

Bab 3

ANALISIS BALOK SEDERHANA

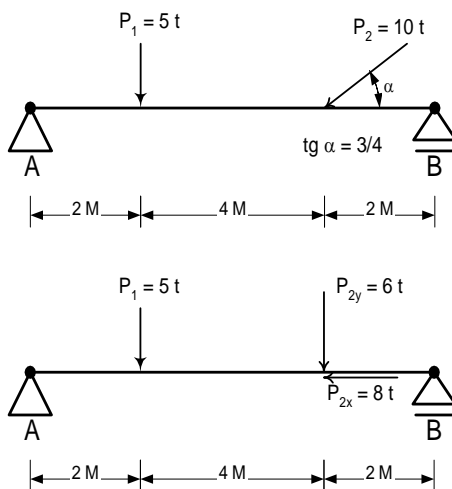
3.1 MENGHITUNG REAKSI PELETAKAN

Perjanjian Tanda arah gaya:

Gaya-gaya di bawah ini bernilai **positif** jika:

- Momen berputar **searah jarum jam** (↺)
- Gaya vertikal ke arah **atas** (↑)
- Gaya horizontal ke arah **kanan**. (→)

3.1.1 Beban Terpusat

a. Struktur Sendi – Rol

$$\text{Tg } \alpha = \frac{3}{4} \rightarrow \sin \alpha = \frac{3}{5}$$

$$\rightarrow \cos \alpha = \frac{4}{5}$$

$$P_{2y} = 10 \cdot \sin \alpha = 6$$

$$P_{2x} = 10 \cdot \cos \alpha = 8$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B (8) + 6 (6) + 5 (2) = 0$$

$$8V_B = 46$$

$$V_B = 46 / 8 = 5,75 (\uparrow)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A (8) - 5 (6) - 6 (2) = 0$$

$$8V_A = 42$$

$$V_A = 42 / 8 = 5,25 (\uparrow)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$H_A - P_{2x} = 0$$

$$H_A = P_{2x} = 8 \text{ t} (\rightarrow)$$

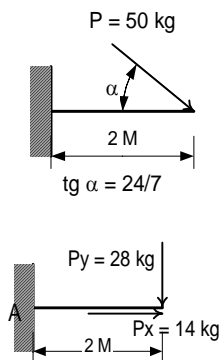
Kontrol:

$$\sum F_y = 0$$

$$V_A + V_B = P_1 + P_{2y}$$

$$5,75 + 5,25 = 5 + 6$$

$$11 = 11 (\text{OK!})$$

b. Struktur Jepit

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ M_A + P_y \cdot (2) &= 0 \\ M_A + 28 \cdot (2) &= 0 \rightarrow M_A = -56 \text{ kg.m} \\ &(\text{searah putaran jarum jam})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 & \sum F_x &= 0 \\ V_A - P_y &= 0 & H_A + P_x &= 0 \\ V_A &= P_y = 28 & H_A &= -P_x = -14 \text{ t} \\ & & &(\leftarrow) \\ & & H_A &= 14 \text{ t} (\rightarrow)\end{aligned}$$

c. Struktur Sendi Gerber

Pada model struktur statis tentu yang memiliki sendi gerber, analisis perhitungan reaksi peletakan dilakukan dengan cara memisahkan struktur yang primer dan struktur yang sekunder.

Berikut ciri-ciri struktur sekunder:

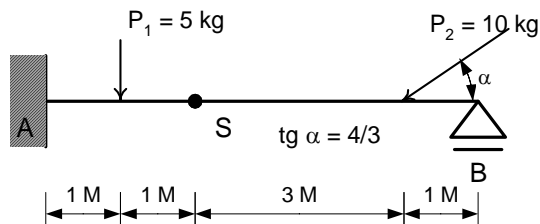
- memiliki 1 sendi dan 1 tumpuan, atau
- memiliki 2 sendi gerber

Sedangkan ciri-ciri struktur primer:

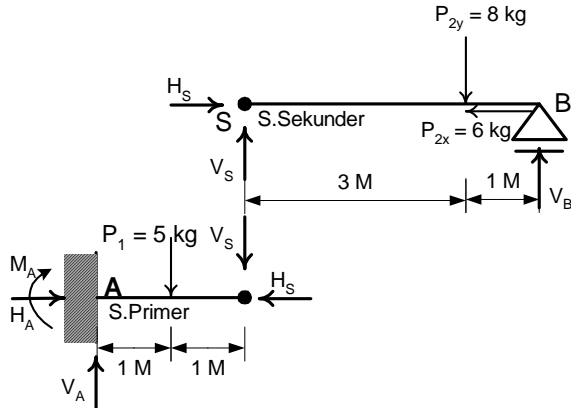
- memiliki 2 tumpuan sendi-rol, atau
- memiliki 1 jepit

Setelah dilakukan pemisahan struktur primer dan struktur sekunder, analisis perhitungan reaksi peletakan dimulai terlebih dahulu pada bagian sekunder, sehingga akan diperoleh gaya reaksi peletakan pada sendi gerber.

Kemudian, besarnya gaya reaksi peletakan sendi gerber pada struktur sekunder tsb. ditransfer sebagai beban pada struktur primer dengan arah gaya kebalikannya.

