titik asalnya seperti diperlihatkan pada Gambar 3.3. Batang AB dengan metode grafis yaitu diagram *Williot-Mohr*.

Besar dan arah peralihan titik join dicari dengan menetapkan titik join tetap (sendi) dan  $\Delta$  salah satu batangi, kemudian menarik garis rotasi sampai menutup tiap titik join dan melanjutkan ke titik join berikutnya. Semua batang yang sudah tergambar dikalikan dengan besarnya skala yang menunjukkan besarnya peralihan titik join. Untuk jelasnya pada Gambar 2.12. diberikan sebuah diagram *Williot Mohr*, dengan A sebagai titik join tetap dan  $\Delta$  batang 8 adalah perpanjangan.



Gambar 2.10. Rangka batang

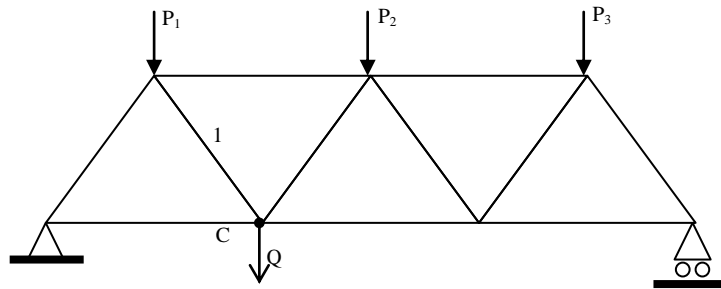


Gambar 2.11. Diagram *Williot Mohr*

## 2. Cara Analitis Peralihan Titik Join (*Strain Energy*)

Perhitungan besarnya peralihan titik join pada rangka batang statis tertentu dapat dicari apabila besarnya gaya batang telah diketahui nilainya. Analisis dapat dilakukan dengan metode grafis dan analitis dengan berlaku syarat kesimbangan, yaitu;  $\Sigma X = 0$  dan  $\Sigma Y = 0$ .

Setelah besarnya gaya batang diketahui nilainya, perhitungan peralihan titik join secara analitis dapat dicari. Perubahan panjang batang suatu rangka batang mengakibatkan terjadinya lendutan titik-titik joinnya. Perkalian suatu gaya nol dengan perpindahan yang tak nol, akan tetap sama dengan nol. Untuk jelasnya pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Rangka batang beban aktual

Jika suatu konstruksi rangka batang bekerja beban-beban  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , dan seterusnya maka besarnya total *strain energy* adalah  $U = \sum P^2 \cdot L / 2AE$ . Besarnya peralihan titik join sama dengan turunan parsial terhadap beban di mana arah penurunan sesuai dengan arah beban yang bekerja. Jika diberikan beban faktor  $Q$  (*beban fiktif*) yang bekerja pada salah satu titik join, maka total gaya yang bekerja pada batang akibat  $P$  dan  $Q$  dari rangka batang tersebut adalah :

$$S_i = S + sQ \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Total *strain energy* batang =  $\frac{S_i^2 \cdot \ell}{2AE}$ , dimana:

- $\ell$  = Panjang batang
- $A$  = Luas penampang batang
- $E$  = Modulus Elastis batang
- $S_i$  = Gaya batang

$$\text{Total strain energy dari seluruh rangka batang adalah } U = \frac{\sum S_i^2 \cdot \ell}{2AE} = \frac{\sum (S + sQ)^2 \ell}{2AE}$$

$$\text{Turunan parsial} = \frac{\partial U}{\partial Q} = \frac{\sum 2(S + sQ) \cdot s \cdot \ell}{2AE} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

Besarnya defleksi di arah beban  $Q$  (fiktif) dengan  $Q = 0$ , yaitu:

$$\Delta = \frac{\partial U}{\partial Q} = \frac{\sum S \cdot s \ell}{AE} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{atau : } \Delta C_v = \frac{\sum S_i \cdot s_{iV} \cdot \ell}{AE} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\Delta C_H = \frac{\sum S_i \cdot s_{iH} \cdot \ell}{AE} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\Delta C = \sqrt{\Delta C_v^2 + \Delta C_H^2} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan :

- $S$  = Gaya-gaya batang akibat beban  $P$  (beban luar)
- $s$  = Gaya-gaya batang akibat beban satuan (titik)
- $\ell$  = Panjang batang
- $A$  = Luas penampang batang
- $E$  = Modulus elastisitas batang
- $S_i$  = Gaya-gaya batang akibat  $P_1, P_2, P_3$
- $s_{iV}$  = Gaya-gaya batang akibat beban 1 satuan vertical di titik yang ditinjau
- $s_{iH}$  = Gaya-gaya batang akibat beban 1 satuan horizontal dititik yang ditinjau.



