

**SURAT KETERANGAN**  
**No. 014 - Perpust TDI/UNTAR/VI/2021**

Kepala Perpustakaan Teknik, Desain dan Informatika Universitas Tarumanagara menerangkan bahwa buku dengan Judul:

*Beberapa Variasi dalam Menganalisis Struktur Portal Statis Tak Tentu dengan Metode Gaya (Force Method), Juni 2021*

Oleh : Ir. Jemy Wijaya, M.T.  
Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara

Disimpan sebagai Koleksi Perpustakaan TDI Universitas Tarumanagara Jakarta.  
Demikian Surat Keterangan ini dibuat, agar dapat digunakan sesuai dengan keperluannya.

Jakarta, 23 Juni 2021

Kepala Perpustakaan,



**Dr. Harsiti, M.Si.**

**BEBERAPA VARIASI DALAM MENGANALISIS  
STRUKTUR PORTAL STATIS TAK TENTU  
DENGAN METODE GAYA (*FORCE METHOD*)**



**Oleh:  
Ir.Jemy Wijaya,M.T.**

**Program Studi Sarjana Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta  
Juni  
2021**

---

## DAFTAR ISI

	Hal
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	ii
ABSTRAK	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	3
BAB III. METODE PENELITIAN	7
BAB IV. PAPARAN DATA DAN HASIL PENELITIAN	8
BAB V. PENUTUP	26
DAFTAR PUSTAKA	27

## DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 1. Struktur portal statis tak tentu	3
Gambar 2. Struktur portal tak tertentu I	4
Gambar 3. Struktur portal statis tentu bentuk II	4
Gambar 4. Struktur portal statis tentu bentuk III	5
Gambar 5. Struktur portal statis tentu bentuk IV	5
Gambar 6. Struktur portal statis tentu bentuk V	6
Gambar 7. Struktur portal statis tertentu bentuk I	8
Gambar 8. Gambar bidang momen akibat beban luar	8
Gambar 9. Bidang momen akibat gaya $Q_1 = 1$	9
Gambar 10. Bidang momen akibat gaya $Q_2 = 1$	9
Gambar 11. Reaksi Perletakan	11
Gambar 12. Bidang momen	12
Gambar 13. Bidang lintang	12
Gambar 14. Bidang normal	12
Gambar 15. Struktur portal statis tertentu bentuk II	13
Gambar 16. Bidang momen akibat beban luar	14
Gambar 17. Bidang momen akibat gaya $Q_1 = 1$	14
Gambar 18. Bidang momen akibat gaya momen $Q_2 = 1$	15
Gambar 19. Struktur portal Statis tertentu bentuk III	16
Gambar 20. Bidang momen akibat beban luar	17
Gambar 21. Bidang momen akibat beban $Q_1 = 1$	17
Gambar 22. Bidang momen akibat beban $Q_2 = 1$	17
Gambar 23. Struktur portal statis tertentu bentuk IV	19
Gambar 24. Bidang momen akibat beban luar	20
Gambar 25. Bidang momen akibat beban $Q_1 = 1$	20
Gambar 26. Bidang momen akibat beban $Q_2 = 1$	20
Gambar 27 . Struktur portal statis tertentu bentuk V	22
Gambar 28. Free body struktur balok Gerber	22
Gambar 29. Bidang momen akibat beban luar	23

Gambar 30. Free body struktur akibat gaya $Q_1 = 1$	23
Gambar 31. Bidang momen akibat gaya $Q_1 = 1$	23
Gambar 32. Gaya $Q_2 = 1$ yang bekerja pada sendi S	24
Gambar 33. Free body struktur	24
Gambar 34. Bidang momen akibat Gaya $Q_2 = 1$	24

## **Abstrak.**

Dalam menganalisis struktur portal statis tak tentu perlu mengubah struktur portal statis tak tentu tersebut menjadi struktur portal yang statis tertentu. Dalam perubahan tersebut akan menimbulkan kelebihan gaya/ redundant. Metode gaya/force method digunakan untuk mencari besar gaya kelebihan/ redundant pada portal statis tak tentu tersebut. Akan dibahas lima cara perubahan struktur statis tak tentu yang digunakan menjadi struktur statis tertentu dengan kelebihan gaya redundant berbentuk momen atau gaya. Besar gaya-gaya kelebihan/ redundant tersebut akan dihitung besarnya yang menghasilkan nilai yang sama dari kelima cara yang digunakan.

Kata kunci: portal, redundant, gaya, momen, force method

# BAB I

## PENDAHULUAN

Metode gaya (Forced Method) merupakan perluasan dari metode Maxwell-Mohr yang pada awalnya dikembangkan oleh JC Maxwell pada tahun 1864 dan OC Mohr pada tahun 1874. Dalam pendekatan ini struktur portal statis tak tentu dianalisis dengan menurunkan persamaan kesepadanan (persamaan kompatibilitas) dalam koefisien fleksibilitas dan gaya kelebihan (redundant) yang dipilih. Pembentukan persamaan ini melibatkan perhitungan perpindahan untuk struktur statis tertentu dari struktur semula yang statis tak tentu (dengan menghilangkan gaya kelebihan sehingga struktur menjadi statis tertentu).

Metode gaya ini akan disajikan dalam matriks agar dapat diterapkan pada struktur yang rumit, walaupun untuk pertama-tama harus diselesaikan dengan cara yang sederhana dan hanya ditujukan untuk menjabarkan konsep dasarnya. Keuntungan penggunaan matriks langkah perhitungan dapat diorganisir dan kesalahan dalam proses penyelesaiannya bisa dihindari.

Sebelum menganalisis suatu struktur berupa statis tertentu atau tak tentu, perlu menentukan derajat statis tak tentu pada struktur tersebut dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$^{\circ}S = 3F + 2S + 1R + 3m - 3j \text{ dimana:}$$

$^{\circ}S$  = jumlah derajat statis tak tentu

F = jumlah perletakan jepit (Fixed)

S = jumlah perletakan sendi

R = jumlah perletakan rol

m = jumlah batang (member)

j = jumlah joint/titik

Catatan: batang bagian kantilever tidak dianggap sebagai batang.

### 1.1. Latar Belakang

Perhitungan besar gaya kelebihan/redundant pada struktur statis tak tentu diperlukan dalam perhitungan struktur. Dengan beberapa kemungkinan menjadikan bentuk struktur statis tertentu, besar gaya kelebihan/redundant dapat diselesaikan. Ada beberapa bentuk struktur statis tertentu yang ditinjau untuk menyelesaikan perhitungan struktur statis tak tentu tersebut.

### 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana menjadikan struktur tak tentu menjadi beberapa bentuk struktur statis tertentu?

Berapa jumlah gaya kelebihan/redundant yang timbul akibat perubahan struktur tersebut?  
Bagaimana menghitung besar gaya kelebihan/redundant pada struktur statis tertentu tersebut?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk

- Menghitung jumlah gaya kelebihan/redundant yang terjadi akibat perubahan struktur portal statis tertentu menjadi struktur portal statis tertentu.
- Menghitung besar gaya kelebihan/redundant yang timbul akibat perubahan struktur portal statis tak tentu menjadi struktur portal statis tertentu.

### **1.4. Kegunaan Penelitian**

Membuktikan pengambilan beberapa model struktur portal statis tertentu menghasilkan besar gaya kelebihan/redundant yang sama.



## BAB II

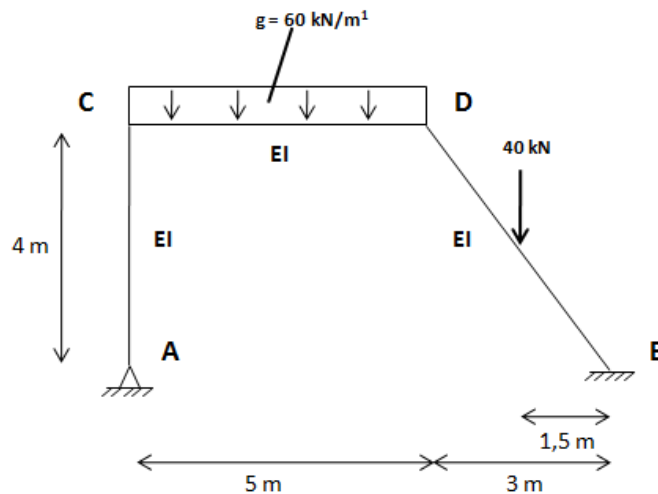
### KAJIAN PUSTAKA

#### II.1. Beberapa langkah penyelesaian struktur statis tak tentu adalah sebagai berikut:

1. Jadikan struktur statis tak tentu menjadi struktur statis tertentu (struktur dasar). Dari beberapa kemungkinan model statis tertentu yang dapat terjadi ambil satu model saja untuk dianalisis.
2. Hitung deformasi dari perletakan yang dilepas akibat beban luar.
3. Hitung deformasi dari perletakan yang dilepas akibat beban satuan (unit load).
4. Dengan persamaan kompatibilitas di titik perletakan yang dilepas maka besaran gaya kelebihan/redundant yang dicari dapat diperoleh. Untuk struktur statis tak tentu derajat tiga dan lebih sebaiknya menggunakan metode stiffness matriks untuk menyelesaikannya.