Contoh:

Pemisahan Struktur Primer dan Sekunder:



Reaksi Peletakan pada Struktur Sekunder

$$\begin{aligned}\sum M_B = 0 &\rightarrow V_B = 0 \\ V_S (4) - 8 (1) &= 0 \\ 4V_S = 8 &\rightarrow V_S = 2 \text{ kg } (\uparrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_S = 0 &\rightarrow V_S = 0 \\ -V_B (4) + 8 (3) &= 0 \\ 4V_B = 24 &\rightarrow V_B = 6 \text{ kg } (\uparrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 \\ H_S - 8 &= 0 \\ H_S &= 6 \text{ kg } (\rightarrow)\end{aligned}$$

Transfer Beban Pada Struktur Primer

$$\begin{aligned}\sum M_A = 0 &\rightarrow V_A = 0 \\ V_S (2) + 5 (1) + M_A &= 0 \\ 4 + 5 + M_A &= 0 \\ \rightarrow M_A &= -9 \text{ kg.m (searah jarum jam)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y = 0 \\ V_A - 5 - V_S &= 0 \\ V_A &= 7 \text{ kg } (\uparrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x = 0 \\ H_A - H_S &= 0 \\ H_A &= 6 \text{ kg } (\rightarrow)\end{aligned}$$

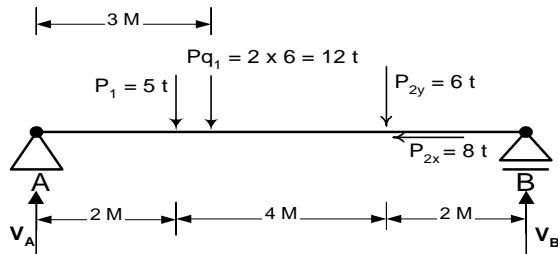
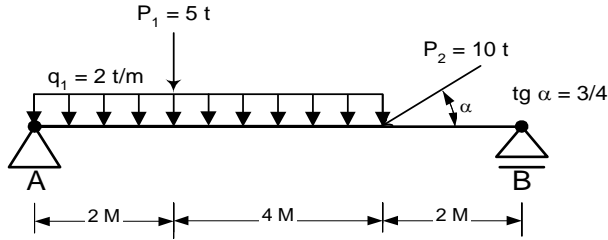
3.1.2 Beban Merata (Seragam)

Dalam analisis perhitungan, secara prinsip beban merata selalu dikonversikan dulu menjadi beban terpusat dengan cara:

- mengalikan besar gaya beban merata per satuan panjang dengan panjang beban merata tersebut $\rightarrow P = q \times l$
- lokasi beban terpusat akibat konversi dari beban merata adalah di tengah-tengah panjang beban merata tersebut.

Contoh:

a. Struktur Sendi – Rol



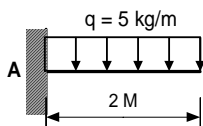
$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -V_B (8) + P_{2y} (6) + P_1 (2) + P_{q1} (3) &= 0 \\ -V_B (8) + 6 (6) + 5 (2) + 12 (3) &= 0 \\ 8V_B &= 82 \\ V_B &= 82 / 8 = 10,25 (\uparrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 \\ H_A - P_{2x} &= 0 \\ H_A &= P_{2x} = 8 \text{ t } (\rightarrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ V_A (8) - P_1 (6) - P_{2y} (2) - P_{q1} (5) &= 0 \\ V_A (8) - 5 (6) - 6 (2) - 12 (5) &= 0 \\ 8V_A &= 102 \\ V_A &= 102 / 8 = 12,75 (\uparrow)\end{aligned}$$

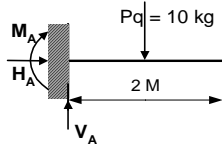
$$\begin{aligned}\text{Kontrol:} \\ \sum F_y &= 0 \\ V_A + V_B &= P_1 + P_{2y} + P_{q1} \\ 12,75 + 10,25 &= 5 + 6 + 12 \\ 23 &= 23 \text{ (OK!)}\end{aligned}$$

b. Struktur Jepit



$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ M_A + P_{q1} (1) &= 0 \\ M_A + 10 \cdot (1) &= 0 \rightarrow M_A = -10 \text{ kg.m} \\ &(\text{searah putaran jarum jam})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ V_A - P_q &= 0\end{aligned}$$

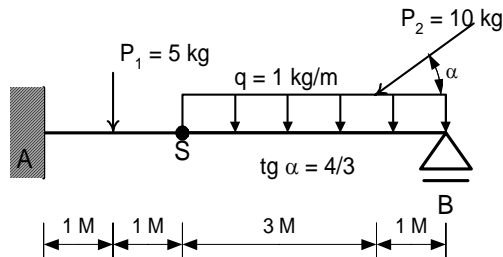


$$V_A = P_q = 10 \text{ kg } (\uparrow)$$

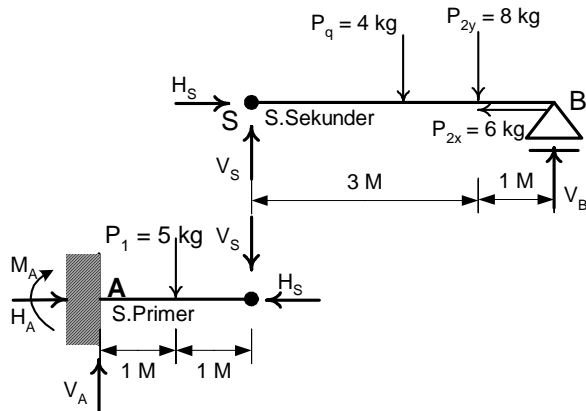
$$\sum F_x = 0$$

$$H_A + P_x = 0 \rightarrow H_A = 0 \text{ } (\leftarrow)$$

c. Struktur Sendi Gerber



Pemisahan Struktur Primer dan Sekunder:



