

PENGUNAAN METODE SLOPE DEFLECTION PADA STRUKTUR STATIS TAK TENTU DENGAN KEKAKUAN YANG TIDAK MERATA DALAM SATU BALOK.

Jemy Wijaya dan Fanywati Itang

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

e-mail: jemyw@ft.untar.ac.id

ABSTRACT

Slope deflection method is one method that can be used in analyzing the statically indeterminate beam with beam's difference stiffness EI . Another method that can be used is a method Consistent Deformation, Clayperon method, Method and Method Cross Matrix. In this paper the Slope Deflection method will be discussed in the completion of statically indeterminate beam with a difference of the beam's stiffness EI for the completion with this method is quite simple and not difficult. In the application of the Slope Deflection method, there are some things that should be known in advance which is round the corner at a point and moment magnitude of the primary (fixed end moment) at the ends of the beam.

Keywords: slope, fixed end moment

ABSTRAK

Metode Slope Deflection adalah salah satu metode yang bisa dipakai dalam menganalisis struktur balok dengan kekakuan yang tidak merata. Metode lain yang dapat dipakai adalah metode Consistent Deformation, Metode Clayperon, Metode Cross dan Metode Matriks. Dalam tulisan ini akan dibahas penggunaan metode Slope Deflection dalam penyelesaian struktur statis tak tentu dengan kekakuan yang tidak merata karena penyelesaian dengan metode ini cukup sederhana dan tidak sulit. Pada penggunaan metode Slope Deflection, ada beberapa hal yang harus diketahui terlebih dahulu yaitu putaran sudut pada suatu titik dan besaran momen primer (fixed end moment) pada ujung-ujung balok.

Kata kunci: putaran sudut, momen primer

LATAR BELAKANG

Pada umumnya buku-buku Mekanika Teknik dalam pembahasan Metode Slope Deflection hanya membahas balok yang mempunyai kekakuan EI yang sama sepanjang balok. Untuk itu diperlukan persamaan untuk penyelesaian konstruksi statis tak tentu dengan kekakuan EI yang berbeda dalam satu balok.

Penurunan persamaan ini cukup sulit karena harus menurunkan dahulu besar putaran sudut dan momen-momen ujung (Fixed End Moment) untuk kondisi kekakuan EI yang berbeda.

Dalam satu balok akibat pembebanan yang diberikan, perhitungan diulang untuk kondisi pembebanan dan kekakuan yang berbeda-beda dalam satu balok. Dari hasil penurunan dan pemakaian persamaan ini

akan didapat besar reaksi dan gaya-gaya dalam.

PENDAHULUAN

Metode Slope Deflection ini awalnya diperkenalkan oleh George A. Maney pada tahun 1914 [1] yang merupakan suatu metode dalam penyelesaian analisis struktur balok kontinu dan kerangka kaku statis tak tentu. Pada hakekatnya metode ini merupakan suatu cara untuk menyelesaikan persamaan-persamaan serempak didalam metode defleksi (displacement method) dengan ketelitian yang cukup baik.

ANALISIS STRUKTUR METODE SLOPE DEFLECTION

Pada metode Slope Deflection ini ada beberapa anggapan-anggapan yang harus dipenuhi yaitu [2]:

- Titik hubungan kaku (tidak berubah sudut).
- Deformasi/perputaran sudut/perpindahan titik hubungan terjadi secara keseluruhan (sudut-sudut antara batang-batang tetap besarnya setelah mengalami deformasi).
- Deformasi axial/normal diabaikan.
- Bahan dianggap linier elastis sehingga berlaku hukum Hooke dan hukum superposisi.
- Dalam perencanaan perhitungan, mula-mula semua perletakan dianggap sebagai jepit walaupun perletakan itu sendi atau rol.

Dalam perhitungan dengan metode Slope Deflection harus dipatuhi perjanjian tanda yaitu sebagai berikut [2,3]:

- Momen ujung (FEM) positif (+), bila searah jarum jam (momen ujung pada keadaan freebody).
- Rotasi/Perputaran sudut positif bila searah jarum jam.
- Displacement/perpindahan positif bila searah jarum jam (sudut yang terbentuk oleh perpindahan terukur dari sumbu batang mula-mula ke sumbu batang baru setelah deformasi), kasus ini terjadi pada perletakan yang dapat turun

seperti perletakan pegas atau untuk portal yang bisa bergoyang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Freebody dan gambar bidang Momen, Lintang dan Normal.