### 3. Perhitungan dengan Metode SAP 2000

SAP 2000 merupakan *software* penerus dari SAP-SAP sebelumnya, yang telah dilengkapi GUI (*graphical user interface*), yaitu sebuah fasilitas yang memudahkan para pemakai untuk membuat gambar geometri, perletakan, pembebanan dan lainnya. Dengan lahirnya SAP 2000 merupakan salah satu program yang mengkhususkan pada dunia perhitungan struktur. Program ini dirancang sangat interaktif, sehingga pengguna dapat mengontrol kondisi tegangan elemen struktur, mengubah dimensi batang dan mengganti peraturan (*code*) perancangan tanpa harus mengulang analisis struktur.

Dengan adanya program SAP 2000, penulis membandingkan pengujian secara visual dengan memuat alat peraga untuk memudahkan pembuktian antara pengujian di lapangan dengan menggunakan *software* komputer. Tahap-tahap dalam menjalankan program SAP 2000 adalah sebagai berikut :

## METODOLOGI PENELITIAN

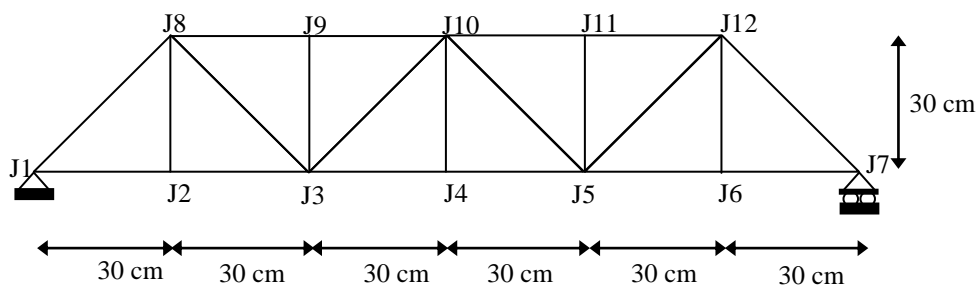
### Bahan Alat Peraga

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan alat peraga ini meliputi Plat alumunium berbentuk siku dengan *mass per unit volume* = 11,7 kg/cm<sup>2</sup>, *Weight per unit volume* = 0,2769 kg/cm<sup>2</sup>, *Modulus elastisitas* = 7.10<sup>5</sup> kg/cm<sup>2</sup>, paku rifet Ø 3 mm, plat join, gergaji besi, bor listrik, *hand riveter*, dan alat-alat bantu lainnya.

### Pembuatan alat peraga

Pada pembuatan alat peraga ini, sebelumnya perlu ditetapkan terlebih dahulu bahan dan alat yang digunakan, diantaranya adalah :

- Menetapkan plat alumunium  
Pada alat peraga ini dipilih bahan plat siku alumunium. Hal ini dimaksudkan karena plat siku alumunium cukup mudah dalam pengerjaannya.
- Menetapkan paku rifet  
Sebagai penyambung adalah paku rifet Ø 3 mm.
- Menetapkan tumpuan  
Tumpuan yang digunakan adalah sendi dan rol, sehingga konstruksi rangka batang tersebut termasuk statis tertentu.
- Menetapkan perbandingan panjang dan tinggi rangka  
Panjang ( $\lambda$ ) = 30 x 6 cm dan tinggi (h) = 30 cm.
- Menetapkan beban.  
Beban yang dipakai seberat  $P_1 = 50$  kg dan  $P_2 = 50$  kg.
- Menentukan panjang batang.  
Panjang batang bawah dan batang atas 30 cm dan batang tegak 30 cm.



Gambar 3.1. Struktur rangka batang

Tabel 3.1. Kebutuhan bahan alat peraga.

No	Batang	Jumlah batang	Panjang	Jumlah panjang
1.	Batang atas	4	30 cm	120 cm
2.	Batang bawah	6	30 cm	180 cm
3.	Batang diagonal	6	42,4 cm	254,4 cm
4.	Batang vertikal	5	30 cm	150 cm
Total		21	132,4	704,4

### Menentukan pembebanan

Pada alat peraga ini digunakan satu jenis beban yaitu beban hidup dengan  $P_1 = 50$  kg ditempatkan pada titik join J3 dan  $P_2 = 50$  kg ditempatkan pada titik join J5. Sedangkan beban mati atau berat sendiri profil diabaikan atau sama dengan nol. Tahap penentuan pembebanan diperlihatkan seperti pada Gambar 3.2 sampai dengan Gambar 3.3.