Reaksi Peletakan pada Struktur Sekunder

$$\sum M_B = 0 \rightarrow V_B = 0$$

$$V_S (4) - 8 (1) - 4 (2) = 0$$

$$4V_S = 16 \rightarrow V_S = 4 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$\sum M_S = 0 \rightarrow V_S = 0$$

Transfer Beban Pada Struktur Primer

$$\sum M_A = 0 \rightarrow V_A = 0$$

$$V_S (2) + 5 (1) + M_A = 0$$

$$8 + 5 + M_A = 0$$

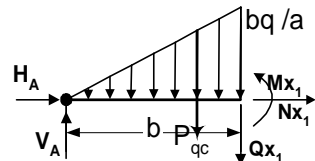
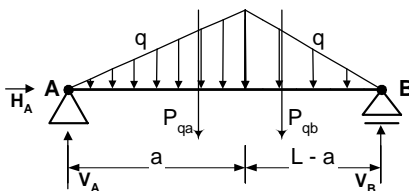
$$\rightarrow M_A = -13 \text{ kg.m (searah jarum jam)}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\begin{aligned} -V_B (4) + 8 (3) + 4 (2) &= 0 \\ 4V_B = 32 \rightarrow V_B &= 8 \text{ kg } (\uparrow) \\ \sum F_x &= 0 \\ H_S - 6 &= 0 \\ H_S &= 6 \text{ kg } (\rightarrow) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_A - 5 - 4 &= 0 \\ V_A &= -9 \text{ kg } (\uparrow) \\ \sum F_x &= 0 \\ H_A - H_S &= 0 \\ H_A &= 6 \text{ kg } (\rightarrow) \end{aligned}$$

Beban Terdistribusi



Gaya dalam (M,N,Q)
sejarak b dari titik a

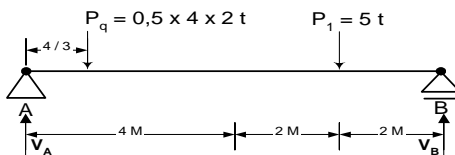
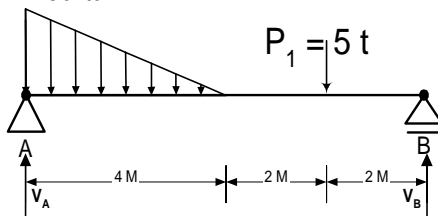
$$Q(x) = \frac{x}{a} (q), \text{ untuk } 0 \leq x \leq a$$

$$Q(x) = \frac{L-x}{L-a} (q), \text{ untuk } a \leq x \leq L$$

$$\begin{aligned} P_{qa} &= \frac{1}{2} (a)(q) \\ P_{qb} &= \frac{1}{2} (L-a)(q) \\ P_{qc} &= \frac{1}{2} (b^2)(q)/(a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= -H_A \\ Q_1 &= V_A - P_{qc} \\ M_1 &= V_A (b) - P_{qc} (b/3) \end{aligned}$$

Contoh:



$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ -V_B (8) + P_q (4/3) + P_1 (6) &= 0 \\ -V_B (8) + 4 (4/3) + 5 (6) &= 0 \\ 8V_B = 35,33 \rightarrow V_B &= 4,4167 (\uparrow) \\ \sum M_B &= 0 \\ V_A (8) - P_1 (2) - P_q (4+8/3) &= 0 \\ V_A (8) - 5(2) - 4(6,67) &= 0 \\ 8V_A &= 36,68 \\ V_A &= 36,68 / 8 = 4,585 (\uparrow) \\ \text{Kontrol:} \\ \sum F_y &= 0 \rightarrow V_A + V_B = P_1 + P_q \\ 4,4167 + 4,585 &= 5 + 4 \\ 9,0017 &= 9 \text{ (OK!)} \end{aligned}$$

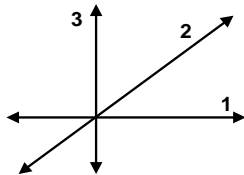
3.2 GAYA DALAM

3.2.1 Pengertian

Sebuah balok yang berada dalam keseimbangan menyalurkan gaya-gaya dan momen yang bekerja padanya ke tumpuan-tumpuan. Jika dibuat sebuah potongan fiktif tegak lurus sumbu balok, kemudian ditinjau bagian kiri atau bagian kanan dari potongan fiktif tersebut, maka segmen balok yang ditinjau harus tetap berada dalam kondisi seimbang. Agar terjadi kondisi seimbang harus ada gaya-gaya dalam pada potongan fiktif yang membentuk keadaan seimbang bersama-sama dengan beban-beban yang bekerja dan reaksi-reaksi tumpuan.

3.2.1 Macam-macam Gaya Dalam

Macam gaya-gaya dalam dikelompokkan berdasarkan arah gaya dalam tersebut bekerja.