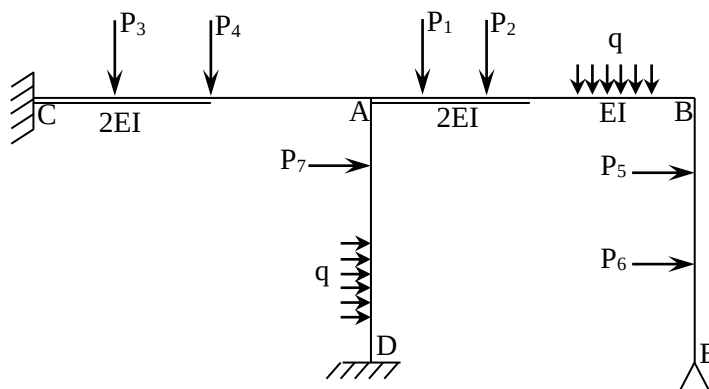
Analisis freebody dilakukan untuk menghitung besar reaksi perletakan akibat beban luar dan momen ujung pada setiap balok.

Langkah-langkah penyelesaian sebagai berikut:

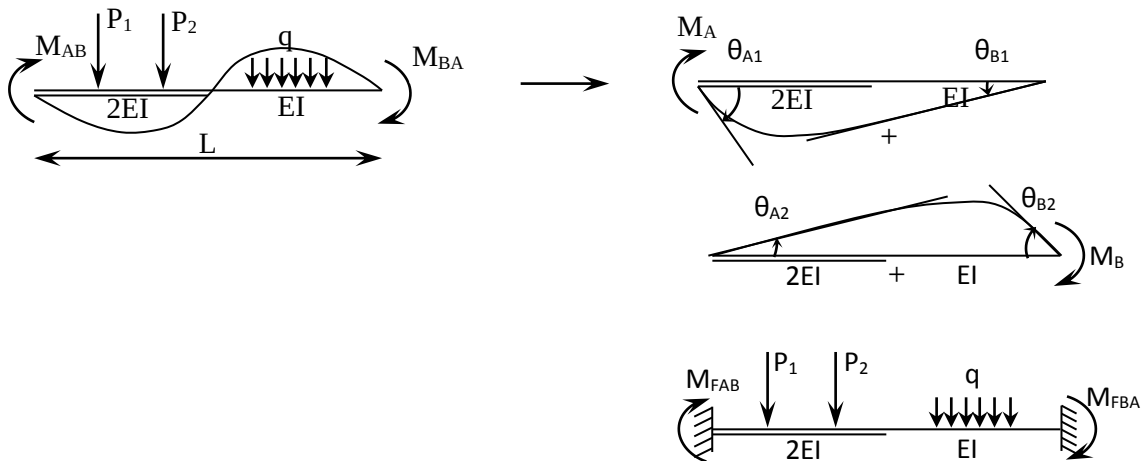
- Nyatakan struktur dalam bentuk batang-batang yang bebas.
- Hitung besarnya reaksi perletakan setiap ujung balok akibat beban luar dan momen ujung yang telah diperoleh.
- Jumlahkan semua hasil perhitungan langkah b. untuk memperoleh besarnya reaksi perletakan total.
- Dengan data-data pada langkah b, hitung Momen maksimum yang terjadi pada setiap balok.
- Gambar bidang Momen, Lintang dan Normal.

Penurunan rumus.

Penurunan rumus metode Slope Deflection perlu dilakukan untuk balok dengan kekakuan tidak merata [2].



