

MEKANIKA REKAYASA LANJUT

**Agustin Dita Lestari, S.T., M.T.
Drs. Armin Naibaho, S.T., M.T.**



MEKANIKA REKAYASA

LANJUT

Copyrights © 2022. All Rights Reserved
Hak cipta dilindungi undang-undang

Penulis:

Agustin Dita Lestari, S.T., M.T.
Drs. Armin Naibaho, S.T., M.T.

Penyunting:

Dhega Febiharsa

Desain & Tata Letak:

Tim Penerbit Cerdas Ulet Kreatif

ISBN :

Cetakan Pertama : **2022**

Penerbit :

Cerdas Ulet Kreatif

Jl. Manggis 72 RT 03 RW 04 Jember Lor - Patrang
Jember - Jawa Timur 68118

Telp. 0331-4431347, 412387 Faks. 4431347

e-mail : info@cerdas.co.id

Distributor Tunggal:

Cerdas Ulet Kreatif

Jl. Manggis 72 RT 03 RW 04 Jember Lor - Patrang
Jember - Jawa Timur 68118

Telp. 0331-4431347, 412387 Faks. 4431347

e-mail : info@cerdas.co.id

Undang-Undang RI Nomor 19 Tahun 2002

Tentang Hak Cipta

Ketentuan Pidana

Pasal 72 (ayat 2)

Barang Siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya sehingga buku “Mekanika Rekayasa Lanjut” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Buku Mekanika Rekayasa Lanjut ini ditujukan kepada pembaca yang menekuni bidang Teknik Sipil dan bagi para dosen, serta praktisi yang berkecimpung dalam bidang Teknik Sipil yang disusun secara menarik, padat dan jelas. Setiap pokok bahasan dilengkapi dengan beberapa contoh analisis dan latihan soal yang dijelaskan secara terstruktur dan detail.

Isi atau materi buku ini antara lain adalah Bab 1 Balok Gerber, Bab 2 Balok Miring, Bab 3 tentang portal, Bab 4 Tegangan Aksial dan Regangan, Bab 5 Tegangan Lentur, dan Bab 6 tentang Tegangan Geser.

Penulis menyadari penulisan buku ini masih jauh dari sempurna, maka penyusun mengharapkan saran dan kritikan yang konstruktif demi kelengkapan dan penyempurnaannya yang dapat meningkatkan kualitas buku ajar ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penulisan buku ini.

Akhirnya hanya kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia-Nya kita pulangkan. Karena tanpa izin dan kehendak-Nya maka penyusunan buku ini tidak akan terlaksana.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I BALOK GERBER.....	1
A. Pengertian Balok Gerber	1
B. Syarat Pemasangan Sendi Gerber	1
C. Tahapan Penyelesaian Balok Gerber.....	4
D. Analisis Balok Gerber dengan Satu Sendi.....	4
E. Analisis Balok Gerber dengan Dua Sendi	13
F. Latihan Soal	19
BAB II BALOK MIRING.....	21
A. Pengertian Balok Miring.....	21
B. Tipe Tumpuan pada Balok Miring	21
C. Analisis pada Balok Miring	22
D. Latihan Soal	34
BAB III PORTAL	37
A. Pengertian Portal	37
B. Analisis pada Portal	39
C. Latihan Soal	48
BAB IV TEGANGAN AKSIAL DAN REGANGAN	51
A. Pendahuluan Tegangan dan Regangan	51
B. Konsep Dasar Tegangan	51
C. Tegangan Aksial.....	52
D. Regangan.....	54
E. Latihan Soal	59

BAB V TEGANGAN LENTUR.....	61
A. Lentur Murni pada Balok.....	61
B. Tegangan Lentur.....	64
C. Contoh Soal	66
D. Latihan Soal	72
BAB VI TEGANGAN GESER	75
A. Tegangan Geser pada Balok	75
B. Tegangan Geser pada Alat Sambung.....	78
C. Contoh Soal	79
D. Latihan Soal	83
DAFTAR PUSTAKA	85
GLOSARIUM.....	86
INDEKS.....	87
BIODATA PENULIS	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pemasangan Sendi Gerber di Bagian Tengah	2
Gambar 2. Pemasangan Sendi Gerber di Bagian Tepi	3
Gambar 3. Pemisahan Balok pada Balok Gerber.....	4
Gambar 4. Arah Gaya dan Tumpuan Tegak Lurus Sumbu x.....	21
Gambar 5. Arah Gaya dan Tumpuan di Titik B Tegak Lurus Balok Miring.....	22
Gambar 6. Arah Gaya dan Tumpuan di Titik B Sejajar.....	22
Gambar 7. Penguraian Gaya Lintang dan Gaya Normal	23
Gambar 8. Hasil Bidang M, D, N dengan Perbedaan Arah Tumpuan di Titik B	33
Gambar 9. Portal Simetris.....	37
Gambar 10. Portal Tidak Simetris dengan Kolom Tegak.....	38
Gambar 11. Portal Tidak Simetris dengan Kaki Miring	38
Gambar 12. (a) Batang Prismatis yang dibebani gaya tarik, (b) Panjang batang mula-mula, (c) Batang setelah dibebani	51
Gambar 13. Gaya Dalam pada Struktur Tiga Dimensi	52
Gambar 14. Macam-macam Gaya Aksial.....	53
Gambar 15. Lentur Murni pada Balok	61
Gambar 16. Sifat Balok dalam Lentur	62
Gambar 17. Regangan pada Penampang Balok.....	63
Gambar 18. Distribusi Tegangan Akibat Lentur.....	64
Gambar 19. Tegangan pada Lentur Murni	65
Gambar 20. Geser pada Balok Papan Kayu	75
Gambar 21. Analisis Tegangan Geser pada Balok	76
Gambar 22. Geser pada Alat Sambung	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai Modulus Young Material	56
---	----

BAB I

BALOK GERBER

A. Pengertian Balok Gerber

Balok Gerber adalah suatu kondisi dimana balok pada kebutuhan tertentu akan dibuat dengan panjang bentang yang besar sehingga memerlukan perhitungan konstruksi dengan menggunakan sendi banyak atau lebih dari dua sendi (Wesli, 2012). Konstruksi balok gerber ini pertama kali dibuat oleh Johann Gottfried Heinrich Gerber. Sistem konstruksi ini banyak dikembangkan untuk membangun jembatan. Balok Gerber merupakan balok atau gelagar yang terdiri dari balok anak dan balok induk, yang mana salah satu atau kedua tumpuan balok anak akan menumpu pada balok induk. Reaksi tumpuan pada balok anak yang menumpu pada balok induk, akan diteruskan menjadi beban terpusat.

B. Syarat Pemasangan Sendi Gerber

Konstruksi balok gerber mempunyai jumlah reaksi tumpuan lebih dari tiga, tetapi masih bisa diselesaikan dengan persamaan kesetimbangan. Persamaan kesetimbangan yang dimaksudkan disini adalah $\sum M = 0$, $\sum V = 0$, dan $\sum H = 0$. Agar balok gerber dapat digolongkan sebagai Struktur Statis Tertentu (SST), maka perlu ditambahkan atau dipasang sendi gerber pada lokasi tertentu. Sifat dari sendi ini adalah dapat menahan gaya geser dan gaya normal, tetapi tidak dapat menahan momen atau nilai momen pada sendi tersebut adalah nol.