Pada gambar di samping,

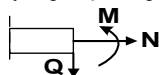
- sumbu 1 adalah sumbu yang searah dengan sumbu balok
- sumbu 2 adalah sumbu yang searah dengan pandangan kita
- sumbu 3 adalah sumbu yang tegak lurus dengan sumbu balok

Berikut ini macam-macam gaya dalam berdasarkan arah gaya tersebut bekerja:

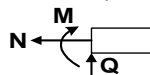
1. Gaya Normal (Axial)
Merupakan gaya yang bekerja searah dengan sumbu balok (sumbu 1)
2. Gaya Lintang / Geser (Shear)
Merupakan gaya yang bekerja searah dengan sumbu 3
3. Momen Lentur (Moment)
Merupakan gaya yang berotasi terhadap sumbu 2
4. Momen Puntir / Torsi (Torsion)
Merupakan gaya yang berotasi terhadap sumbu 1

3.2.2 Perjanjian Tanda

Berdasarkan strength of material (kokoh bahan) dengan memperhatikan perubahan bentuk (deformasi) yang terjadi, maka berikut ini perjanjian tanda yang dapat digunakan untuk analisis perhitungan:



Freebody Kiri



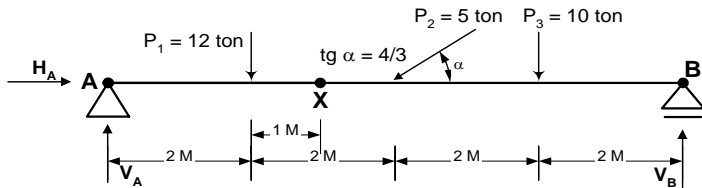
Freebody Kanan

3.2.3 Kesamaan Hasil Perhitungan dengan Meninjau Segmen Kiri dan Segmen Kanan (Freebody Kiri dan Freebody Kanan)

Perhitungan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam dapat dilakukan dengan cara meninjau sistem keseimbangan gaya di segmen sebelah kiri (freebody kiri) atau segmen sebelah kanan (freebody kanan) dari titik yang ditinjau. Hasil perhitungan kedua cara tersebut harus menghasilkan besar gaya yang sama.

Contoh:

Tentukan besarnya gaya dalam (momen, lintang, dan aksial) di titik X pada struktur balok sederhana berikut ini:



Penyelesaian:

Menghitung reaksi peletakan:

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A(8) - P_1(6) - P_{2y}(4) - P_3(2) = 0$$

$$V_A(8) = 12(6) + 4(4) + 10(2)$$

$$V_A = 108 / 8 = 13,5 \text{ ton}$$

$$\sum H = 0$$

$$H_A - P_{2x} = 0$$

$$H_A = 3 \text{ ton}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B(8) + P_1(2) + P_{2y}(4) + P_3(6) = 0$$

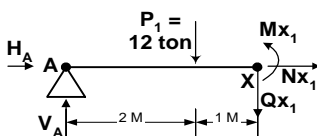
$$V_B(8) = 12(2) + 4(4) + 10(6)$$

$$V_B = 100 / 8 = 12,5 \text{ ton}$$

$$\text{Kontrol} \rightarrow \sum V = 0$$

$$V_A + V_B - P_1 - P_{2y} - P_3 = 0$$

$$13,5 + 12,5 - 12 - 4 - 10 = 0 \text{ (OK!)}$$



Tinjauan pada segmen kiri
(freebody kiri)

$$\sum M_X = 0$$

$$M_X + P_1(1) - V_A(3) = 0$$

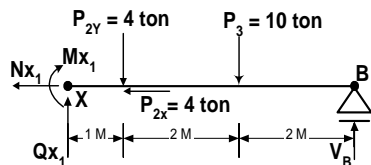
$$M_X = 13,5 \times 3 - 12 = 28,5 \text{ ton.m}$$

$$\sum V_X = 0$$

$$Q_X - V_A + P_1 = 0$$

$$Q_X = 13,5 - 12 = 1,5 \text{ ton}$$

$$\sum H_X = 0$$



Tinjauan pada segmen kanan
(freebody kanan)

$$\sum M_X = 0$$

$$M_X + P_{2y}(1) + P_3(3) + V_B(5) = 0$$

$$M_X = -4 \times 1 - 10 \times 3 + 12,5 \times 5 = 28,5 \text{ t.m}$$

$$\sum V_X = 0$$

$$Q_X - P_{2y} - P_3 + V_B = 0$$

$$Q_X = 4 + 10 - 12,5 = 1,5 \text{ ton}$$

$$\sum H_X = 0$$

$$\begin{aligned} N_X + H_A &= 0 \\ N_X &= -3 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_X + P_{2x} &= 0 \\ N_X &= -3 \text{ ton} \end{aligned}$$

3.2.4 MENENTUKAN PERSAMAAN DAN DIAGRAM GAYA DALAM

Besarnya gaya-gaya dalam (momen, lintang, dan normal) dapat digambarkan pada setiap titik di sepanjang baloknya, agar perilaku balok secara keseluruhan dapat dipahami dengan mudah.