Tinjau bagian balok AB



Rumus-rumus ini didapat dan telah diturunkan dengan hasil sebagai berikut [4]:

$$\theta_{A1} = \frac{3M_A L}{16EI} (+)$$

$$\theta_{B1} = \frac{M_A L}{8EI} (-)$$

$$\theta_{A2} = \frac{M_B L}{8EI} (-)$$

$$\theta_{B2} = \frac{5M_B L}{16EI} (+)$$

$$\theta_{A_{total}} = \theta_{A1} + \theta_{A2} = \frac{3M_A L - 2M_B L}{16EI} \dots\dots(i)$$

$$\theta_{B_{total}} = \theta_{B1} + \theta_{B2} = \frac{-2M_A L + 5M_B L}{16EI} \dots\dots(ii)$$

Dari kedua persamaan di atas diperoleh:

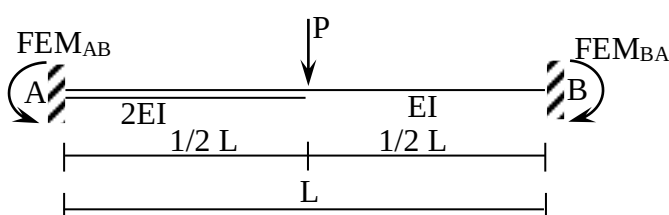
$$M_A = \frac{80EI}{11L} \theta_A + \frac{32EI}{11L} \theta_B \quad M_B = \frac{32EI}{11L} \theta_A + \frac{48EI}{11L} \theta_B$$

Rumus Slope Deflection untuk balok dengan kekakuan tidak merata dalam satu balok.

$$\begin{aligned} M_{AB} &= M_A + M_{FAB} = \frac{8EI}{11L} (10\theta_A + 4\theta_B) + M_{FAB} \\ M_{BA} &= M_B + M_{FBA} = \frac{8EI}{11L} (4\theta_A + 6\theta_B) + M_{FBA} \end{aligned}$$

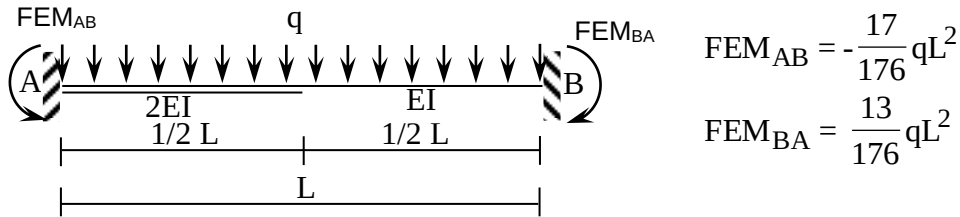
Fixed end Moment/Momen primer

Didapat dari hasil penurunan rumus dengan hasil sebagai berikut [4] [5]:

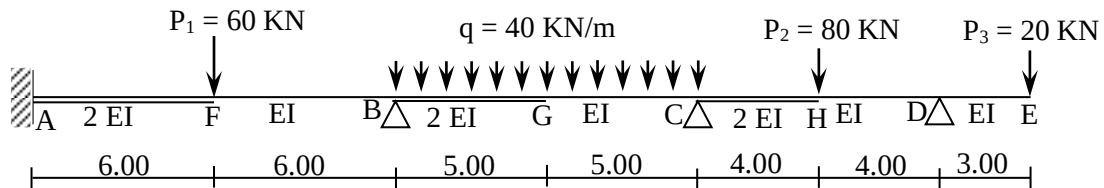


$$FEM_{AB} = -\frac{10}{66} PL$$

$$FEM_{BA} = \frac{7}{66} PL$$



CONTOH SOAL



$$M_{AB} = \frac{8EI}{11(12)} (10\theta_A + 4\theta_B) - \frac{10}{66} (60)(12)$$

$$= 0.24242 EI \theta_B - 109.09091$$

$$M_{BA} = \frac{8EI}{11(12)} (4\theta_A + 6\theta_B) + \frac{7}{66} (60)(12)$$

$$= 0.36364 EI \theta_B + 76.36364$$

$$M_{BC} = \frac{8EI}{11(10)} (10\theta_B + 4\theta_C) - \frac{17}{176} (40)(10)^2$$

$$= 0.72727 EI \theta_B + 0.29091 EI \theta_C - 386.36364$$

$$M_{CB} = \frac{8EI}{11(10)} (4\theta_B + 6\theta_C) + \frac{13}{176} (40)(10)^2$$