#### II.2 Perubahan bentuk Struktur Portal Statis tak tentu menjadi Struktur Portal Statis tertentu

##### Bentuk Struktur Portal Statis Tak Tentu.



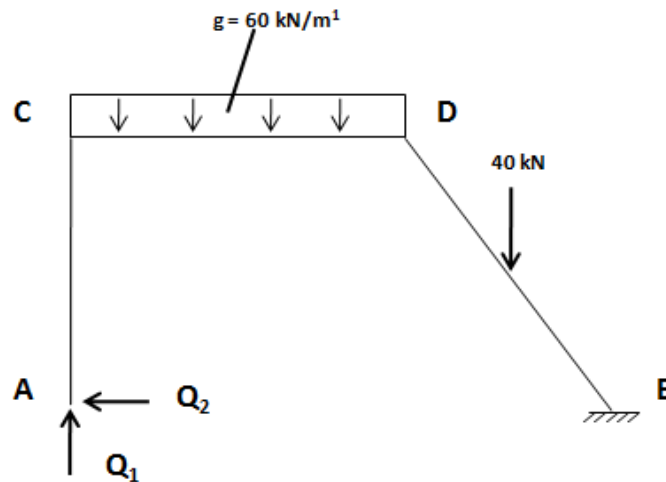
Gambar 1. Struktur portal statis tak tentu

Bentuk portal statis tak tentu menjadi struktur portal statis tertentu.

Ada lima kemungkinan bentuk portal statis tertentu yang dapat terjadi.

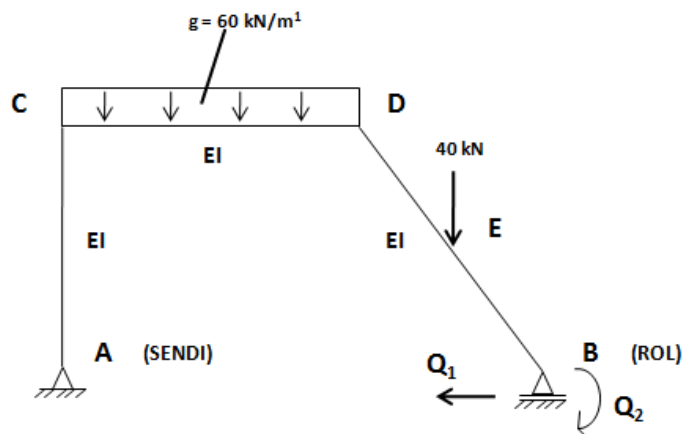
### 1. Bentuk struktur portal statis tertentu I.

Perletakan sendi A dilepas, gaya redundant  $Q_1$  dan  $Q_2$ .



Gambar 2. Struktur portal statis tertentu

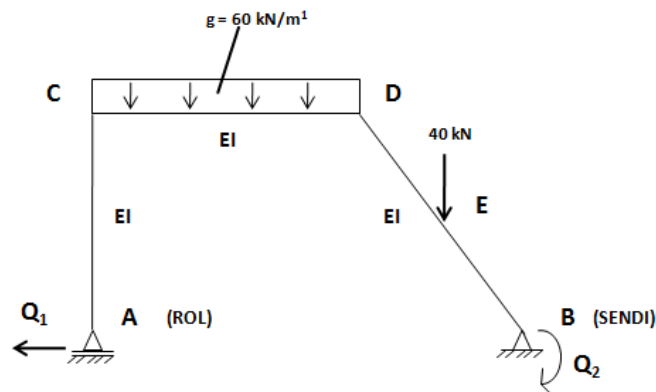
### 2. Bentuk struktur portal statis tertentu II.



Gambar 3. Struktur portal statis tentu bentuk II

Perletakan jepit B diubah menjadi Rol, reaksi horizontal B menjadi redundant  $Q_1$ . Dan reaksi momen jepit B menjadi redundant  $Q_2$ .

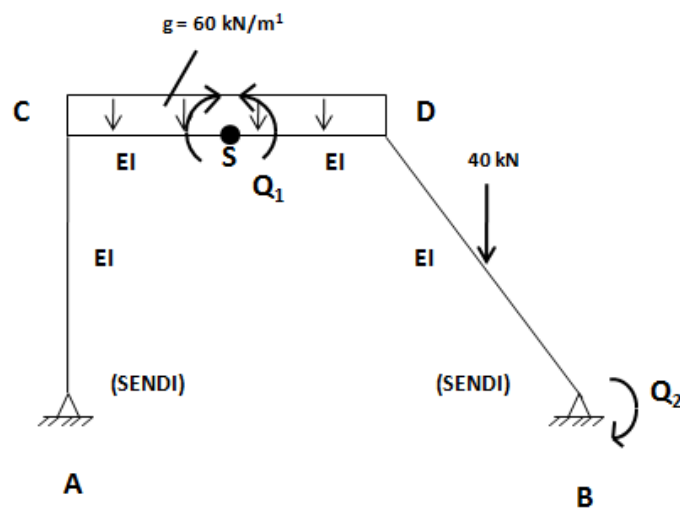
### 3. Bentuk struktur portal statis tertentu III.



Gambar 4 .Struktur portal statis tak tentu bentuk III

Perletakan sendi A dirubah menjadi rol dan perletakan jepit B dirubah menjadi sendi, reaksi horisontal A menjadi redundant  $Q_1$  dan reaksi momen jepit di B menjadi redundant  $Q_2$ .

### 4. Bentuk struktur portal statis tertentu IV

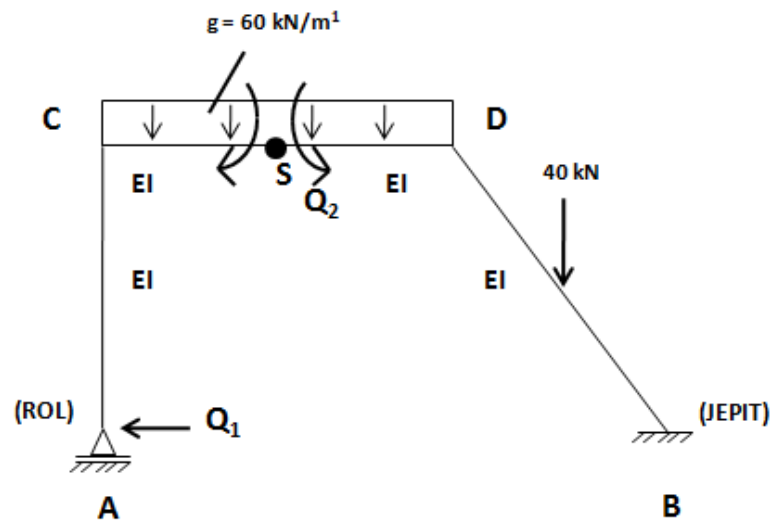


Gambar 5 . Struktur portal statis tak tentu bentuk IV

Perletakan jepit B dirubah menjadi sendi dan dipasang satu sendi/engsel di sepanjang balok CD, dalam hal ini dipasang di tengah-tengah balok CD, jadi strukturnya menjadi portal/ pelengkung tiga sendi

Momen di titik sendi S menjadi gaya redundant  $Q_1$  dan reaksi momen jepit B menjadi gaya redundant  $Q_2$ .

## 5. Bentuk struktur portal statis tertentu V



Gambar 6 . Struktur portal statis tentu bentuk V

Perletakkan sendi A dirubah menjadi rol dan dipasang satu sendi/ engsel di sepanjang balok CD, dalam hal ini dipasang di tengah-tengah balok CD, jadi struktur menjadi struktur balok gerber. Reaksi horisontal di rol A menjadi gaya redundant  $Q_1$  dan momen di titik sendi S menjadi gaya redundant  $Q_2$ .

### **BAB III**

#### **METODE PENELITIAN**

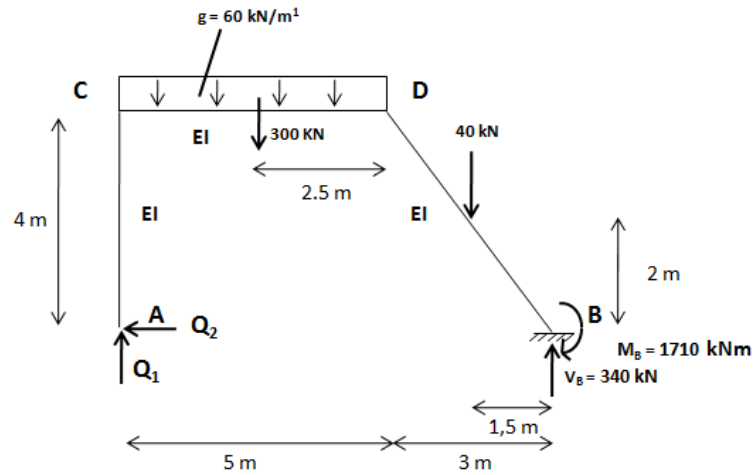
Penelitian dilakukan dengan melakukan perubahan struktur portal statis tak tentu menjadi struktur portal statis tertentu. Perubahan-perubahan tersebut akan menimbulkan redundant atau gaya kelebihan, dimana gaya kelebihan/redundant tersebut dapat berupa momen atau gaya yang akan dihitung besarnya. Perubahan struktur statis tak tentu menjadi struktur statis tertentu tersebut dapat menghasilkan kelebihan gaya/redundant lebih dari satu. Besar kelebihan gaya/redundant dapat dihitung dengan berbagai metode, dalam bahasan disini akan menggunakan metode gaya/forced method. Jika kelebihan gaya/redundant lebih dari dua maka digunakan matriks stiffness untuk penyelesaiannya.