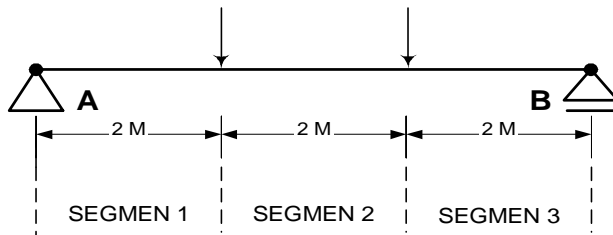
Jika sumbu memanjang balok sebagai absis (sumbu x) dan ordinat (sumbu y) menyatakan besarnya gaya-gaya dalam sepanjang balok, maka akan didapat:

1. Diagram Momen
2. Diagram Gaya Lintang / Geser
3. Diagram Gaya Normal / Axial

Diagram-diagram tersebut diperlukan untuk mengidentifikasi titik-titik penting pada balok (tempat terjadinya gaya-gaya dalam nol, atau mencapai nilai ekstrim) yang digunakan untuk menentukan bagian-bagian balok yang kritis. Diagram-diagram tersebut juga diperlukan untuk memahami dan menggambarkan bagaimana balok tersebut menahan beban-beban yang bekerja padanya.

Langkah-langkah membuat Diagram Gaya Dalam:

1. Hitunglah reaksi peletakan dari keseluruhan sistem struktur.
2. Bagilah struktur menjadi beberapa segmen, dengan pertimbangan garis segmen dapat dibuat :
 - ☺ di bawah tumpuan / peletakan
 - ☺ di bawah beban terpusat
 - ☺ di bawah ujung-ujung beban merata
3. Tentukan variabel per segmen dan daerah batasannya berdasarkan pembagian segmen tersebut. Perhatikan contoh perbedaan berikut ini:



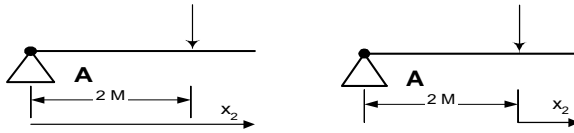
Jika akan ditentukan daerah batasan di segmen 2, maka

Menurut gambar (a) → variabel x_2 dengan daerah batasan: $2 \leq x_2 \leq 4$

Menurut gambar (b) → variabel x_2 dengan daerah batasan: $0 \leq x_2 \leq 2$

(a)

(b)



4. Buatlah potongan fiktif pada segmen yang ditinjau, kemudian pilihlah freebody kiri atau freebody kanan untuk menentukan persamaan gaya dalam. Perjanjian tanda gaya dalam (momen, lintang, normal) untuk freebody kiri atau freebody kanan tetap harus diperhatikan dan dimasukkan dalam perhitungan.
5. Dalam menentukan persamaan gaya dalam selalu menggunakan tiga persamaan keseimbangan. ($\sum M = 0$, $\sum V = 0$, dan $\sum H = 0$)
6. Buatlah tabel untuk memudahkan pengisian besarnya gaya dalam dari setiap titik di sepanjang balok yang ditinjau.

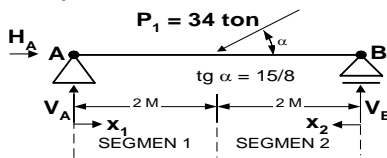
Contoh:

X_1 (m)	M_{x_1} (ton.m)	Q_{x_1} (ton)	N_{x_1} (ton)
0			
2			

7. Gambar diagram gaya dalam (momen, lintang, normal) berdasarkan tabel yang dibuat.

Contoh1:

Beban terpusat



Segmen 1:

$$0 \leq x_1 \leq 2$$

Segmen 2:

$$0 \leq x_2 \leq 2$$

Menentukan Reaksi Peletakan

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A(4) - P_{1y}(2) = 0$$

$$V_A(4) = 30(2)$$

$$V_A = 15 \text{ ton}$$

$$\sum H = 0$$

$$H_A - P_{1x} = 0$$

$$H_A = 16 \text{ ton}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-V_B(4) + P_{1y}(2) = 0$$

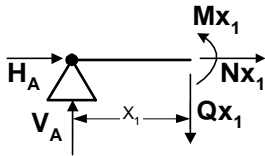
$$V_B(4) = 30(2)$$

$$V_B = 15 \text{ ton}$$

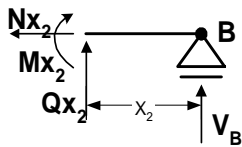
$$\text{Kontrol} \rightarrow \sum V = 0$$

$$V_A + V_B - P_{1y} = 0$$

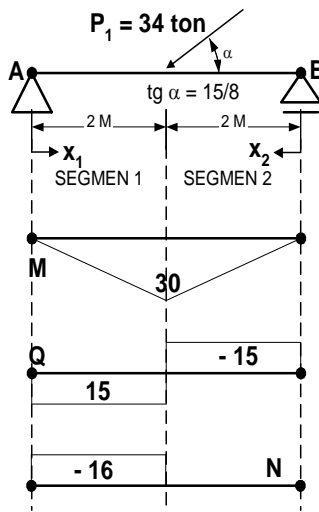
$$15 + 15 - 30 = 0 \text{ (OK!)}$$



$$\begin{aligned}\sum M_x &= 0 \\ V_A(x_1) - M_{x1} &= 0 \\ M_{x1} &= 15(x_1) \\ \sum H &= 0 \\ H_A + N_{x1} &= 0 \\ N_{x1} &= -16 \text{ ton} \\ \sum V &= 0 \\ V_A - Q_{x1} &= 0 \\ Q_{x1} &= 15\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\sum M_x &= 0 \\ -V_B(x_2) + M_{x2} &= 0 \\ M_{x2} &= 15(x_2) \\ \sum H &= 0 \\ N_{x2} &= 0 \\ \sum V &= 0 \\ V_B + Q_{x2} &= 0 \\ Q_{x2} &= -15\end{aligned}$$