$$= 0.29091 EI \theta_B + 0.43636 EI \theta_C + 295.45454$$

$$M_{CD} = \frac{8EI}{11(8)} (10\theta_C + 4\theta_D) - \frac{10}{66} (80)(8)$$

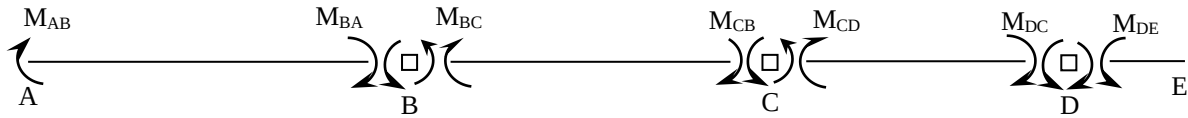
$$= 0.90909 EI \theta_C + 0.36364 EI \theta_D - 96.9697$$

$$M_{DC} = \frac{8EI}{11(8)} (4\theta_C + 6\theta_D) + \frac{7}{66} (80)(8)$$

$$= 0.36364 EI \theta_C + 0.54545 EI \theta_D + 67.87879$$

$$M_{DE} = 20(3) = 60 \text{ kNm}$$

Freebody Stuktur



Syarat Batas

Titik B: $-M_{BA} - M_{BC} = 0$ atau $M_{BA} + M_{BC} = 0$
 $1.09091 EI \theta_B + 0.29091 EI \theta_C = 310$ (1)

Titik C: $-M_{CB} - M_{CD} = 0$ atau $M_{CB} + M_{CD} = 0$
 $0.29091 EI \theta_B + 1.34545 EI \theta_C + 0.36364 EI \theta_D = -198.48484$ (2)

Titik D: $-M_{DC} + M_{DE} = 0$ atau $M_{DC} - M_{DE} = 0$
 $0.36364 EI \theta_C + 0.54545 EI \theta_D = -7.87879$ (3)

Untuk memudahkan perhitungan, EI dianggap = 1

(1) $1.09091 \theta_B + 0.29091 \theta_C + 0 \theta_D = 310$
 (2) $0.29091 \theta_B + 1.34545 \theta_C + 0.36364 \theta_D = -198.48484$
 (3) $0 \theta_B + 0.36364 \theta_C + 0.54545 \theta_D = -7.87879$

Dengan eliminasi atau metode matriks atau dengan kalkulator program didapat hasil:

$$\theta_B = \frac{355.91493}{EI}$$

$$\theta_C = -\frac{269.05626}{EI}$$

$$\theta_D = \frac{164.92956}{EI}$$

Dan diperoleh besaran momen-momen sebagai berikut:

$$M_{AB} = -22.81 \text{ kNm}$$

$$M_{BA} = 205.7885 \text{ kNm}$$

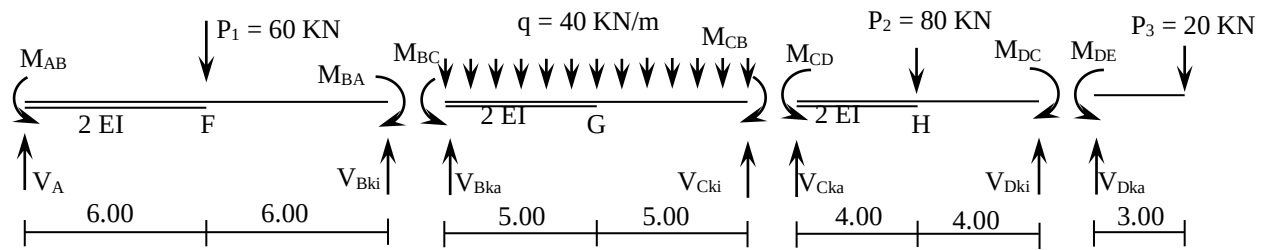
$$M_{BC} = -205.7885 \text{ kNm}$$

$$M_{CB} = 281.5884 \text{ kNm}$$

$$M_{CD} = -281.5884 \text{ kNm}$$

$$M_{DC} = 60 \text{ kNm}$$

Freebody Struktur



$$V_A = 14.7518 \text{ kN} \quad V_{Bki} = 45.2482 \text{ kN} \quad V_{Bka} = 192.42 \text{ kN}$$