### Menentukan geometri struktur

- Dipakai satuan kgf-cm.
- Jumlah bentang / *number of grid spaces*  
Arah X = 6 buah  
Arah Y = 0  
Arah Z = 1 buah
- Jarak masing-masing bentang / *grid spacing*  
Arah X = 30 cm  
Arah Y = 30 cm  
Arah Z = 30 cm

### Menentukan dimensi profil

Pada penelitian ini digunakan profil siku sama kaki 2Lx27x13 dengan jarak profil satu dengan yang lain atau  $dis = 0,1$  cm,  $t_3 = 2,7$  cm,  $t_2 = 2,7$  cm, dan  $t_f = t_w = 0,1$  cm.

### Prosedur pemakaian alat peraga

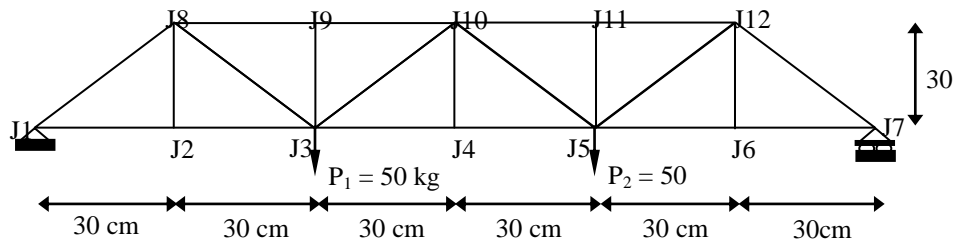
Prosedur pemakaian alat peraga adalah dengan diberikan beban sebesar  $P_1 = 50$  kg di titik join J3, diberikan  $P_2 = 50$  kg di titik join J5, dan ditinjau besar peralihan titik join yang terjadi pada join J5 dan join J11, dengan menggunakan *dial gauge* sehingga dapat diketahui besar peralihan titik join yang terjadi.

### Pengujian alat peraga

Pengujian alat peraga diukur dengan *dial gauge* dan hasilnya dibandingkan dengan program SAP 2000. Adapun perencanaan pengujian alat peraga dilakukan dengan dua tahap pengujian yaitu tahap pertama dengan menggunakan batang nol dan tahap kedua tanpa menggunakan batang nol seperti diperlihatkan pada Gambar 3.2. pengujian alat peraga tahap pertama dan 3.3. pengujian alat peraga tahap kedua.

- Tahap pertama menggunakan batang nol, seperti terlihat pada Gambar 3.2.

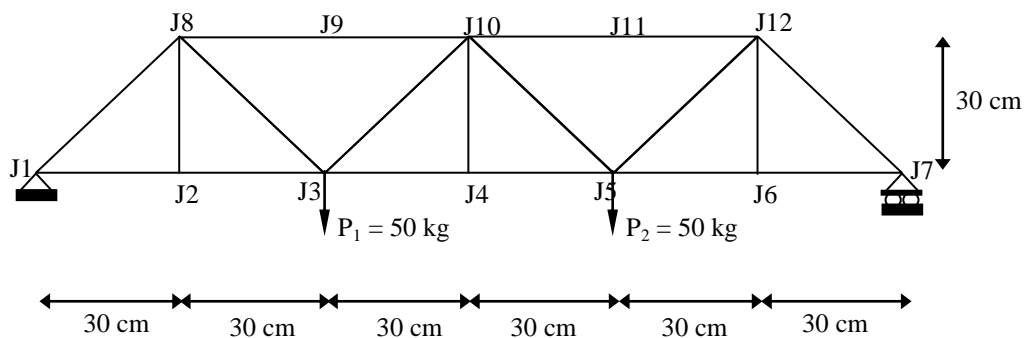
Dua buah beban diletakkan tepat pada titik join J3 dan J5 sebesar  $P_1$  dan  $P_2$ . Penempatan dimaksudkan agar gaya batang yang terjadi hanya berupa gaya tarik dan tekan saja. Kemudian dipasang 2 buah *dial gauge* dengan arah vertikal dan horizontal pada titik join J5 dengan titik koordinat nol sebagai sumbu utama untuk perletakan *dial gauge*. Pastikan jarum pada dial gauge sudah berada pada posisi nol sehingga pengujian pun dapat dilakukan. Setelah besarnya peralihan titik join J5 diketahui kemudian pengujian dilanjutkan ke titik join J11 dengan cara yang sama pada saat pengukuran titik join J5.