Segmen 1:

x_1 (m)	M_{x1} (t.m)	Q_{x1} (t)	N_{x1} (t)
0	0	15	-16
2	30	15	-16

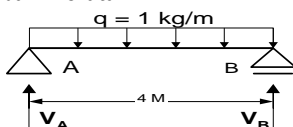
Segmen 2:

x_2 (m)	M_{x2} (t.m)	Q_{x2} (t)	N_{x2} (t)
0	0	-15	0
2	30	-15	0

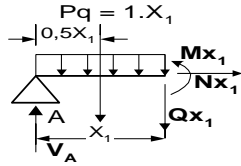
Perhatikan bentuk diagram momennya!

Karena persamaan momennya adalah linier maka diagramnya berbentuk garis.

Contoh2: Beban merata

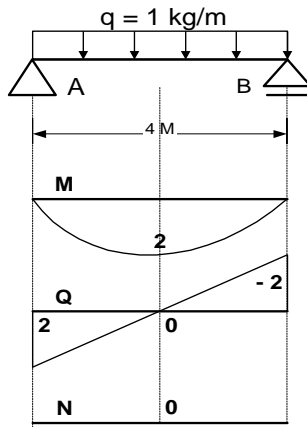


$$\begin{aligned}V_A(4) - P_q(2) &= 0 \\ V_A(4) &= 4(2) \\ V_A &= 2 \text{ kg} \\ V_B &= V_A = 2 \text{ kg} \\ \sum H &= 0 \rightarrow H_A = 0\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\sum M_x &= 0 \\ V_A(x_1) - \frac{1}{2}(x_1)P_q - M_{x1} &= 0 \\ M_{x1} &= 2(x_1) - \frac{1}{2}(x_1)^2 \\ \sum V &= 0 \\ V_A - P_q - Q_{x1} &= 0 \\ Q_{x1} &= 2 - x_1\end{aligned}$$

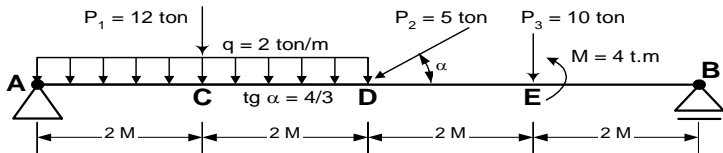
$$\begin{aligned}\sum H &= 0 \\ H_A + N_{x1} &= 0 \\ N_{x1} &= 0 \text{ ton}\end{aligned}$$



X_1 (m)	M_{x1} (kg.m)	Q_{x1} (kg)	N_{x1} (kg)
0	0	2	0
2	2	0	0
4	0	-2	0

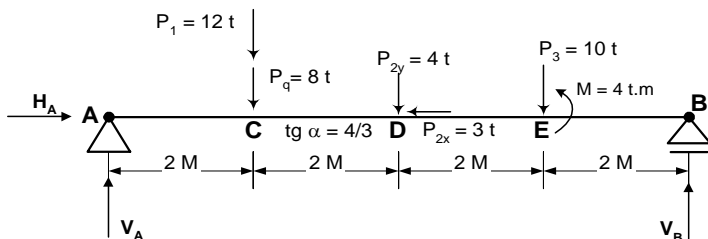
Perhatikan bentuk diagram momennya!
 Karena persamaan momennya adalah kuadratik maka diagramnya berbentuk lengkung parabola.

Contoh3:

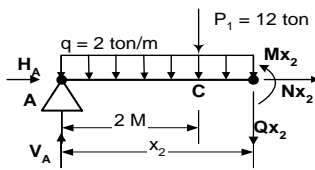


Tentukan persamaan dan diagram gaya dalam (momen, lintang, aksial) pada struktur di atas!

Menentukan Reaksi Peletakan pada Struktur



Segmen 2 $\rightarrow 2 \leq X_2 \leq 4$



$$Nx_2 = -H_A = -3 \text{ ton}$$

$$Mx_2 = V_A x_2 - q(x_2)(x_2/2) - P_1(x_2 - 2)$$

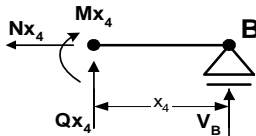
$$Mx_2 = 20x_2 - (x_2)^2 - 12(x_2 - 2)$$