$$V_{Cki} = 207.58 \text{ kN} \quad V_{Cka} = 67.6986 \text{ kN}$$

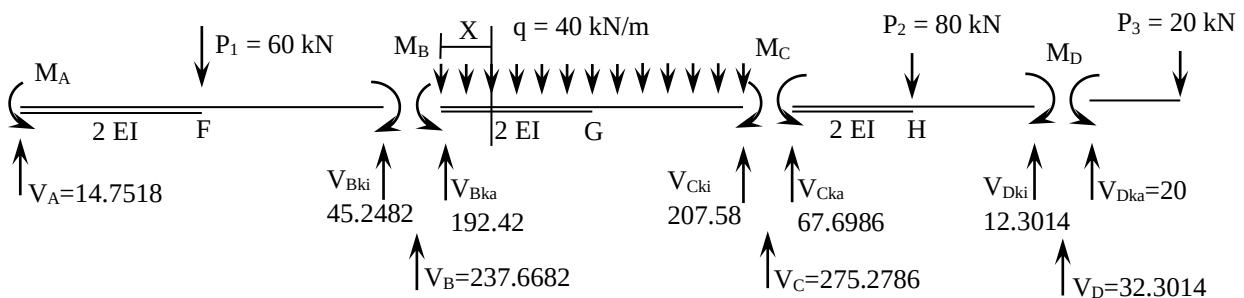
$$V_{Dki} = 12.3014 \text{ kN} \quad V_{Dka} = 20 \text{ kN}$$

$$V_A = 14.7518 \text{ kN}$$

$$V_B = V_{Bki} + V_{Bka} = 237.6682 \text{ kN}$$

$$V_C = V_{Cki} + V_{Cka} = 275.2786 \text{ kN}$$

$$V_D = V_{Dki} + V_{Dka} = 32.3014 \text{ kN}$$



Gaya dalam

Balok AB :

$$M_F = 6V_A - M_A = 65.7008 \text{ KNm}$$

$$L_{AF} = 14.7518 \text{ KN}$$

$$L_{FB} = -45.2482 \text{ KN}$$

Balok BC :

$$LX = V_{Bka} - qx = 192.42 - 40x = 0$$

$$x = 4.8105 \text{ m}$$

$$L_B = 192.42 \text{ KN}$$

$$L_C = -207.58 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} M_{maks} &= V_{Bka} x - 1/2 qx^2 - M_{BC} \\ &= 257.0297 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_G &= 192.42 (5) - 1/2 (40) (5)^2 \\ &\quad - 205.7885 \\ &= 256.3115 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Balok CD :