Penentuan jumlah sendi yang harus ditambahkan pada balok gerber, dapat digunakan persamaan berikut ini:

1. Untuk balok dengan jumlah tumpuan lebih dari dua dan tumpuan yang digunakan berupa sendi atau rol.

$$S = n - 2$$

2. Untuk balok dengan jumlah tumpuan sebanyak dua, yang berupa Sendi-Sendi, Sendi-Jepit, Rol-Jepit, serta untuk balok yang jumlah tumpuan lebih dari dua yang salah satunya adalah tumpuan jepit.

$$S = n - 1$$

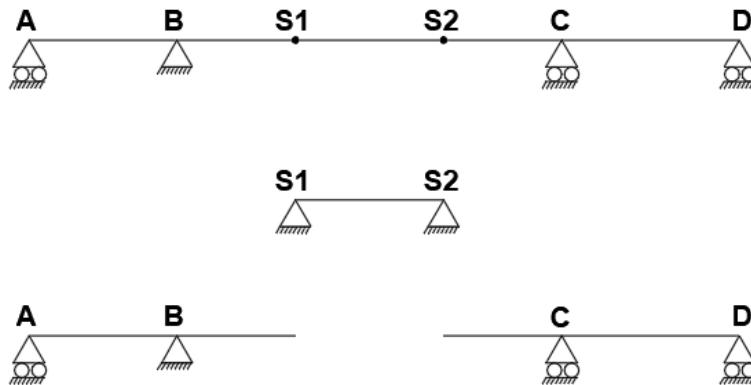
dengan:

S = jumlah sendi

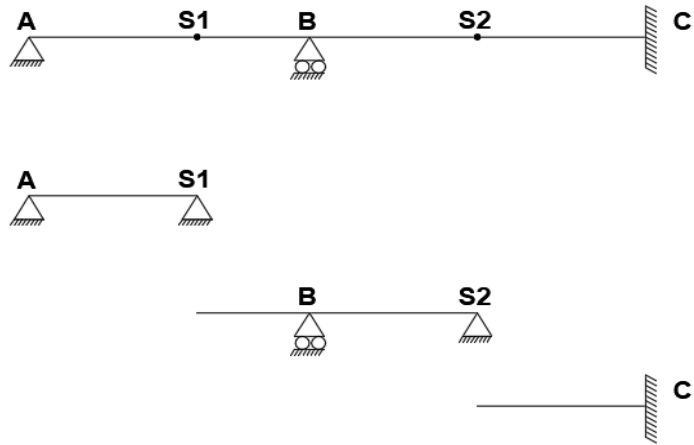
n = jumlah tumpuan

Adapun beberapa ketentuan letak pemasangan sendi pada balok gerber adalah sebagai berikut:

1. Pada bagian tengah hanya boleh dipasang 2 buah sendi.
2. Pada bagian tepi hanya boleh dipasang 1 buah sendi.
3. Bila pada suatu bagian tengah dipasang 2 buah sendi, maka pada bagian yang bersebelahan harus bebas sendi.



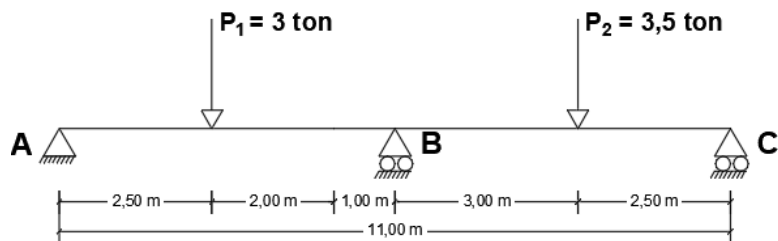
Gambar 1. Pemasangan Sendi Gerber di Bagian Tengah



Gambar 2. Pemasangan Sendi Gerber di Bagian Tepi

Contoh Soal 1

Diketahui balok menerus seperti gambar di bawah ini, hitunglah kebutuhan sendi yang diperlukan!

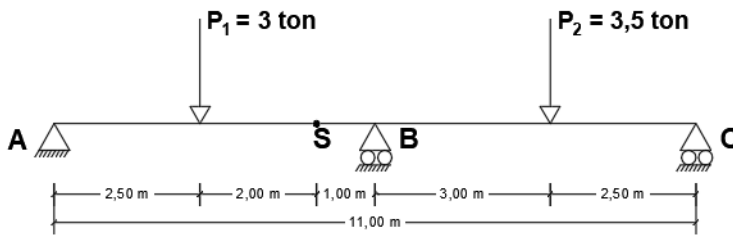


Penyelesaian:

Pada soal terlihat bahwa balok ditumpu oleh tiga tumpuan, yang terdiri dari satu sendi dan dua rol. Maka, untuk menghitung kebutuhan sendi digunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= n - 2 \\
 &= 3 - 2 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

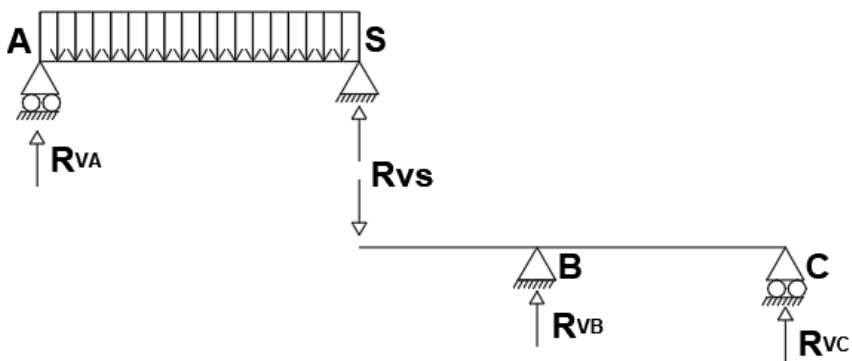
Sehingga, diperlukan satu buah sendi, seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



C. Tahapan Penyelesaian Balok Gerber

Dengan berdasarkan Gambar 1.3, tahapan analisis atau perhitungan gaya-gaya dalam pada balok gerber adalah sebagai berikut:

1. Memisahkan antara balok anak (balok A-S) dengan balok induk (balok S-B-C)
2. Menghitung reaksi pada balok anak (R_{VS} dan R_{VA})
3. Reaksi pada sendi gerber (R_{VS}) akan menjadi beban pada balok induk di bawahnya
4. Menghitung reaksi pada balok induk (R_{VB} dan R_{VC})
5. Selanjutnya dapat dihitung Bidang Momen (M), Lintang (D), dan Normal (N)



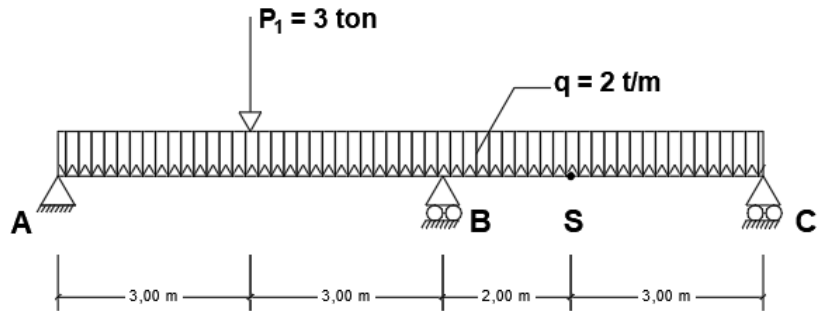
Gambar 3. Pemisahan Balok pada Balok Gerber

D. Analisis Balok Gerber dengan Satu Sendi

Contoh analisis balok gerber dengan satu sendi ditunjukkan pada Contoh Soal 2 dan Contoh Soal 3.