$$Qx_2 = V_A - q x_2 - P_1$$

$$Qx_2 = 20 - 2x_2 - 12 = 8 - 2x_2$$

X_2 (m)	Mx_2 (ton.m)	Qx_2 (ton)	Nx_2 (ton)
2	36	4	-3
4	40	0	-3

Segmen 4 $\rightarrow 0 \leq X_4 \leq 2$



$$Qx_4 = -V_B = -14 \text{ t}$$

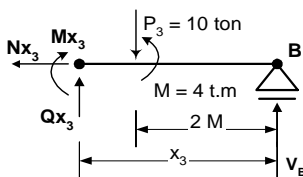
$$Nx_4 = 0$$

$$Mx_4 = V_B x_4$$

$$Mx_4 = 14 x_4$$

X_4 (m)	Mx_4 (ton.m)	Qx_4 (ton)	Nx_4 (ton)
0	0	-14	0
2	28	-14	0

Segmen 3 $\rightarrow 2 \leq X_3 \leq 4$



$$Qx_3 = -V_B + P_3 = -14 + 10 = -4 \text{ t}$$

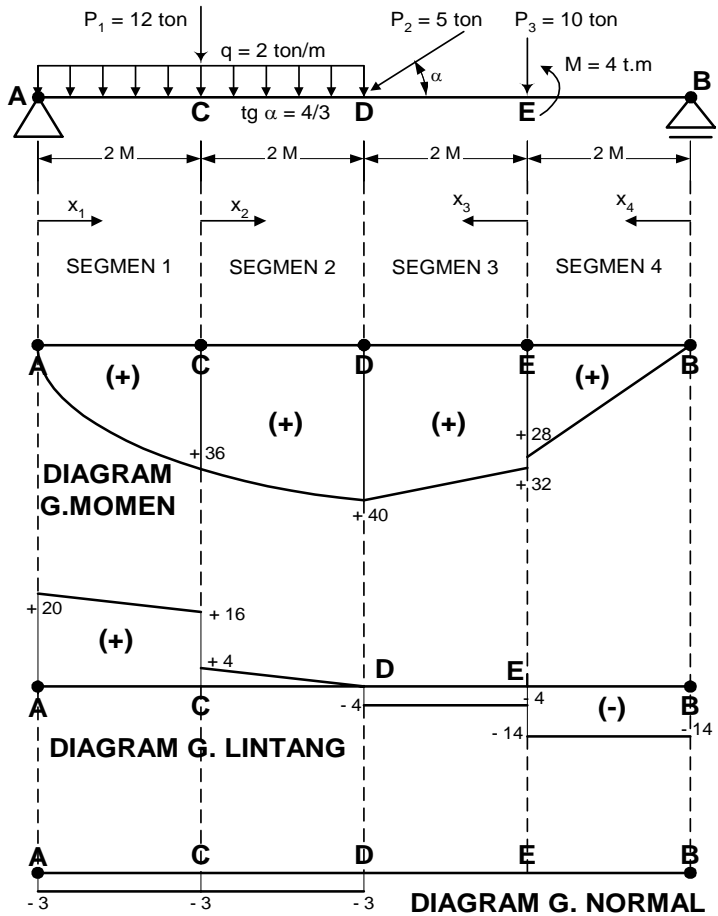
$$Nx_3 = 0$$

$$Mx_3 = V_B(x_3) - P_3(x_3 - 2) + M$$

$$Mx_3 = 14(x_3) - 10(x_3 - 2) + 4$$

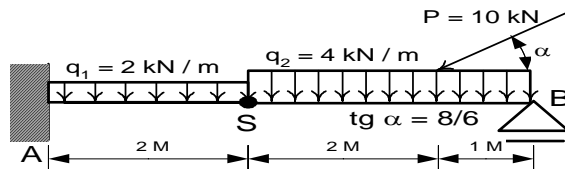
X_3 (m)	Mx_3 (ton.m)	Qx_3 (ton)	Nx_3 (ton)
2	32	-4	0
4	40	-4	0

Gambar Diagram Gaya Momen, Gaya Lintang dan Gaya Normal dapat dilihat sebagai berikut;

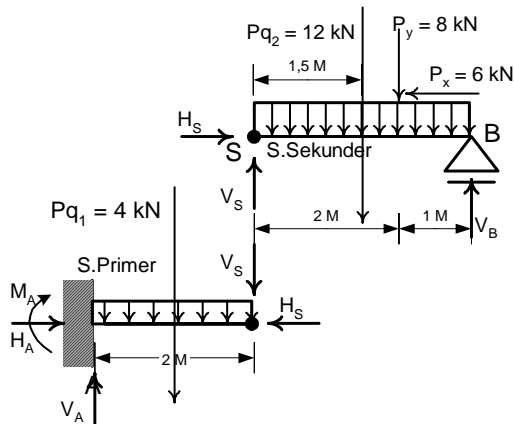


Contoh 4:

Tentukan bidang M, N, dan Q !



Pemisahan Struktur



Reaksi Peletakan di S. Sekunder

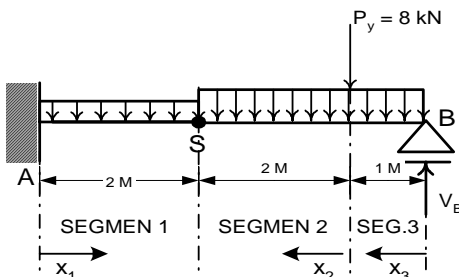
$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \rightarrow V_B = 0 \\ V_S (3) - 12 (1,5) - 8 (1) &= 0 \\ 3V_S &= 18 + 8 \\ V_S &= 26 / 3 = 8,67 \text{ kN } (\uparrow) \\ \sum M_S &= 0 \rightarrow V_S = 0 \\ -V_B (3) + 12 (1,5) + 8 (2) &= 0 \\ 3V_B &= 34 \\ V_B &= 11,33 \text{ kN } (\uparrow) \\ \sum F_x &= 0 \\ H_S - 6 &= 0 \\ H_S &= 6 \text{ kN } (\rightarrow)\end{aligned}$$