$$L_{CH} = 67.6986 \text{ KN}$$

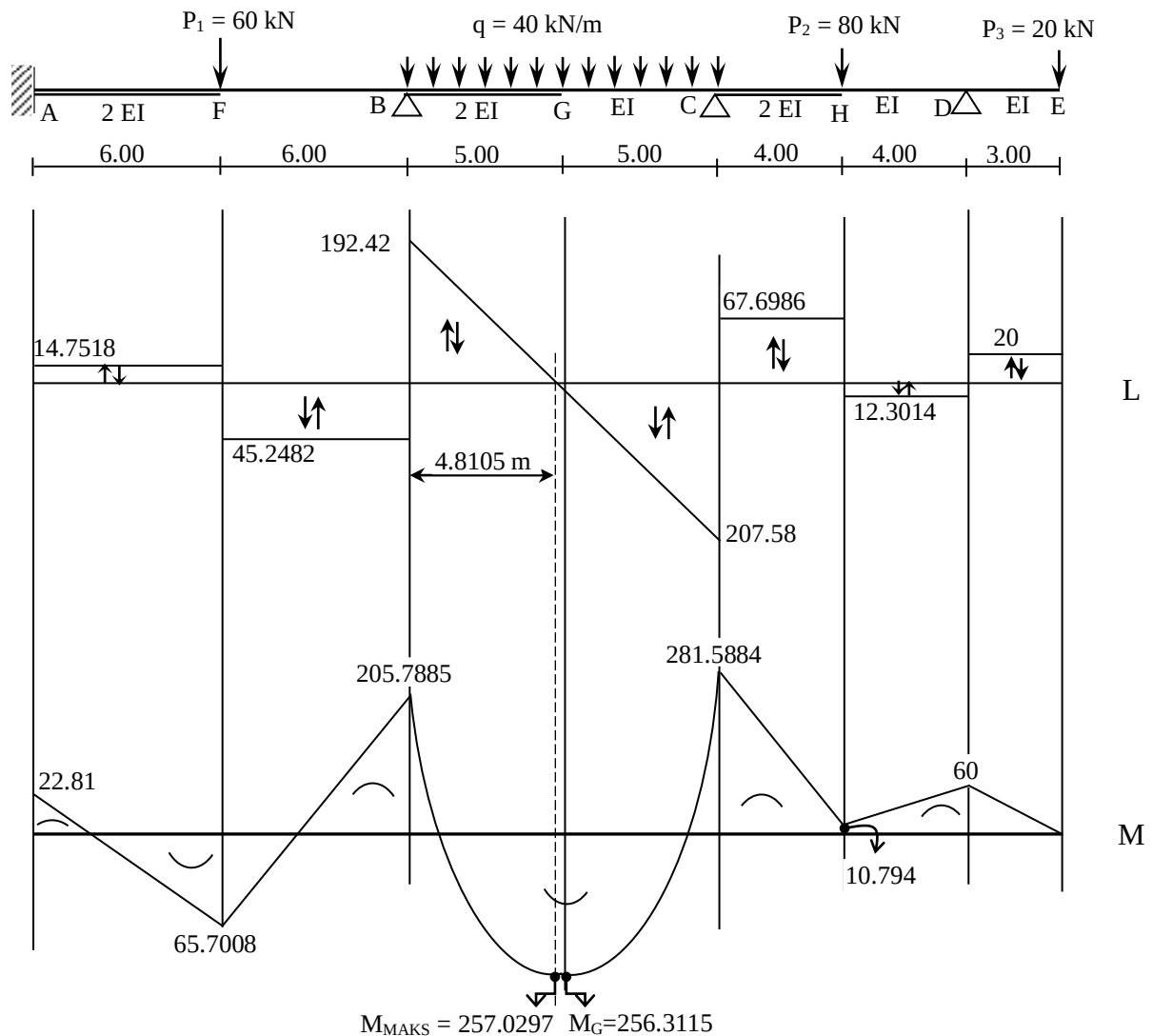
$$L_{HD} = -12.3014 \text{ KN}$$

$$M_H = -10.794 \text{ KNm}$$

Balok DE

$$L_{DE} = 20 \text{ KN}$$

$M_D = -60 \text{ KNm}$



KESIMPULAN

1. Metode Slope Deflection bisa digunakan pada balok dengan kekakuan yang berbeda dalam satu balok. Besaran putaran sudut pada titik ujung pertemuan harus dicari terlebih dahulu untuk mendapatkan besar momen primer/Fixed End Moment.
2. Penurunan rumus metode Slope Deflection perlu dilakukan terlebih dahulu jika setiap ada perubahan kekakuan dalam satu balok.
3. Penyelesaian perhitungan dapat menggunakan ilmu matematika yaitu teori Gauss, cara eliminasi atau bisa menggunakan kalkulator program.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Slope Deflection
http://en.wikipedia.org/wiki/slope_deflection_method
- [2] C.K.Wang, *Intermediate Structural Analysis*, Mc Graw Hill International Book Company,. (1985).
- [3] A.Ghali, A.M. Neville *Structural Analysis, A Unified Classical and Matrix Approach*, London Chapman and Hall,. (1978).
- [4] Fanywati Itang Penggunaan Metode Clapeyron Pada Balok dengan Kekakuan yang berbeda" Jurnal Teknik Universitas Pancasila Volume 26 Nomor 1. (2013).
- [5] Jemy Wijaya, Fanywati Itang Penggunaan Metode Cross Pada Balok dengan Kekakuan Tidak Merata" Jurnal Kajian Teknologi Volume 9 Nomor 3. (2013).