Gambar 3.2. Pengujian alat peraga tahap pertama

2. Tahap kedua tanpa menggunakan batang nol, seperti terlihat pada Gambar 3.3.

Pada tahap kedua kondisi struktur diubah dengan melepas batang nol yang tersambung pada join J5 dengan join J11 dan join J3 dengan join J9. Langkah ini dilakukan dengan tujuan agar pengaruh batang nol terhadap peralihan titik join J5 dan J11 dapat dilihat perbedaan besarnya peralihan titik join yang terjadi. Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara yang sama seperti pada tahap pertama.



Gambar 3.3. Pengujian alat peraga tahap kedua

## HASIL PENELITIAN

### Hasil pengujian alat peraga

Hasil pengujian alat peraga tahap pertama dengan menggunakan batang nol dan hasil pengujian alat peraga tahap kedua tanpa menggunakan batang nol, dapat dilihat seperti pada Tabel 4.1. Hasil pengujian alat peraga tahap pertama dan Tabel 5.2. Hasil pengujian alat peraga tahap kedua.

Tabel 4.1. Hasil pengujian alat peraga tahap pertama.

No	Titik join	Beban titik join		$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)
		J3	J5		
1	J5	50 kg	50 kg	-2,16	3,22
2	J11	50 kg	50 kg	-2,09	1,34

Tabel 4.2. Hasil pengujian alat peraga tahap kedua.

No	Titik join	Beban titik join	$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)
----	------------	------------------	-----------------	-----------------

		J3	J5		
1	J 5	50 kg	50 kg	-1,22	1,78
2	J11	50 kg	50 kg	-2,05	2,02

Dari hasil pengujian alat peraga yang terlihat pada Tabel 4.1. Hasil pengujian alat peraga tahap pertama dan Tabel 4.2. Hasil pengujian alat peraga tahap kedua, menunjukkan adanya perbedaan nilai peralihan titik join yang terjadi baik pada arah vertikal ( $\Delta V$ ) maupun horizontal ( $\Delta H$ ). Hasil pengujian alat peraga tahap kedua menunjukkan hasil yang berbeda dengan pengujian alat peraga tahap pertama.

Pada tahap pertama, hasil pengukuran di titik join J5 diperoleh  $\Delta V = -2,16$  mm dan  $\Delta H = 3,22$  mm dan di titik join J11 diperoleh  $\Delta V = -2,09$  mm dan  $\Delta H = 1,34$  mm. Hasil ini menunjukkan adanya penurunan yang seimbang antara join J5 dengan join J11 yang disebabkan oleh karena :

1. Bentuk segitiga yang tidak mengalami perubahan bentuk oleh karena lendutan yang terjadi sama besarnya,
2. Adanya batang nol yang mengikat join J5 dan J11 yang berfungsi sebagai pengaku dan menjaga kestabilan konstruksi pada saat struktur dibebani dengan  $P_1 = 50$  kg dan  $P_2 = 50$  kg,
3. Dimensi segitiga yang sama sehingga lendutan yang terjadi pada join J5 dan join J11 sama besarnya karena semakin kecil dimensi segitiga semakin kecil juga lendutan yang terjadi dan konstruksi juga akan semakin stabil.

Pada tahap kedua, hasil pengukuran di titik join J5 diperoleh  $\Delta V = -1,22$  mm dan  $\Delta H = 1,78$  mm dan di titik join J11 diperoleh  $\Delta V = -2,05$  mm dan  $\Delta H = 2,02$  mm. Hasil ini menunjukkan adanya penurunan yang tidak seimbang yang terjadi antara join J5 dan Join J11 yang disebabkan oleh karena :

1. Adanya perubahan dimensi segitiga dari kecil menjadi lebih besar pada saat batang nol yang mengikat join J5 dan join J11 dilepas dan batang nol yang mengikat join J3 dan J9 dilepas sehingga lendutan yang terjadi pada join J11 lebih besar dibandingkan lendutan yang terjadi pada join J5,
2. Di titik join J5 banyak batang yang tersambung menjadi satu sehingga lebih kaku yang batang-batangnya berperan langsung menahan beban yang berkerja pada saat struktur dibebani dengan  $P_1 = 50$  kg dan  $P_2 = 50$  kg.