## BAB IV

### PAPARAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan besar redundant dari lima kemungkinan bentuk struktur statis tertentu yang dapat terjadi

#### IV.1 Bentuk struktur portal statis tertentu I.

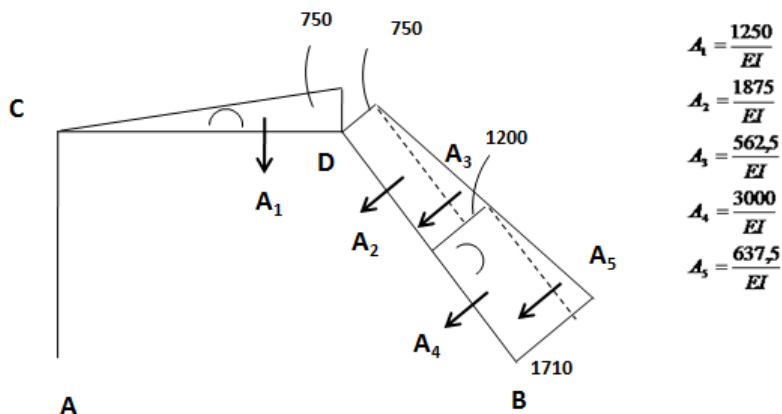


$$M_B = 300 (2,5 + 3) + 40 (1,5) = 1710 \text{ kNm}$$

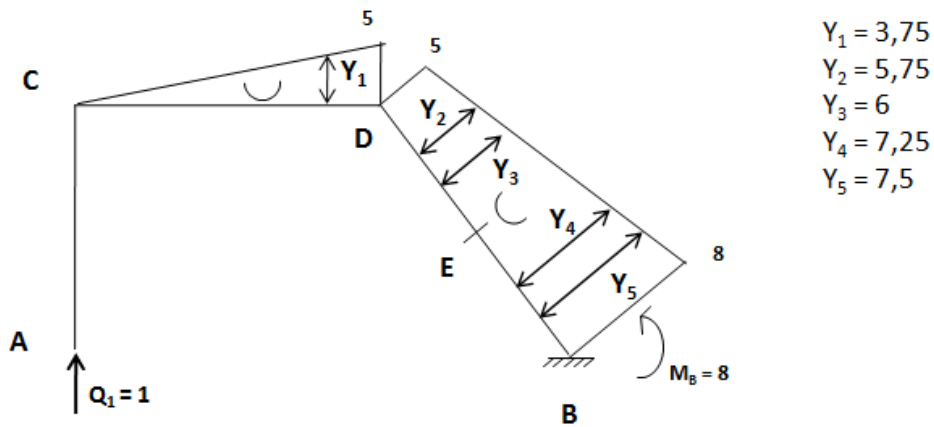
$$M_D = -300 (2,5) = -750 \text{ kNm}$$

$$M_E = -300 (2,5+1,5) = -1200 \text{ kNm}$$

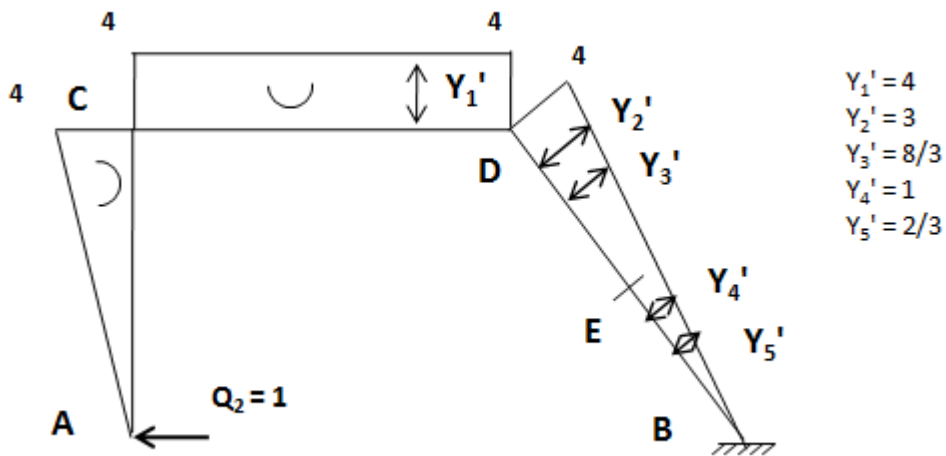
Gambar 7. Struktur portal statis tertentu bentuk I



Gambar 8. Bidang momen akibat beban luar



Gambar 9. Bidang momen akibat gaya  $Q_1 = 1$



Gambar 10. Bidang momen akibat gaya  $Q_2 = 1$

$$D_{QL_1} = -A_1Y_1 - A_2Y_2 - A_3Y_3 - A_4Y_4 - A_5Y_5 = -\frac{45375}{EI}$$

$$D_{QL_2} = -A_1Y_1' - A_2Y_2' - A_3Y_3' - A_4Y_4' - A_5Y_5' = -\frac{15550}{EI}$$

$$F_{11} = \frac{770}{3EI}$$

$$F_{12} = \frac{110}{EI}$$

$$F_{21} = \frac{110}{EI}$$

$$F_{22} = \frac{128}{EI}$$

$$F = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} \frac{770}{3} & 110 \\ 110 & 128 \end{bmatrix},$$

$$|F| = \frac{1}{EI} \left( \frac{62260}{3} \right)$$

$$[F]^{\dagger} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 128 & -110 \\ -110 & \frac{770}{3} \end{bmatrix}$$

$$[F]^{-1} = -\frac{1}{|F|} [F]^{\dagger} = \frac{3EI}{62260} \begin{bmatrix} 128 & -110 \\ -110 & \frac{770}{3} \end{bmatrix}$$

$$[F]^{-1} = EI \begin{bmatrix} \frac{96}{15565} & -\frac{3}{566} \\ \frac{3}{566} & \frac{7}{566} \end{bmatrix}$$

$$D_{QL} = \begin{bmatrix} D_{QL1} \\ D_{QL2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{45375}{EI} \\ \frac{15550}{EI} \end{bmatrix}$$

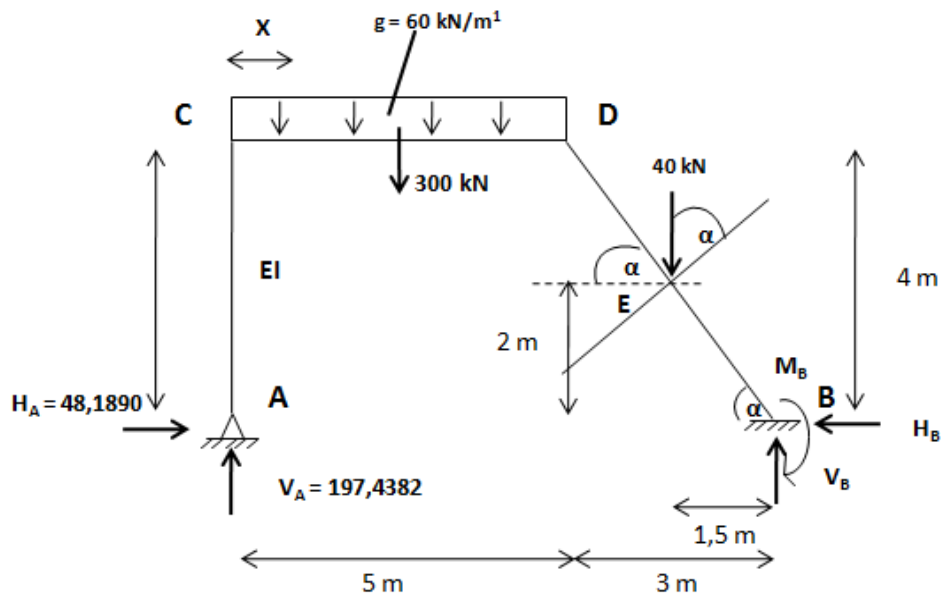
$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = -F^{-1} D_{QL}$$



$$Q = -EI \begin{bmatrix} \frac{96}{15565} & -\frac{3}{566} \\ \frac{3}{566} & \frac{566}{566} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{45375}{EI} \\ -\frac{15550}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = 197,4381625 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$Q_2 = -48,189046 \text{ kN} (\rightarrow)$$