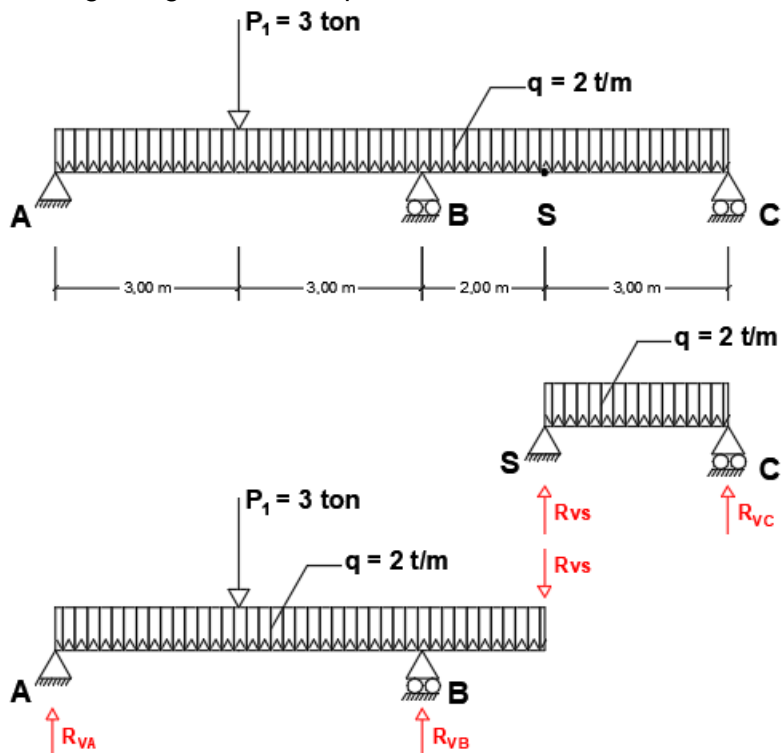
Contoh Soal 2

Diketahui sebuah balok dengan satu sendi seperti pada gambar di bawah ini. Tentukan besar reaksi tumpuan serta hitung dan gambar bidang momen (M), lintang (D), dan Normal (N)!



Penyelesaian:

1. Menghitung Reaksi Tumpuan



Balok S-C (Balok Anak)

$$\begin{aligned}\sum M_C &= 0 & \sum M_S &= 0 \\ R_{VS} \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 &= 0 & -R_{VC} \cdot 3 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 &= 0 \\ R_{VS} \cdot 3 &= 9 & R_{VC} \cdot 3 &= 9 \\ R_{VS} &= 3 \text{ t } (\uparrow) & R_{VC} &= 3 \text{ t } (\uparrow)\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\sum H &= 0 \\ R_{HS} &= 0\end{aligned}$$

Balok A-B-S (Balok Induk)

$$\begin{aligned}\sum M_B &= 0 \\ R_{VA} \cdot 6 - 5 \cdot 3 - 2 \cdot 8 \cdot 2 + R_{VS} \cdot 2 &= 0 \\ R_{VA} \cdot 6 - 15 - 32 + 6 &= 0 \\ 6 R_{VA} &= 41 \\ R_{VA} &= 6,833 \text{ t } (\uparrow)\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\sum M_A &= 0 \\ -R_{VB} \cdot 6 + 5 \cdot 3 + 2 \cdot 8 \cdot 4 + R_{VS} \cdot 8 &= 0 \\ -R_{VB} \cdot 6 + 15 + 64 + 24 &= 0 \\ -6 R_{VB} &= -103 \\ R_{VB} &= 17,167 \text{ t } (\uparrow)\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\sum H &= 0 \\ R_{HA} &= 0\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ R_{VA} + R_{VB} + R_{VC} - Q - P &= 0 \\ 6,833 + 17,167 + 3 - 2 \cdot 11 - 5 &= 0 \\ 0 &= 0 \quad (\text{OK!})\end{aligned}$$

2. Menghitung Bidang Momen (M)

Interval A-D ($0 \leq x \leq 3$)

$$M_x = R_{VA} \cdot x - \frac{1}{2} q x^2$$

$$= 6,833 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot x^2 = 6,833 \cdot x - x^2$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$6,833 - 2 \cdot x = 0$$

$$x = \frac{6,833}{2} = 3,4165 \text{ m dari titik A (Tidak Mungkin)}$$

$$x = 0 \rightarrow M_A = 0$$

$$x = 3 \rightarrow M_D = 6,833 \cdot 3 - 3^2 = 11,499 \text{ tm}$$

Interval D-B ($3 \leq x \leq 6$)

$$M_x = R_{VA} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot x^2 - 5 \cdot (x - 3)$$

$$= 6,833 \cdot x - x^2 - 5 \cdot (x - 3)$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$6,833 - 2 \cdot x - 5 = 0$$

$$2x = -8,167$$

$$x$$

$$= -4,0835 \text{ m dari titik A (Tidak Mungkin)}$$

$$x = 3 \rightarrow M_D = 6,833 \cdot 3 - 3^2 - 5 \cdot (3 - 3) = 11,499 \text{ tm}$$

$$x = 6 \rightarrow M_B = 6,833 \cdot 6 - 6^2 - 5 \cdot (6 - 3) = -10 \text{ tm}$$

Interval C-B ($0 \leq x \leq 5$) → dikerjakan dari kanan ke kiri

$$M_x = -(-R_{VC} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot x^2)$$

$$= 3 \cdot x - x^2$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$3 - 2 \cdot x = 0$$

$$2x = 3$$

$$x = 1,5 \text{ m dari titik C (Mungkin)}$$

$$x = 0 \rightarrow M_C = 0 \text{ tm}$$

$$x = 1,5 \rightarrow M_{\max} = 3 \cdot 1,5 - 1,5^2 = 2,25 \text{ tm}$$

$$x = 3 \rightarrow M_S = 3 \cdot 3 - 3^2 = 0 \text{ tm}$$

$$x = 5 \rightarrow M_B = 3 \cdot 5 - 5^2 = -10 \text{ tm}$$

3. Menghitung Bidang Lintang (D)

$$D_{A \text{ ki}} = 0$$

$$D_{A \text{ ka}} = R_{VA} = 6,833 \text{ t}$$

$$D_{D \text{ ki}} = 6,833 - 2 \cdot 3 = 0,833 \text{ t}$$

$$D_{D \text{ ka}} = 0,833 - 5 = -4,167 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ki}} = -4,167 - 2 \cdot 3 = -4,167 - 6 = -10,167 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ka}} = -10,167 + 17,167 = 7 \text{ t}$$