Transfer Beban di Struktur Primer

$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \rightarrow V_A = 0 \\ V_S (2) + 4 (1) + M_A &= 0 \\ 17,34 + 4 + M_A &= 0 \\ \rightarrow M_A &= -21,34 \text{ kN.m} \\ (\text{searah jarum jam}) \\ \sum F_y &= 0 \\ V_A - 4 - V_S &= 0 \\ V_A &= 12,67 \text{ kN } (\uparrow) \\ \sum F_x &= 0 \\ H_A - H_S &= 0 \\ H_A &= 6 \text{ kN } (\rightarrow)\end{aligned}$$

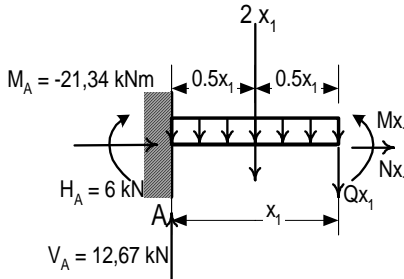
Menentukan Diagram Gaya-gaya Dalam

Struktur dibagi menjadi 3 segmen seperti berikut ini:



Segmen 1 $\rightarrow 0 \leq x_1 \leq 2$
 Segmen 2 $\rightarrow 2 \leq x_2 \leq 3$
 Segmen 3 $\rightarrow 3 \leq x_3 \leq 4$

Segmen 1 $\rightarrow 0 \leq X_1 \leq 2$



$$\sum M_{X_1} = 0$$

$$M_A - M_{X_1} + V_A (x_1) - 2x_1 (0,5x_1) = 0$$

$$M_{X_1} = -21,34 + 12,67 (x_1) - x_1^2 = 0$$

X_1 (m)	M_{X_1} (kN.m)
0	-21,34
1	-9,67
2	0

$$\sum F_{Y_1} = 0$$

$$V_A - Q_{X_1} - 2x_1 = 0$$

$$Q_{X_1} = V_A - 2x_1 = 12,67 - 2x_1$$

X_1 (m)	Q_{X_1} (kN)
0	12,67
1	10,67
2	8,67

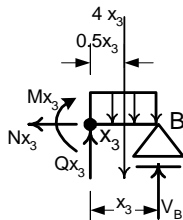
$$\sum F_{X_1} = 0$$

$$H_A + N_{X_1} = 0$$

$$N_{X_1} = -H_A = -6 \text{ kN}$$

X_1 (m)	N_{X_1} (kN)
0	-6
1	-6
2	-6

Segmen 3 $\rightarrow 0 \leq X_3 \leq 1$



$$\sum M_{X_3} = 0$$

$$M_{X_3} - V_B (x_3) + 4x_3 (0,5x_3) = 0$$

$$M_{X_3} = V_B (x_3) - 4x_3 (0,5x_3) = 0$$

$$M_{X_3} = 11,33 x_3 - 2x_3^2 = 0$$

X_3 (m)	M_{X_3} (kN.m)
0	0
1	9,33

$$\sum F_{Y_3} = 0$$

$$V_B + Q_{X_3} - 4x_3 = 0$$

$$Q_{X_3} = -V_B + 4x_3$$

$$Q_{X_3} = -11,33 + 4x_3$$

X_3 (m)	Q_{X_3} (kN)
0	-11,33
1	-7,33

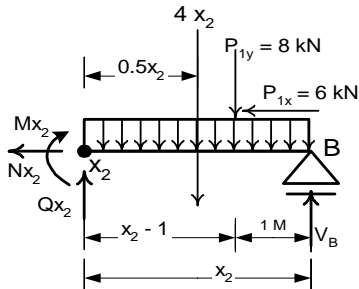
$$\sum F_{X_3} = 0$$

$$N_{X_3} = 0$$

$$N_{X_3} = 0 \text{ kN}$$

X_3 (m)	N_{X_3} (kN)
0	0
1	0

Segmen 2 $\rightarrow 1 \leq X_2 \leq 3$



$$\sum M_{x_2} = 0$$

$$M_{x_2} - V_B (x_2) + 4x_2 (0,5 x_2) + 8 (x_2 - 1) = 0$$

$$M_{x_2} = 11,33 (x_2) - 2 (x_2)^2 - 8 (x_2 - 1) = 0$$

X_2 (m)	M_{x_2} (kN.m)
1	9,33
2	6,66
3	- 0,01 ≈ 0

$$\sum F_{y_2} = 0$$

$$V_B + Q_{x_2} - 4x_2 - 8 = 0$$

$$Q_{x_2} = - V_B + 4x_2 + 8$$

$$Q_{x_2} = - 11,33 + 4x_2 + 8$$

X_1 (m)	Q_{x_1} (kN)
1	0,67
2	4,67
3	8,67

$$\sum F_{x_2} = 0$$

$$6 + N_{x_2} = 0$$

$$N_{x_1} = - 6 \text{ kg}$$

X_1 (m)	N_{x_1} (kN)
1	- 6
2	- 6
3	- 6