Gambar 11. Reaksi perletakan

$$\sum M_B = 0 \rightarrow M_B - 40(1,5) - 300(5,5) + 197,4382(8) = 0$$

$$M_B = 130,4944 \text{ kNm}$$

$$V_B = 300 + 40 - 197,4382 = 142,5618 \text{ kN}$$

$$H_B = H_A = 48,1890 \text{ kN} (\leftarrow)$$

Lihat CD :

$$L_X = 197,4382 - 60X - 0 \rightarrow x = 3,2906 \text{ m}$$

$$M_{MAX} = 197,4382(3,2906) - 48,1890(4) - \frac{1}{2}(60)(3,2906)^2$$

$$M_{MAX} = 132,0927 \text{ kNm}$$

$$X = 2,5 \text{ m} \rightarrow \text{Mtengah-tengah}$$

$$CD = 113,3395 \text{ kNm}$$

Lihat BD :

$$M_E = 142,5618(1,5) - 48,1890(2) - 130,4944 = -13,0297 \text{ kNm}$$

$$L_B = -V_B \cos \alpha + H_B \sin \alpha = -142,5618(0,6) + 48,1890(0,8) = -46,9859 \text{ kN}$$

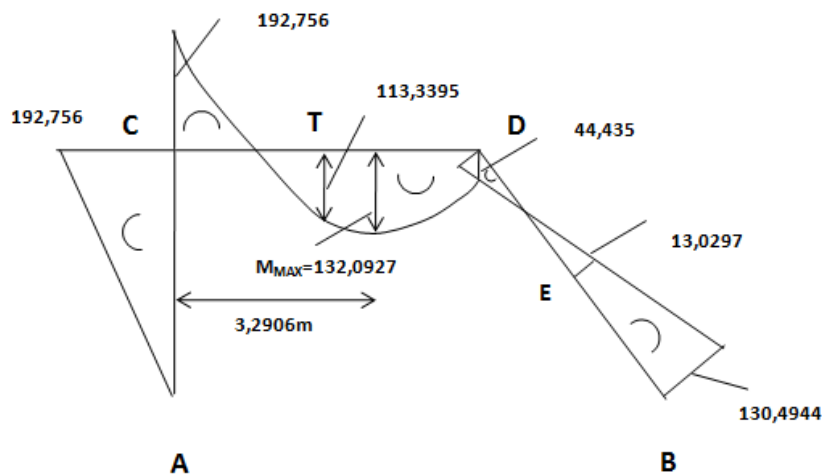
$$N_B = -V_B \sin \alpha - H_B \cos \alpha = -142,5618(0,8) - 48,1890(0,6) = -142,9628 \text{ kN}$$

$$L_E \text{ atas} = L_B + 40 \cos \alpha = -46,9859 + 40(0,6) = -22,9859$$

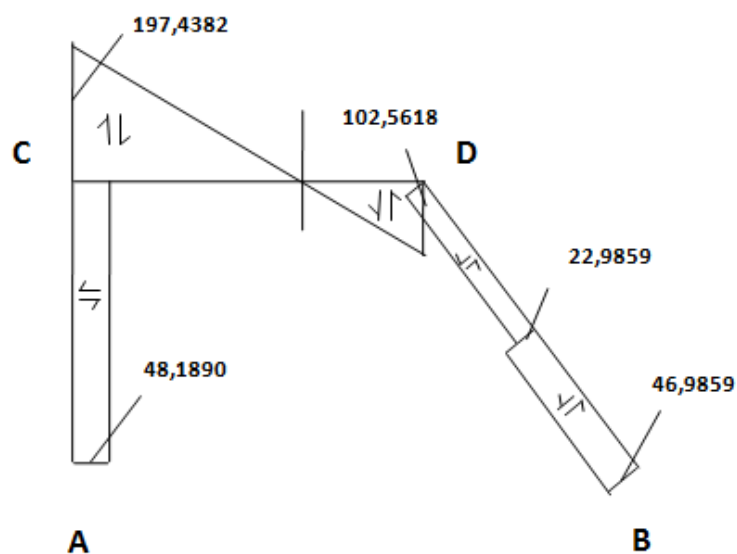
$$N_E \text{ atas} = N_B + 40 \sin \alpha = -142,9628 + 40(0,8) = -110,9628$$

$$M_C = -48,1890(4) = -192,756 \text{ kNm}$$

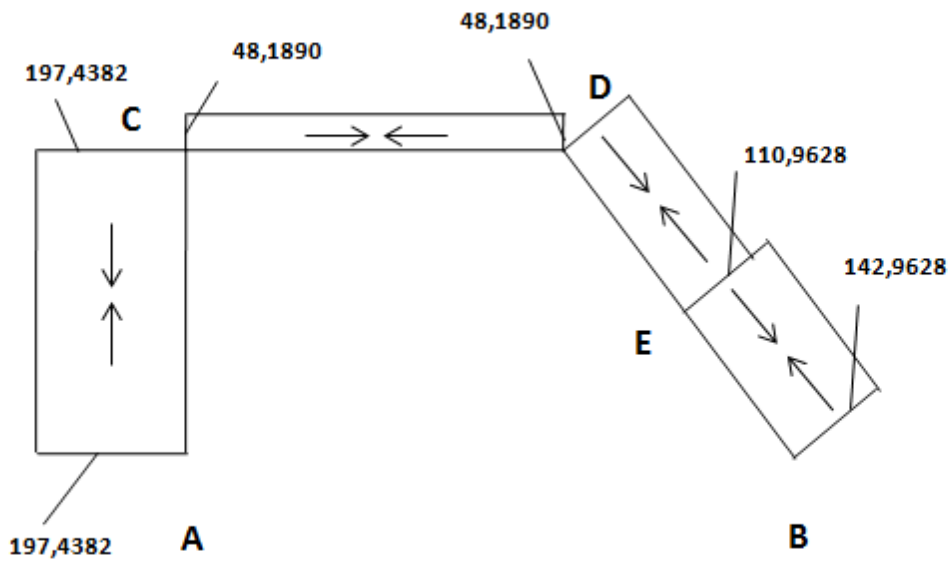
$$M_D = -48,1890(4) + 197,4382(5) - 300(2,5) = 44,435 \text{ kNm}$$



Gambar 12. Bidang momen

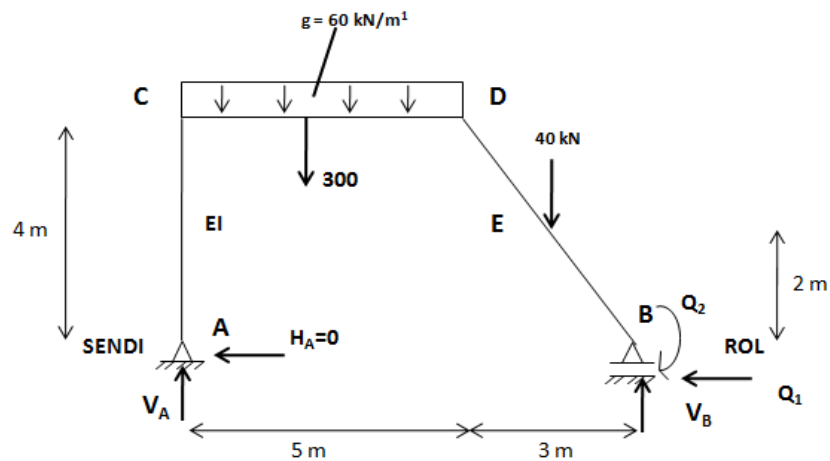


Gambar 13. Bidang lintang



Gambar 14. Bidang normal`

#### IV. 2 Bentuk Struktur Portal Statis Tertentu II



Gambar 15. Struktur portal statis tertentu bentuk II

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -V_B(8) + 40(6,5) + 300(2,5) = 0$$

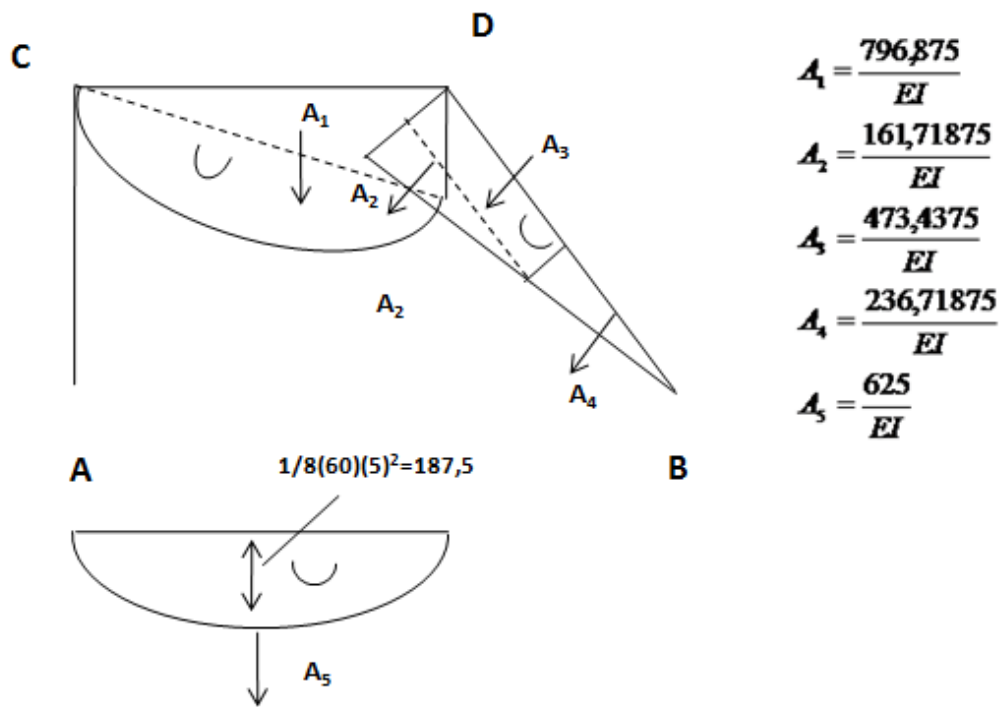
$$V_B = 126,25 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow V_A(8) - 40(1,5) - 300(5,5) = 0$$