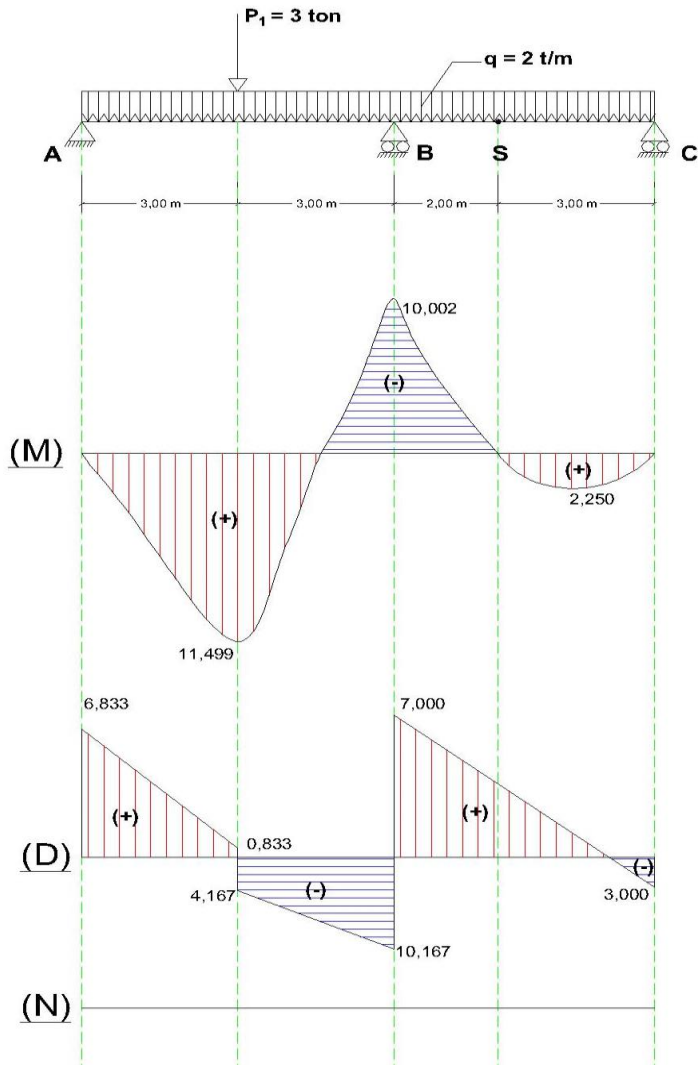
$$D_{C \text{ ki}} = 7 - 2 \cdot 5 = -3 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ka}} = -3 + R_{VC} = -3 + 3 = 0 \text{ t}$$

4. Menghitung Bidang Normal (N)

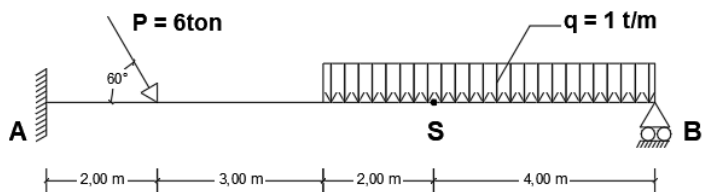
$$N = 0 \text{ (karena tidak ada gaya horizontal yang bekerja)}$$

5. Gambar Bidang M, D, N



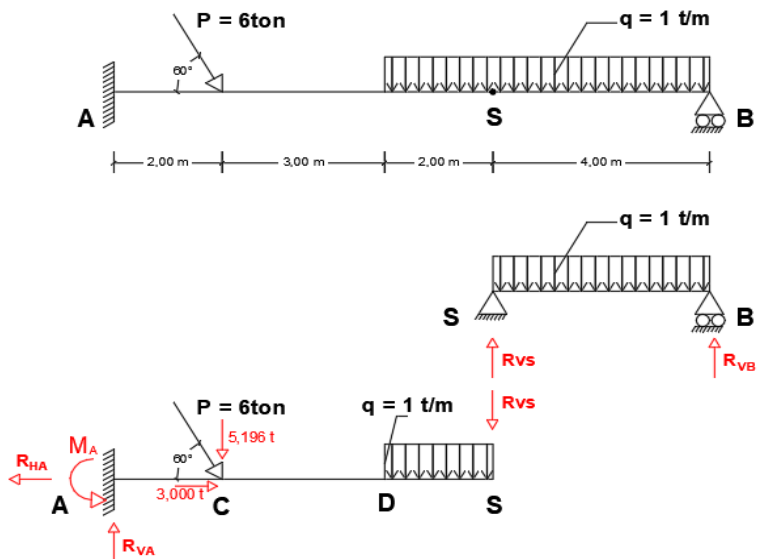
Contoh Soal 3

Diketahui sebuah balok dengan satu sendi seperti pada gambar di bawah ini. Tentukan besar reaksi tumpuan serta hitung dan gambar bidang momen (M), lintang (D), dan Normal (N)!



Penyelesaian:

1. Menghitung Reaksi Tumpuan



Balok S-B (Balok Anak)

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{VS} \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4^2 = 0$$

$$R_{VS} \cdot 4 = 8$$

$$R_{VS} = 2 \text{ t } (\uparrow)$$

$$\sum M_S = 0$$

$$-R_{VB} \cdot 4 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4^2 = 0$$

$$R_{VB} \cdot 4 = 8$$

$$R_{VB} = 2 \text{ t } (\uparrow)$$

$$\sum H = 0$$

$$R_{HS} = 0$$

Balok A- S (Balok Induk)

$$\sum V = 0$$

$$R_{VA} - 6 \cdot \sin 60^\circ - 1 \cdot 2 - R_{VS} = 0$$

$$R_{VA} - 5,196 - 2 - 2 = 0$$

$$R_{VA} = 9,196 \text{ t } (\uparrow)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$6 \cdot \sin 60^\circ \cdot 2 + 1 \cdot 2 \cdot 6 + R_{VS} \cdot 7 - M_A = 0$$

$$10,392 + 12 + 14 - M_A = 0$$

$$M_A = 36,392 \text{ tm } (\curvearrowright)$$

$$\sum H = 0$$

$$3 - R_{HA} = 0$$

$$R_{HA} = 3 \text{ t } (\leftarrow)$$

Kontrol:

$$\sum V = 0$$

$$R_{VA} + R_{VB} - P \cdot \sin 60^\circ - 1 \cdot 6 = 0$$

$$9,196 + 2 - 6 \cdot \sin 60^\circ - 6 = 0$$

$$0 = 0 \quad (\text{OK!})$$

2. Menghitung Bidang Momen (M)

Interval A-C ($0 \leq x \leq 2$)

$$M_A = -M_A = -36,392 \text{ tm}$$

$$M_C = -M_A + R_{VA} \cdot 2 = -36,392 + 9,196 \cdot 2 = -18 \text{ tm}$$

Interval C-D ($2 \leq x \leq 5$)

$$M_C = -M_A + R_{VA} \cdot 2 = -36,392 + 9,196 \cdot 2 = -18 \text{ tm}$$

$$M_D = -M_A + R_{VA} \cdot 5 - 6 \cdot \sin 60^\circ \cdot 3$$

$$= -36,392 + 9,196 \cdot 5 - 5,196 \cdot 3 = -6 \text{ tm}$$

Interval B-D ($0 \leq x \leq 6$) \rightarrow dikerjakan dari kanan ke kiri

$$M_x = -(-R_{VB} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot x^2)$$

$$= 2 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot x^2$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$2 - x = 0$$

$$x = 2 \text{ m dari titik B (Mungkin)}$$

$$x = 0 \rightarrow M_B = 0 \text{ tm}$$

$$x = 2 \rightarrow M_{\max} = 2 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 2^2 = 2 \text{ tm}$$

$$x = 4 \rightarrow M_S = 2 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 4^2 = 0 \text{ tm}$$

$$x = 6 \rightarrow M_D = 2 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 6^2 = -6 \text{ tm}$$