#### Hasil pengujian alat peraga dengan program SAP 2000.

Data-data hasil pengujian alat peraga dan hasil analisis struktur dengan program SAP 2000 terhadap besarnya peralihan titik join J5 dan J11 pada struktur rangka batang dapat dilihat seperti pada Tabel 4.3. dan 4.4. Data-data besarnya peralihan titik join hasil pengujian alat peraga dan program SAP 2000 struktur menggunakan batang nol.

Tabel 4.3. Data-data besarnya peralihan titik join hasil pengujian alat peraga dan program SAP 2000 struktur menggunakan batang nol.

No	Titik join	Beban titik join		Alat peraga		Program SAP 2000	
		J3	J5	$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)	$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)
1	J 5	50 kg	50 kg	-2,16	3,22	-0,5338	0,1647
2	J11	50 kg	50 kg	-2,08	1,34	-0,5331	0,0555

Tabel 4.4. Data-data besarnya peralihan titik join hasil pengujian alat peraga dan program SAP 2000 struktur tanpa menggunakan batang nol.

No	Titik join	Beban titik join	Alat peraga	Program SAP 2000
----	------------	------------------	-------------	------------------

				$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)	$\Delta V$ (mm)	$\Delta H$ (mm)
		J3	J5				
1	J5	50 kg	50 kg	-1,22	1,78	-0.5354	0,1643
2	J11	50 kg	50 kg	-2,05	2,02	-0,4944	0,0551

Dari Tabel 4.3. dan Tabel 4.4. Data-data besarnya peralihan titik join hasil pengujian alat peraga dan program SAP 2000 struktur menggunakan batang nol. dan struktur tanpa menggunakan batang nol diperoleh perbedaan nilai peralihan titik join yang terjadi. Perbedaan nilai ini disebabkan oleh karena :

1. Modulus elastisitas yang digunakan untuk menganalisis struktur dengan program SAP 2000 bukan berasal dari hasil pengujian kuat tarik aluminium melainkan diperoleh dari tabel modulus elastisitas bahan aluminium mekanika bahan, dengan modulus elastisitas =  $7.10^5$  kg/cm<sup>2</sup>
2. Program SAP 2000 disediakan hanya untuk menganalisis konstruksi yang besar dan hasil analisis berdasarkan data-data yang dimasukkan pada program SAP 2000.

dengan : P = Berat beban (kg)

$\Delta v$  = Besarnya penurunan arah vertikal (Z)

$\Delta h$  = Besarnya perpanjangan arah horizontal (X)

(-) = Menunjukkan penurunan pada rangka batang (kebawah)

(+) = Menunjukkan pergeseran pada rangka batang (kekanaan)

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian tentang Peran Alat Peraga Dalam Menunjukkan Pengaruh dan Fungsi Batang Nol Terhadap Defleksi Titik Join Struktur Rangka Batang dapat disimpulkan :

- a. Ada dan tidaknya batang nol pada alat peraga, mempengaruhi besarnya defleksi yang terjadi pada join yaitu  $\Delta V$  dan  $\Delta H$  serta berpengaruh terhadap kestabilan struktur.
- b. Batang nol pada alat peraga berfungsi sebagai pengikat atau pengaku serta berfungsi untuk menjaga kestabilan struktur.
- c. Batang nol berfungsi untuk mengurangi besarnya lendutan yang terjadi.

Setelah memperhatikan hasil penelitian ini, maka untuk penyempurnaan penelitian perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut :

- a. Pembuatan lubang baut harus lebih berhati-hati agar jarak yang telah ditetapkan tidak berubah sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat.
- b. Pada saat pembentukan alat peraga garis sumbu batang harus melewati satu titik join agar tidak terjadi momen sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat.
- c. Perlu dicoba cara Analitis untuk menganalisis struktur yang kecil karena program SAP 2000 disediakan untuk menganalisis struktur yang besar.
- d. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melepas semua batang nol yang ada pada alat peraga serta peninjauan defleksi titik join dilakukan disemua titik join agar diperoleh hasil yang akurat.
- e. Pemasangan *dial gauge* dan beban lebih berhati-hati sehingga tidak mempengaruhi hasil pengukuran.

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor Lampiran</b>	<b>Nama Lampiran</b>
1	Data SAP 2000 untuk alat peraga menggunakan batang nol
2	Data Sap 2000 untuk alat peraga tanpa menggunakan batang nol
3	Dokumentasi
4	Tabel modulus elastisitas bahan alumunium