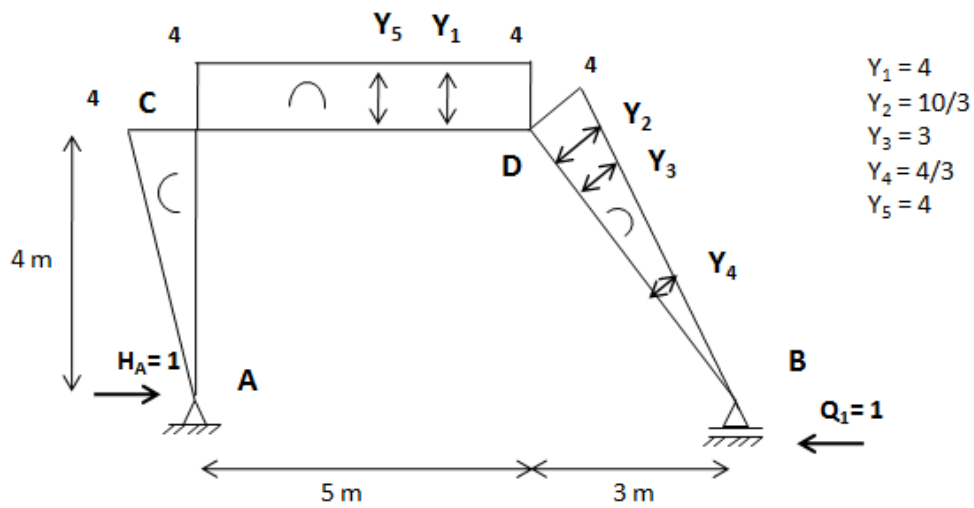
$$V_A = 213,75 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$M_D = 213,75(5) - 300(2,5) = 318,75 \text{ kNm}$$

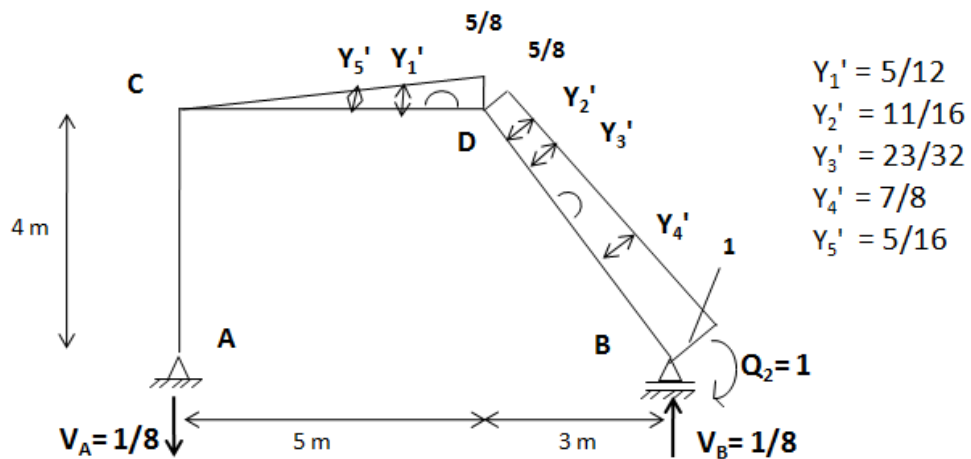
$$M_E = 126,25(1,5) = 189,375 \text{ kNm}$$



Gambar 16. Bidang momen akibat beban luar



Gambar 17. Bidang momen akibat gaya  $Q_1 = 1$



Gambar 18. Bidang momen akibat beban momen  $Q_2 = 1$

$$D_{QL1} = -A_1Y_1 - A_2Y_2 - A_3Y_3 - A_4Y_4 - A_5Y_5 = -\frac{7962,5}{EI}$$

$$D_{QL2} = -A_1Y_1' - A_2Y_2' - A_3Y_3' - A_4Y_4' - A_5Y_5' = -\frac{1185,93755}{EI}$$

$$F_{11} = \frac{128}{EI}$$

$$F_{12} = \frac{55}{4EI}$$

$$F_{21} = \frac{55}{4EI}$$

$$F_{22} = \frac{385}{96EI}$$

$$[F] = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} 128 & \frac{55}{4} \\ \frac{55}{4} & \frac{385}{96} \end{bmatrix}$$

$$|F| = \frac{1}{EI} \left( \frac{15565}{48} \right)$$

$$[F]^+ = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{385}{96} & -\frac{55}{4} \\ -\frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix}$$

$$[F]^{-1} = \frac{1}{|F|} [F]^+ = \frac{48EI}{15565} \begin{bmatrix} \frac{385}{96} & -\frac{55}{4} \\ -\frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix}$$

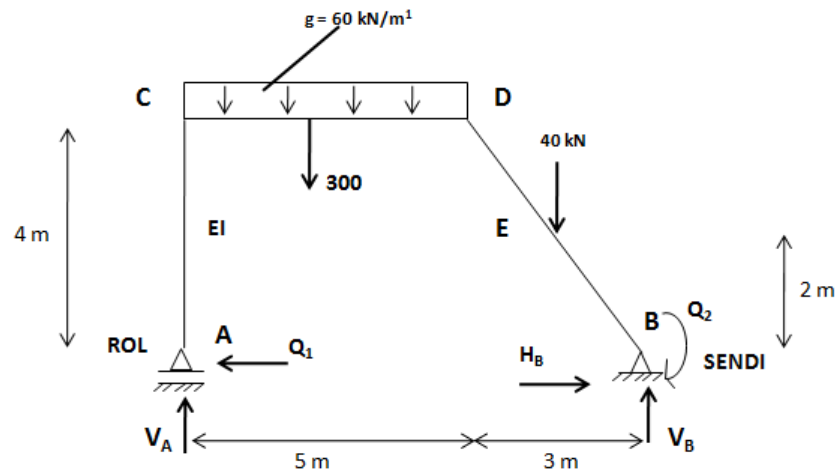
$$D_{QL} = \begin{bmatrix} D_{QL1} \\ D_{QL2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{7962,5}{EI} \\ \frac{1185,9375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = -F^{-1} D_{QL} = -\frac{48EI}{15565} \begin{bmatrix} 385 & -55 \\ 96 & 4 \\ -\frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{7962,5}{EI} \\ \frac{1185,9375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = 48,1890 \text{ kN} (\leftarrow)$$

$$Q_2 = 130,4947 \text{ kNm} (\curvearrowright)$$

### IV. 3 Bentuk Struktur Portal Statis Tertentu III



Gambar19. Struktur portal statis tertentu bentuk III

Gaya redundan  $Q_1$  dan  $Q_2$

$$\sum H = 0 \rightarrow H_B = 0$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -V_B(8) + 40(6,5) + 300(2,5) = 0$$

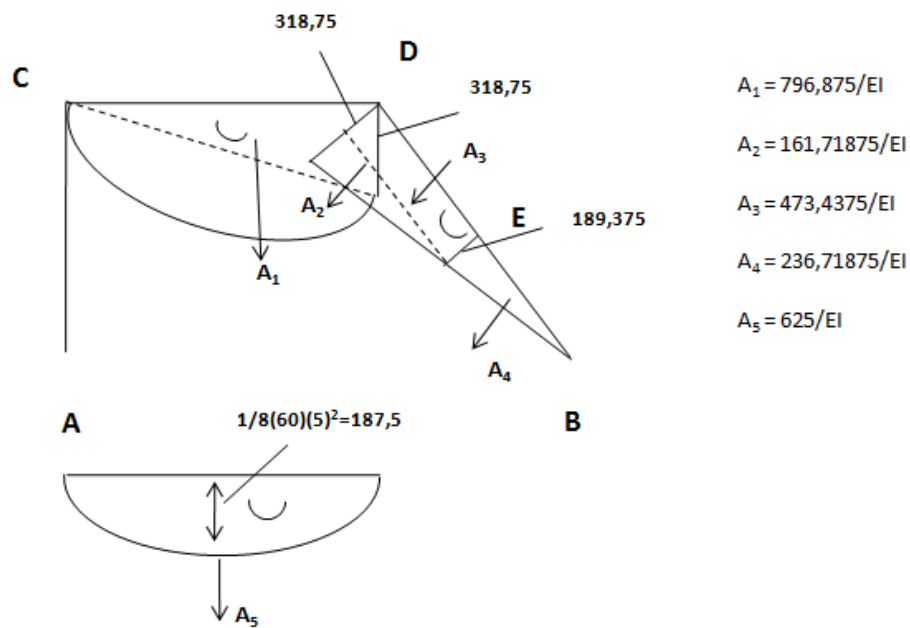
$$V_B = 126,25 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow V_A(8) - 40(1,5) - 300(5,5) = 0$$