3. Menghitung Bidang Lintang (D)

$$D_{A \text{ ki}} = 0$$

$$D_{A \text{ ka}} = R_{VA} = 9,196 \text{ t}$$

$$D_{C \text{ ki}} = 9,196 \text{ t}$$

$$D_{C \text{ ka}} = 9,196 - 6 \cdot \sin 60^\circ = 4 \text{ t}$$

$$D_{D \text{ ki}} = D_{D \text{ ka}} = 4 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ki}} = 4 - 1 \cdot 6 = -2 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ka}} = -2 + R_{VB} = -2 + 2 = 0 \text{ t}$$

4. Menghitung Bidang Normal (N)

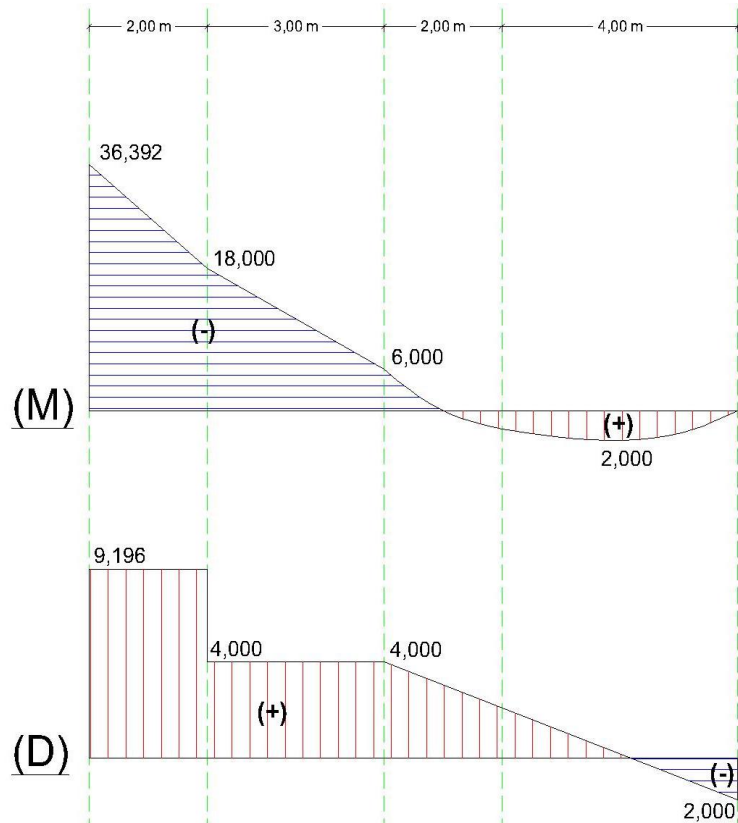
$$N_{A \text{ ki}} = 0$$

$$N_{A \text{ ka}} = R_{HA} = 3 \text{ t}$$

$$N_{C \text{ ki}} = 3 \text{ t}$$

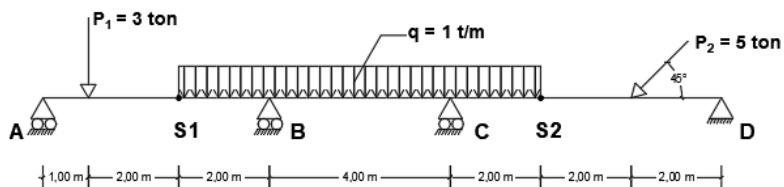
$$N_{C \text{ ka}} = 3 - 6 \cdot \cos 60^\circ = 0 \text{ t}$$

5. Gambar Bidang M, D, N



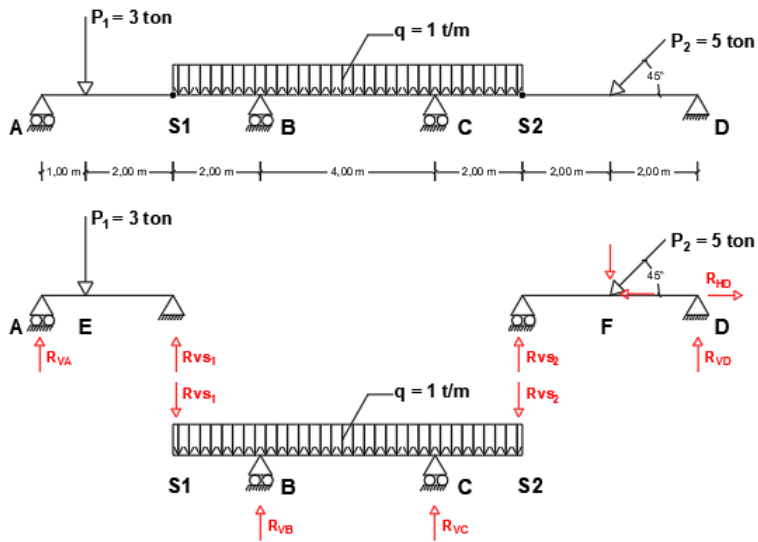
E. Analisis Balok Gerber dengan Dua Sendi

Diketahui sebuah balok sederhana dengan beban kombinasi (terpusat dan merata) seperti pada gambar di bawah ini. Tentukan besar reaksi tumpuan serta hitung dan gambar bidang momen (M), lintang (D), dan Normal (N)!



Penyelesaian:

1. Menghitung Reaksi Tumpuan



Balok A-S₁ (Balok Anak)

$$\begin{aligned} \sum M_{S_1} &= 0 \\ R_{VA} \cdot 3 - 3 \cdot 2 &= 0 \\ R_{VA} \cdot 3 &= 6 \\ R_{VA} &= 2 \text{ t } (\uparrow) \\ \sum M_A &= 0 \\ -R_{VS_1} \cdot 3 + 3 \cdot 1 &= 0 \\ R_{VS_1} \cdot 3 &= 3 \\ R_{VS_1} &= 1 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum H &= 0 \\ R_{HS_1} &= 0 \end{aligned}$$

Balok S₂-D (Balok Anak)

$$\begin{aligned} \sum M_D &= 0 \\ R_{VS_2} \cdot 4 - 5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 2 &= 0 \\ R_{VS_2} \cdot 4 &= 7,072 \\ R_{VS_2} &= 1,768 \text{ t } (\uparrow) \end{aligned}$$

$$\sum M_{S_2} = 0$$

$$-R_{VD} \cdot 4 + 5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 2 = 0$$

$$R_{VD} \cdot 4 = 7,072$$

$$R_{VD} = 1,768 \text{ t } (\uparrow)$$

$$\sum H = 0$$

$$R_{HD} - 5 \cdot \cos 45^\circ = 0$$

$$R_{HD} = 3,536 \text{ t } (\rightarrow)$$

Balok S₂-B-C-S₁ (Balok Induk)

$$\sum M_C = 0$$

$$R_{VB} \cdot 4 - R_{VS1} \cdot 6 - 1 \cdot 8 \cdot 2 + R_{VS2} \cdot 2 = 0$$

$$R_{VB} \cdot 4 - 1 \cdot 6 - 16 + 1,768 \cdot 2 = 0$$

$$4 R_{VB} = 18,464$$

$$R_{VB} = 4,616 \text{ t } (\uparrow)$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_{VC} \cdot 4 - R_{VS1} \cdot 2 + 1 \cdot 8 \cdot 2 + R_{VS2} \cdot 6 = 0$$

$$-R_{VC} \cdot 4 - 1 \cdot 2 + 16 + 1,768 \cdot 6 = 0$$

$$4 R_{VC} = 24,608$$

$$R_{VC} = 6,152 \text{ t } (\uparrow)$$

Kontrol:

$$\sum V = 0$$

$$R_{VA} + R_{VB} + R_{VC} + R_{VD} - 1 \cdot 8 - 3 - 5 \cdot \sin 45^\circ = 0$$

$$2 + 4,616 + 6,152 + 1,768 - 8 - 3 - 3,536 = 0$$

$$0 = 0 \text{ (OK!)}$$

2. Menghitung Bidang Momen (M)

Interval A-E (0 ≤ x ≤ 1)

$$M_A = 0$$

$$M_E = R_{VA} \cdot 1 = 2 \text{ tm}$$

Interval E-S₁ (1 ≤ x ≤ 3)

$$M_E = R_{VA} \cdot 1 = 2 \text{ tm}$$

$$M_{S_1} = R_{VA} \cdot 3 - 3 \cdot 2 = 6 - 6 = 0 \text{ tm}$$

Interval S₁-B (0 ≤ x ≤ 2)

$$\begin{aligned} M_x &= R_{VA} \cdot (3+x) - 3 \cdot (2+x) - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot x^2 \\ &= 2 \cdot (3+x) - 3 \cdot (2+x) - \frac{1}{2} x^2 \end{aligned}$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$2 - 3 - x = 0$$

$$x = -1 \text{ m dari titik } S_1 \text{ (**Tidak Mungkin**)}$$

$$x = 0 \rightarrow M_{S_1} = 2 \cdot (3+0) - 3 \cdot (2+0) - \frac{1}{2} \cdot 0^2 = 0 \text{ tm}$$

$$x = 2 \rightarrow M_B = 2 \cdot (3+2) - 3 \cdot (2+2) - \frac{1}{2} \cdot 2^2 = -4 \text{ tm}$$

Interval B-C (2 ≤ x ≤ 6)

$$\begin{aligned} M_x &= R_{VA} \cdot (3+x) - 3 \cdot (2+x) - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot x^2 + R_{VB} \cdot (x - 2) \\ &= 2 \cdot (3+x) - 3 \cdot (2+x) - \frac{1}{2} x^2 + 4,616 \cdot (x - 2) \end{aligned}$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$2 - 3 - x + 4,616 = 0$$

$$x = 3,616 \text{ m dari titik } S_1 \text{ (**Mungkin**)}$$

$$\begin{aligned} x = 2 \rightarrow M_B &= 2 \cdot (3+2) - 3 \cdot (2+2) - \frac{1}{2} \cdot 2^2 + 4,616 \cdot (2 - 2) \\ &= -4 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x = 3,616 \rightarrow M_{\max} &= 2 \cdot (3+3,616) - 3 \cdot (2+3,616) - \frac{1}{2} \cdot 3,616^2 \\ &\quad + 4,616 \cdot (3,616 - 2) = -2,694 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x = 6 \rightarrow M_C &= 2 \cdot (3+6) - 3 \cdot (2+6) - \frac{1}{2} \cdot 6^2 + 4,616 \cdot (6 - 2) \\ &= -5,536 \text{ tm} \end{aligned}$$

Interval D-F (0 ≤ x ≤ 2) → dari kanan ke kiri

$$M_D = 0$$

$$M_F = -(-R_{VD} \cdot 2) = 1,768 \cdot 2 = 3,536 \text{ tm}$$

Interval F-S₂ (2 ≤ x ≤ 4) → dari kanan ke kiri

$$M_F = -(-R_{VD} \cdot 2) = 1,768 \cdot 2 = 3,536 \text{ tm}$$

$$M_{S_2} = -(-R_{VD} \cdot 4 + 5 \cdot \sin 45^\circ \cdot 2) = 1,768 \cdot 4 - 3,536 \cdot 2 = 0$$

Interval S₂-C (0 ≤ x ≤ 2) → dari kanan ke kiri

$$\begin{aligned} M_x &= -(-R_{VD} \cdot (4+x) + 5 \cdot \sin 45^\circ \cdot (2+x) + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot x^2) \\ &= 1,768 \cdot (4+x) - 3,536 \cdot (2+x) - \frac{1}{2} x^2 \end{aligned}$$

Syarat letak Mmax: (turunan pertama $M_x = 0$)

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$1,768 - 3,536 - x = 0$$

$$x = -1,768 \text{ m dari titik } S_2 \text{ (Tidak Mungkin)}$$

$$x = 0 \rightarrow M_{S_2} = 1,768 \cdot (4+0) - 3,536 \cdot (2+0) - \frac{1}{2} 0^2 = 0 \text{ tm}$$

$$\begin{aligned} x = 2 \rightarrow M_C &= 1,768 \cdot (4+2) - 3,536 \cdot (2+2) - \frac{1}{2} 2^2 \\ &= -5,536 \text{ tm} \end{aligned}$$

3. Menghitung Bidang Lintang (D)

$$D_{A \text{ ki}} = 0$$

$$D_{A \text{ ka}} = R_{VA} = 2 \text{ t}$$

$$D_{E \text{ ki}} = 2 \text{ t}$$

$$D_{E \text{ ka}} = 2 - 3 = -1 \text{ t}$$

$$D_{S_1 \text{ ki}} = D_{S_1 \text{ ka}} = -1 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ki}} = -1 - 1 \cdot 2 = -3 \text{ t}$$

$$D_{B \text{ ka}} = -3 + R_{VB} = 1,616 \text{ t}$$

$$D_{C \text{ ki}} = 1,616 - 1 \cdot 4 = -2,384 \text{ t}$$

$$D_{C \text{ ka}} = -2,384 + R_{VC} = 3,768 \text{ t}$$

$$D_{S_2 \text{ ki}} = D_{S_2 \text{ ka}} = 3,768 - 1 \cdot 2 = 1,768 \text{ t}$$

$$D_{F \text{ ki}} = 1,768 \text{ t}$$

$$D_{F \text{ ka}} = 1,768 - 5 \cdot \sin 45^\circ = -1,768 \text{ t}$$

$$D_{D \text{ ki}} = -1,768 \text{ t}$$

$$D_{D \text{ ka}} = -1,768 + R_{VD} = 0 \text{ t}$$

4. Menghitung Bidang Normal (N)

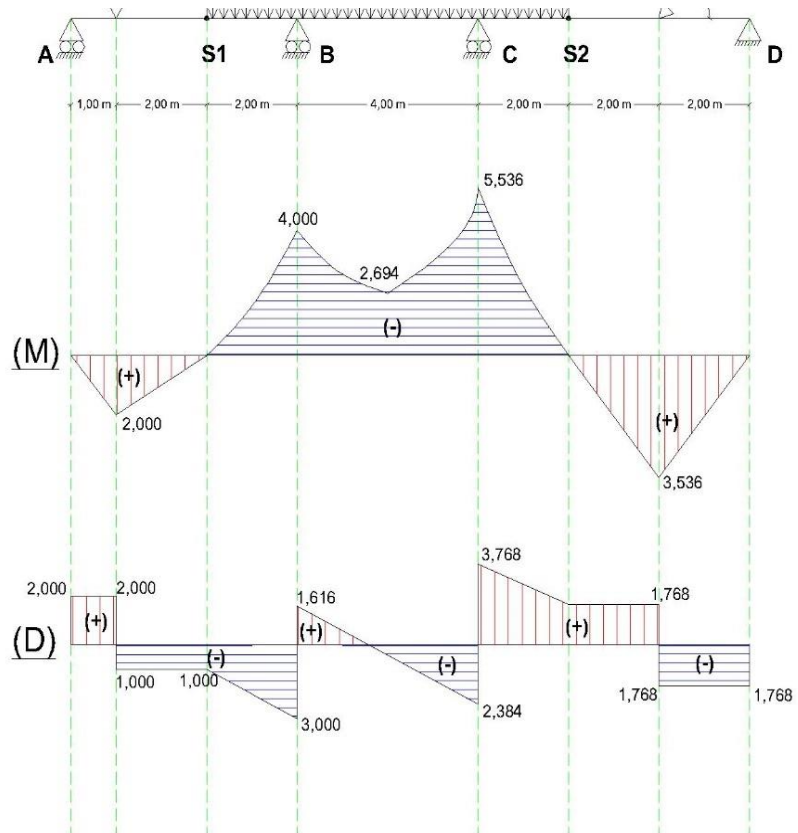
$$N_{A \text{ ki s/d } N_{F \text{ ki}}} = 0$$