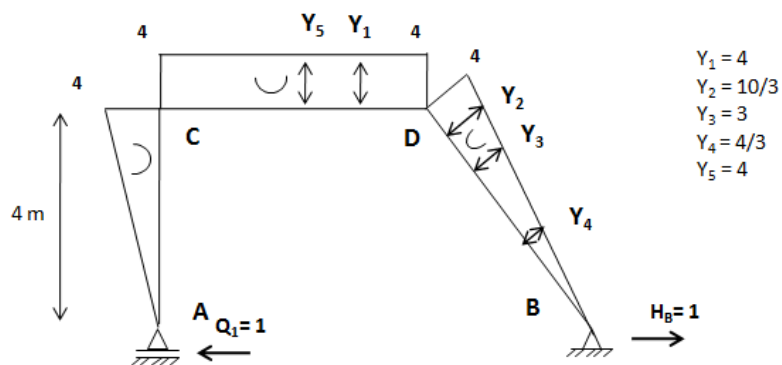
$$V_A = 213,75 \text{ kN} (\uparrow)$$

$$M_D = 213,75(5) - 300(2,5) = 318,75 \text{ kNm}$$

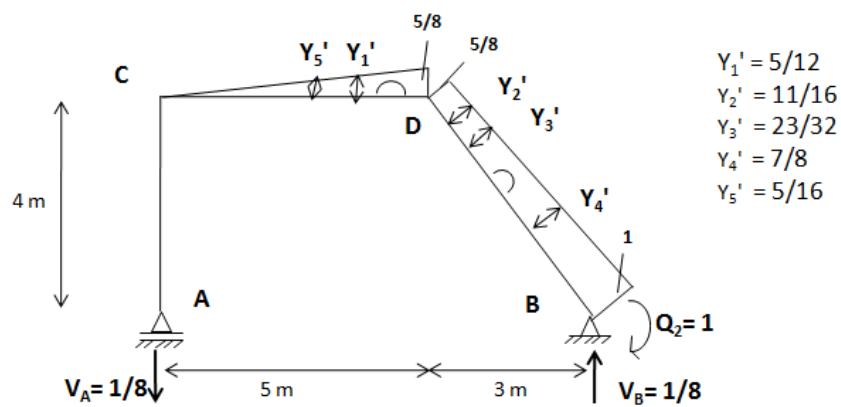
$$M_E = 126,25(1,5) = 189,375 \text{ kNm}$$



Gambar 20. Bidang momen akibat beban luar



Gambar 21. Bidang momen akibat beban  $Q_1 = 1$



Gambar 22. Bidang momen akibat beban  $Q_2 = 1$

$$D_{QL1} = +A_1Y_1 + A_2Y_2 + A_3Y_3 + A_4Y_4 + A_5Y_5 = +\frac{7962,5}{EI}$$

$$D_{QL2} = -A_1Y_1' - A_2Y_2' - A_3Y_3' - A_4Y_4' - A_5Y_5' = -\frac{1185,9375}{EI}$$

$$F_{11} = \frac{128}{EI} \quad ; \quad F_{12} = -\frac{55}{4EI} \quad ; \quad F_{21} = -\frac{55}{4EI} \quad ; \quad F_{22} = -\frac{385}{96EI}$$

$$[F] = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} 128 & -\frac{55}{4} \\ -\frac{55}{4} & \frac{385}{96} \end{bmatrix}$$

$$|F| = \frac{1}{EI} \left( \frac{15565}{48} \right)$$

$$[F]^+ = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{385}{96} & \frac{55}{4} \\ \frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix}$$

$$D_{QL} = \begin{bmatrix} D_{QL1} \\ D_{QL2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{7962,5}{EI} \\ -\frac{1185,9375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$[F]^{-1} = \frac{1}{|F|} [F]^+ = \frac{48EI}{15565} \begin{bmatrix} \frac{385}{96} & \frac{55}{4} \\ \frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix}$$

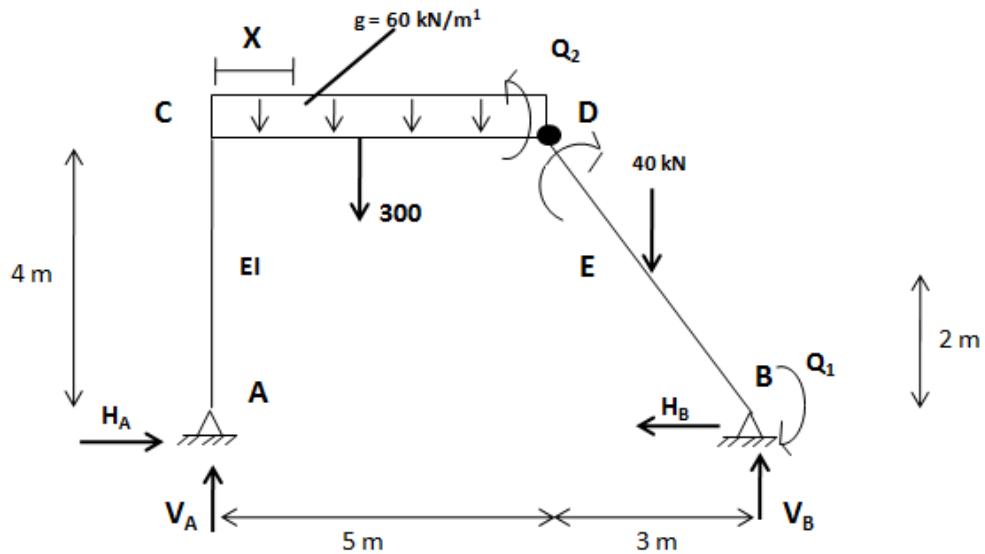
$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = -F^{-1}D_{QL} = -\frac{48EI}{15565} \begin{bmatrix} \frac{385}{96} & \frac{55}{4} \\ \frac{55}{4} & 128 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{7962,5}{EI} \\ -\frac{1185,9375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = -48,1890kN(\rightarrow)$$

$$Q_2 = 130,4947kNm(\curvearrowright)$$



#### IV.4. Bentuk Struktur Portal Statis Tertentu IV



Gambar 23. Struktur portal statis tertentu bentuk IV.

Satu sendi diletakan sepanjang bentang CD, dalam hal ini diletakan di titik D. Struktur statis tertentu menjadi struktur portal tiga sendi.

Gaya redundant  $Q_1$  dan  $Q_2$ ,

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -V_B(8) + 40(6,5) + 300(2,5) = 0$$

$$V_B = 126,25 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$\sum M_D \text{ kanan} = 0 \rightarrow 40(1,5) - V_B(3) + H_B(4) = 0$$

$$4H_B = 126,25(3) - 60$$

$$H_B = 79,6875 \text{ kN}(\leftarrow)$$

$$H_A = 79,6875 \text{ kN}(\rightarrow)$$

$$V_A = 300 + 40 - 126,25 = 213,75 \text{ kN}(\uparrow)$$

$$M_C = -H_A(4) = -79,6875(4) = -318,75 \text{ kNm}$$

$$M_x = V_A x - \frac{1}{2} g x^2 - H_A(4) = 213,75x - 30x^2 - 79,6875(4)$$

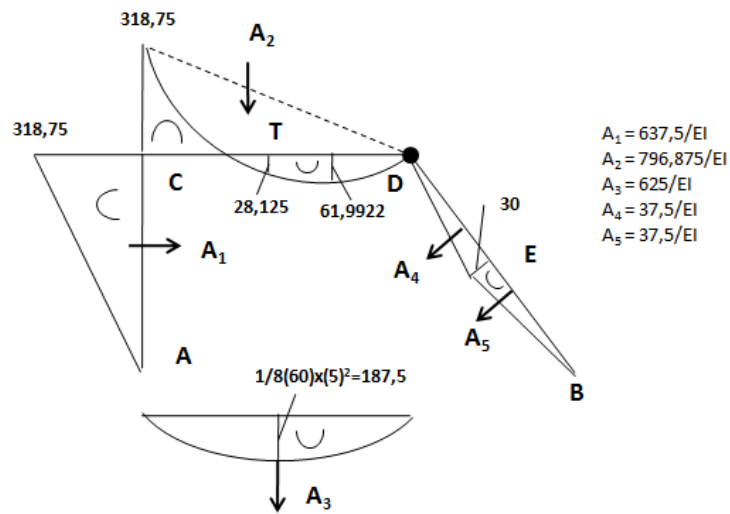
$$M_x = -318,75 - 30x^2 + 213,75x$$

$$L_x = 213,75 - 60x = 0 \rightarrow x = 3,5625 \text{ m}$$

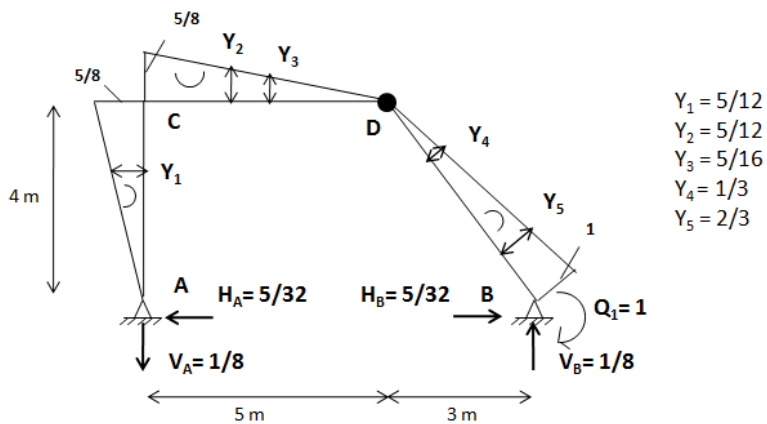
$$M_{MAX} = -318,75 - 30(3,5625)^2 + 213,75(3,5625) = 61,9922 \text{ kNm}$$