$$N_{F \text{ ka}} = 5 \cdot \cos 45^\circ = 3,536 \text{ t}$$

$$N_{D \text{ ki}} = 3,536 \text{ t}$$

$$N_{D \text{ ka}} = 3,536 - R_{HD} = 0$$

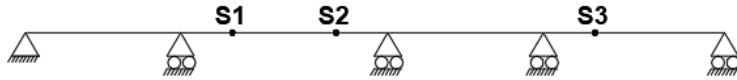
5. Gambar Bidang M, D, N



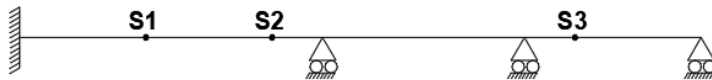
F. Latihan Soal

1. Pisahkan balok gerber di bawah ini menjadi balok anak dan balok induknya!

a.

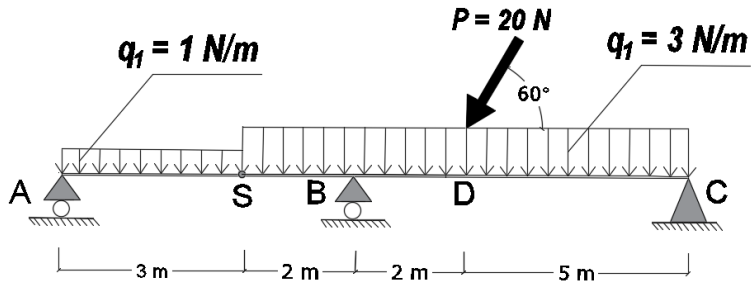


b.

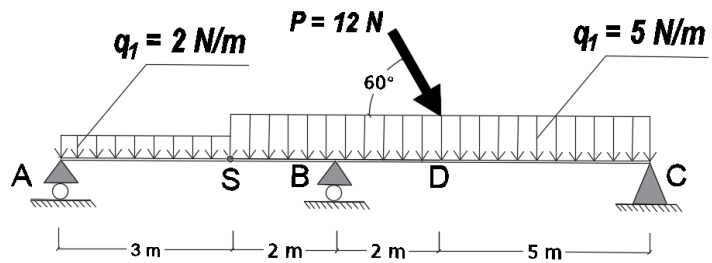


2. Hitung dan Gambarkan Bidang Momen (M), Bidang Lintang (D), dan Bidang Normal (N)!

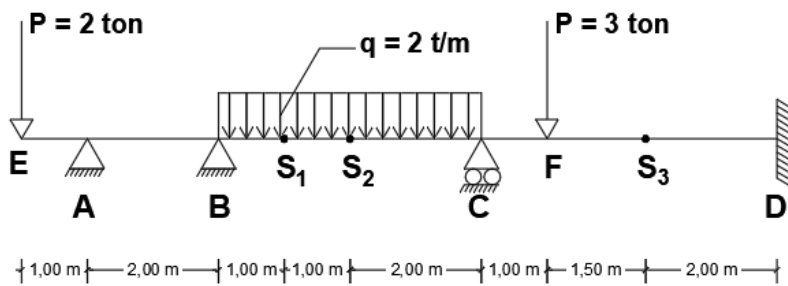
a.



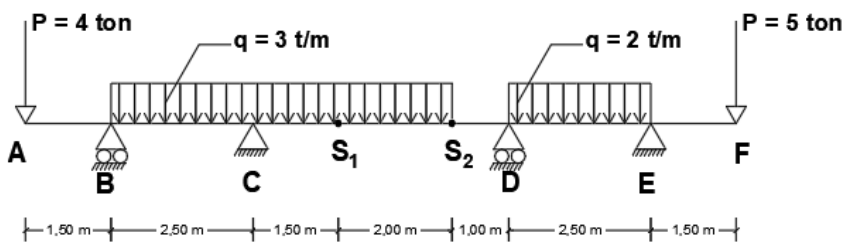
b.



c.



d.



BAB II

BALOK MIRING

A. Pengertian Balok Miring

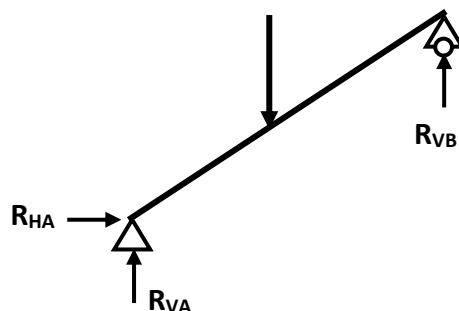
Balok miring merupakan suatu balok yang posisinya membentuk sudut dengan bidang datar. Penerapan balok miring pada kehidupan nyata adalah pada balok tangga, balok atap, dan sebagainya.

B. Tipe Tumpuan pada Balok Miring

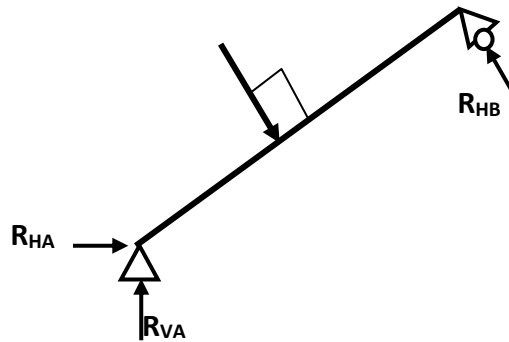
Sumbu balok miring tidak lagi searah dengan sumbu koordinat x , maka diperlukan perhatian khusus dalam menganalisis balok miring ini. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Arah gaya yang bekerja pada balok
Gaya-gaya yang bekerja pada balok miring bisa berupa gaya yang bekerja secara vertikal, tegak lurus sumbu batang atau horizontal.
2. Arah tumpuan
Sama seperti arah gaya, arah tumpuan juga dapat bermacam-macam, arah tumpuan vertikal, horizontal atau tegak lurus sumbu batang.

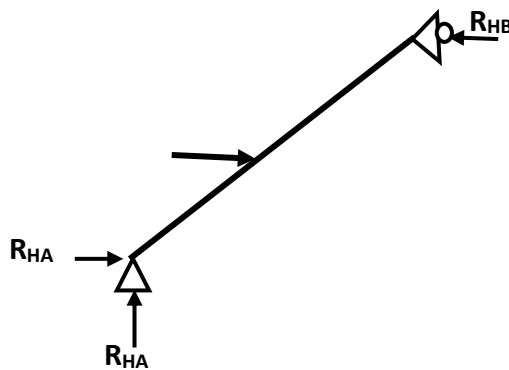
Gambar-gambar di bawah ini akan menunjukkan arah gaya dan arah tumpuan yang bisa terjadi pada balok miring.