$$x = 2,5 \rightarrow M_T = +28,125 \text{ kNm}$$

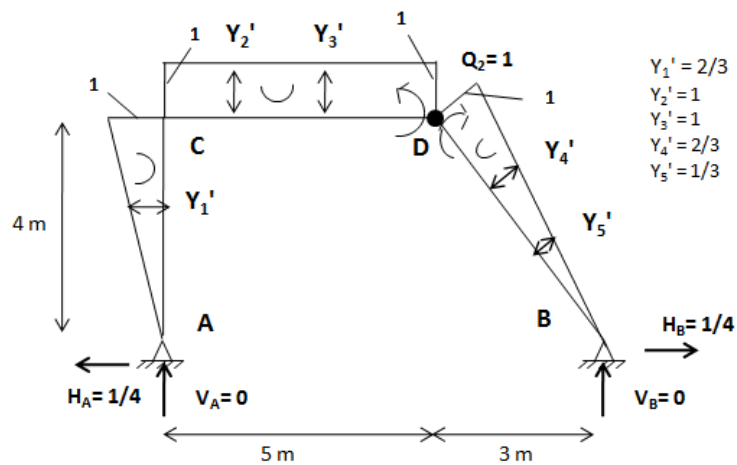
$$M_E = V_B(1,5) - H_B(2) = 126,25(1,5) - 79,6875(2) = 30 \text{ kNm}$$



Gambar 24. Bidang momen akibat beban luar



Gambar 25. Bidang momen akibat  $Q_1 = 1$



Gambar 26. Bidang momen akibat  $Q_2 = 1$

$$D_{QL1} = -A_1Y_1 - A_2Y_2 + A_3Y_3 - A_4Y_4 - A_5Y_5 = -\frac{439,84375}{EI}$$

$$D_{QL2} = -A_1Y_1' - A_2Y_2' + A_3Y_3' + A_4Y_4' + A_5Y_5' = -\frac{559,375}{EI}$$

$$F_{11} = \frac{545}{192EI}$$

$$F_{21} = \frac{25}{16EI}$$

$$F_{12} = \frac{25}{16EI}$$

$$F_{22} = \frac{8}{EI}$$

$$[F] = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} 545 & 25 \\ 25 & 8 \\ 16 & 192 \end{bmatrix}$$

$$|F| = \frac{1}{EI} \left( \frac{15565}{768} \right)$$

$$[F]^+ = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 & -\frac{25}{16} \\ -\frac{25}{16} & \frac{545}{192} \end{bmatrix}$$

$$[F]^{-1} = \frac{1}{|F|} [F]^+ = \frac{768EI}{15565} \begin{bmatrix} 8 & -\frac{25}{16} \\ -\frac{25}{16} & \frac{545}{192} \end{bmatrix} = EI \begin{bmatrix} \frac{6144}{15565} & -\frac{240}{3113} \\ -\frac{240}{3113} & \frac{436}{3113} \end{bmatrix}$$

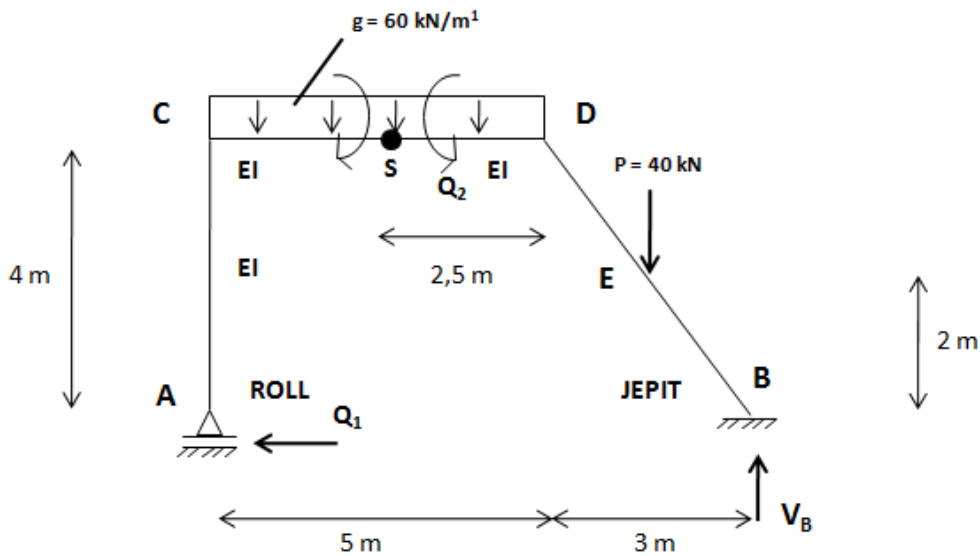
$$D_{QL} = \begin{bmatrix} D_{QL1} \\ D_{QL2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{439,84375}{EI} \\ -\frac{559,375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = -F^{-1} D_{QL} = -EI \begin{bmatrix} \frac{6144}{15565} & -\frac{240}{3113} \\ -\frac{240}{3113} & \frac{436}{3113} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\frac{439,84375}{EI} \\ -\frac{559,375}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = 130,4947kNm$$

$$Q_2 = 44,4346kNm$$

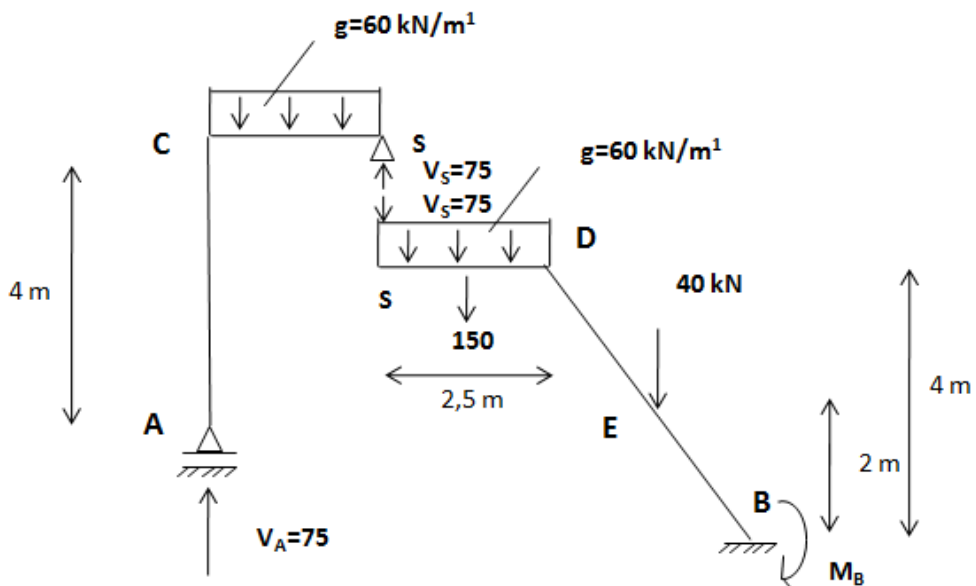
#### IV.5. Bentuk struktur portal statis tertentu V



Gambar 27. Struktur portal statis tertentu bentuk V

Struktur portal statis tak tentu diubah menjadi struktur statis tentu dalam bentuk struktur gerber.

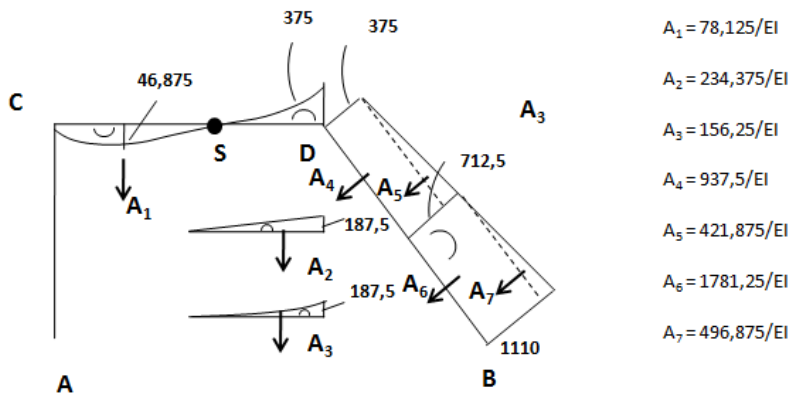
Satu sendi S diletakkan sepanjang CD, dalam hal ini diletakkan di tengah-tengah CD, sebagai gaya redundant  $Q_1$  dan  $Q_2$ .



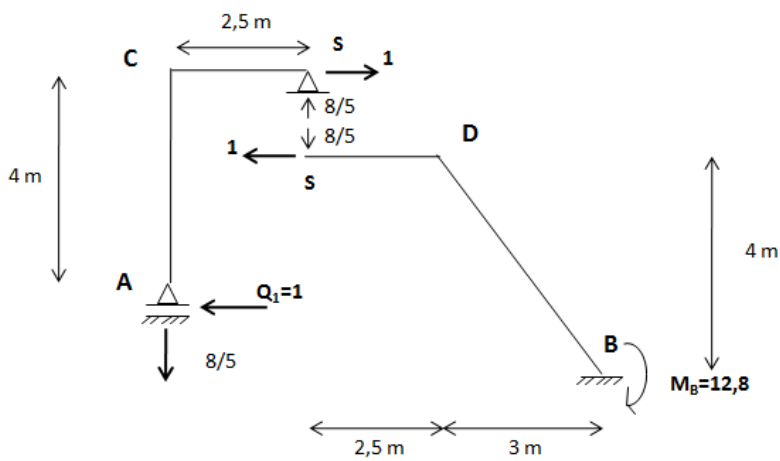
Gambar 28. Free body struktur balok Gerber

$$M_B = 150(1,25 + 3) + 75(5,5) + 40(1,5) = 1110 \text{ kNm}$$

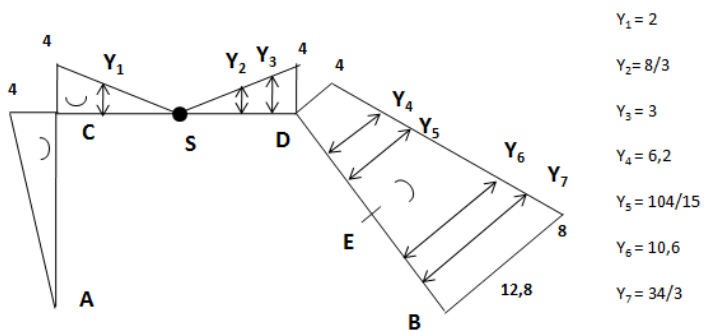
$$M_E = 150(1,25 + 1,5) + 75(2,5 + 1,5) = 712,5 \text{ kNm}$$



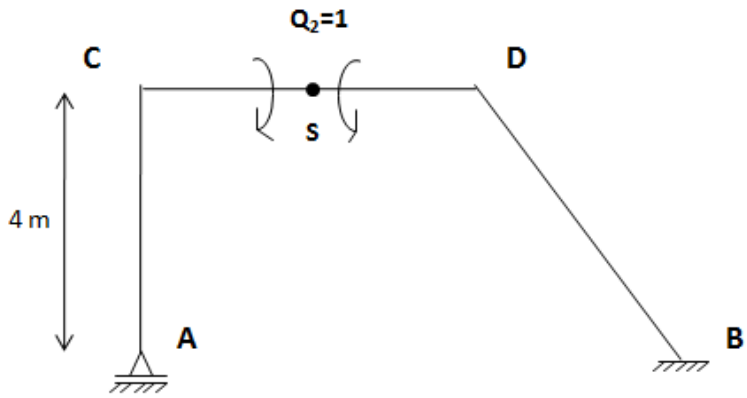
Gambar 29. Bidang momen akibat beban luar



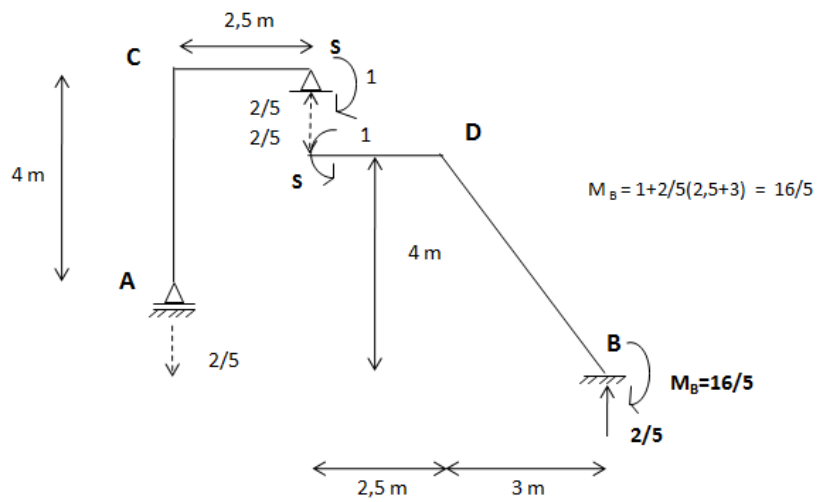
Gambar 30. Free body struktur akibat gaya  $Q_1 = 1$



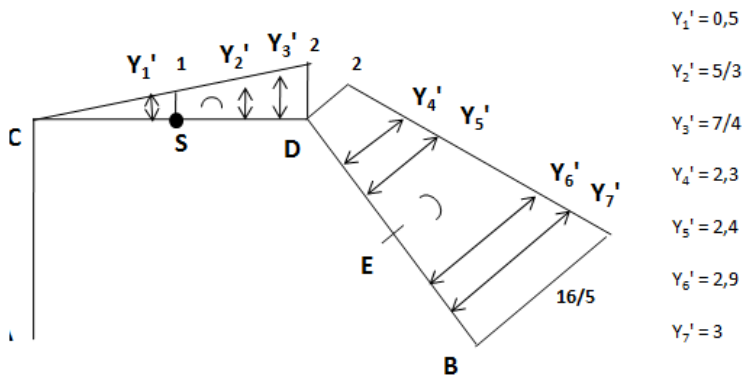
Gambar 31. Bidang momen akibat gaya  $Q_1 = 1$



Gambar 32. Gaya  $Q_2=1$  yang bekerja pada sendi S



Gambar 33. Free body struktur



Gambar 34. Bidang momen akibat  $Q_2 = 1$

$$D_{QL1} = A_1Y_1 + A_2Y_2 + A_3Y_3 + A_4Y_4 + A_5Y_5 + A_6Y_6 + A_7Y_7 = \frac{34500}{EI}$$

$$D_{QL2} = -A_1Y_1' + A_2Y_2' + A_3Y_3' + A_4Y_4' + A_5Y_5' + A_6Y_6' + A_7Y_7' = \frac{10450}{EI}$$

$$F_{11} = \frac{6496}{15EI}$$

$$F_{21} = \frac{1804}{15EI}$$

$$F_{12} = \frac{1804}{15EI}$$

$$F_{22} = \frac{616}{15EI}$$

$$[F] = \begin{bmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{EI} \begin{bmatrix} \frac{6496}{15} & \frac{1804}{15} \\ \frac{1804}{15} & \frac{616}{15} \end{bmatrix}$$

$$|F| = \frac{1}{EI} \left( \frac{49808}{15} \right)$$

$$[F]^+ = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{616}{15} & -\frac{1804}{15} \\ -\frac{1804}{15} & \frac{6496}{15} \end{bmatrix}$$

$$D_{QL} = \begin{bmatrix} D_{QL1} \\ D_{QL2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{34500}{EI} \\ \frac{10450}{EI} \end{bmatrix}$$

$$F^{-1} = \frac{1}{|F|} [F]^+ = \frac{15EI}{49808} \begin{bmatrix} \frac{616}{15} & -\frac{1804}{15} \\ -\frac{1804}{15} & \frac{6496}{15} \end{bmatrix}$$

$$F^{-1} = EI \begin{bmatrix} \frac{7}{566} & -\frac{41}{1132} \\ -\frac{41}{1132} & \frac{406}{3113} \end{bmatrix}$$

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = -F^{-1} D_{QL}$$

$$Q = -EI \begin{bmatrix} \frac{7}{566} & -\frac{41}{1132} \\ -\frac{41}{1132} & \frac{406}{3113} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{34500}{EI} \\ \frac{10450}{EI} \end{bmatrix}$$

$$Q_1 = -\frac{7}{566}(34500) + \frac{41}{1132}(10450) = -48,1890kN(\rightarrow)$$

$$Q_2 = \frac{41}{1132}(34500) - \frac{406}{3113}(10450) = -113,3392kNm(\curvearrowleft)$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Analisis perhitungan besar gaya kelebihan/redundant pada struktur portal statis tak tentu dengan lima bentuk struktur portal statis tertentu dapat disimpulkan :

1. Bentuk struktur portal statis tertentu model I lebih mudah dihitung deformasinya akibat redundant dibandingkan bentuk model yang lain.
2. Bentuk struktur portal statis tertentu model IV dan V lebih sukar dihitung deformasinya akibat redundant dibandingkan bentuk model yang lain.
3. Besar gaya reaksi dan momen pada titik perletakan adalah sama untuk kelima bentuk model struktur portal statis tertentu.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wang, ChuKia. Intermediate Structural Analysis, McGraw-Hill (1983)
- [2]. Weaver, William & James M. Gere. *Matrix Analysis of Framed Structures*. D. Van Nostrand, 1980
- [3]. Setiawan, Agus, Analisis Struktur, Erlangga (2015)
- [4]. JD. Todd / The Houw Liong, Teori dan Analisis Struktur, Erlangga (1984)