Gambar 4. Arah Gaya dan Tumpuan Tegak Lurus Sumbu x



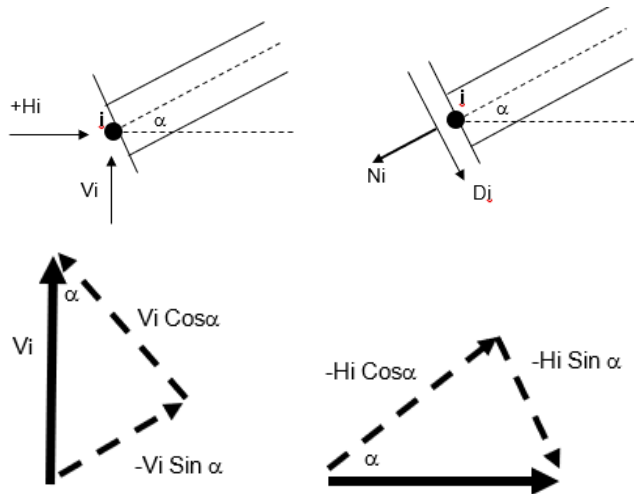
Gambar 5. Arah Gaya dan Tumpuan di Titik B Tegak Lurus Balok Miring



Gambar 6. Arah Gaya dan Tumpuan di Titik B Sejajar Sumbu x

C. Analisis pada Balok Miring

Pada prinsipnya, untuk menghasilkan gaya lintang, maka gaya yang diperhitungkan adalah gaya-gaya yang tegak lurus terhadap balok miring. Sedangkan untuk gaya normal, gaya yang diperhitungkan adalah gaya-gaya yang sejajar terhadap balok miring. Penguraian gaya dan persamaan yang digunakan untuk menghitung Bidang Lintang dan Bidang Normal ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 7. Penguraian Gaya Lintang dan Gaya Normal

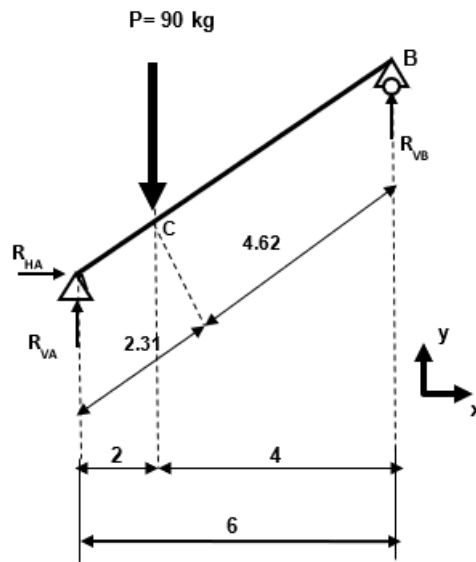
Berdasarkan gambar di atas, maka didapatkan persamaan untuk Gaya Lintang dan Gaya Normal sebagai berikut:

$$\text{Gaya Lintang : } \mathbf{D_i = V_i \cdot \cos \alpha - H_i \cdot \sin \alpha}$$

$$\text{Gaya Normal : } \mathbf{N_i = -V_i \cdot \sin \alpha - H_i \cdot \cos \alpha}$$

Contoh Soal 1

Diketahui sebuah balok miring dengan arah tumpuan tegak lurus sumbu x diberi beban seperti pada gambar di bawah ini. Tentukan besar reaksi tumpuan serta hitung dan gambar bidang momen (M), lintang (D), dan Normal (N)! (satuan panjang dalam meter)



Penyelesaian:

1. Menghitung Reaksi Tumpuan

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ -R_{VB} \cdot 6 + P \cdot 2 &= 0 \\ -R_{VB} \cdot 6 + 90 \cdot 2 &= 0 \\ 6 R_{VB} &= 180 \\ R_{VB} &= 30 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ R_{VA} \cdot 6 - P \cdot 4 &= 0 \\ R_{VA} \cdot 6 - 90 \cdot 4 &= 0 \\ 6 R_{VA} &= 360 \\ R_{VA} &= 60 \text{ kg } (\uparrow) \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ R_{VA} + R_{VB} - P &= 0 \\ 60 + 30 - 90 &= 0 \\ 0 &= 0 \quad (\text{OK!}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum H &= 0 \\ R_{HA} &= 0 \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan. 2002. Analisis Struktur. Erlangga, Jakarta.
- Heinz Frick. 2006. Mekanika Teknik I. Bandung: Penerbit Kanisius.
- Gere, James M. Timoshenko. 2000. Mekanika Bahan Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gunawan T.,Margaret, 1985. Teori,Soal dan Penyelesaian Mekanika Teknik I. Jakarta: Delta Teknik Group.
- Soemono. 1978. Statika 1. Bandung: Penerbit Institute Teknologi Bandung.
- Suwarno Wiryomartono. 1977. Mekanika Teknik Bagian I: Konstruksi Statis Tertentu. Jilid II Cetakan VI Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Wulfram, I.Ervianto. 2004. Analisis Struktur Statis Tertentu. Yogyakarta: Andi.

GLOSARIUM

Struktur Statis Tertentu	: suatu struktur/konstruksi yang bisa diselesaikan dengan menggunakan persamaan kesetimbangan
Gaya Dalam	: gaya-gaya yang bekerja di dalam konstruksi akibat adanya gaya luar
Momen	: besaran yang bekerja memutar konstruksi tersebut (gaya x jarak)
Gaya Lintang	: besaran gaya dalam yang vertikal (\perp terhadap sumbu penampang balok)
Gaya Normal	: besaran gaya dalam yang horizontal ($//$ terhadap sumbu penampang balok)
Balok Gerber	: menyederhanakan (memecah) balok menerus tersebut dalam beberapa balok sederhana dengan menambahkan sendi (engsel) pada bagian tertentu di balok menerus
Balok Miring	: balok-balok yang tidak horizontal, seperti rangka atap rumah balok yang terpasang
Portal	: Struktur yang terdiri dari balok dan kolom yang tersambung secara kaku
Gaya Aksial	: gaya yang bekerja searah dengan sumbu batang
Gaya Geser	: gaya yang memiliki arah tegak lurus dengan panjang batang
Modulus Elastisitas	: perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami suatu benda
Regangan	: perubahan panjang pada suatu struktur akibat bekerjanya gaya aksial
Tegangan Aksial	: tegangan yang diakibatkan oleh beban atau gaya yang bekerja
Tegangan Geser	: tegangan yang timbul akibat adanya gaya geser atau gaya lintang searah dengan sumbu batang
Tegangan Lentur	: tegangan yang terjadi apabila suatu balok memikul beban dan mengalami lenturan pada balok tersebut
Tumpuan	: tempat bertumpunya suatu konstruksi dan tempat bekerjanya reaksi

INDEKS

B

Balok Gerber 1
Balok Miring 22

G

Gaya Aksial 38, 51
Gaya Geser 1, 38, 52

L

Lentur Murni 61

M

Modulus Elastisitas 55

P

Portal 38

R

Regangan 51

T

Tegangan 51
Tegangan Aksial 51
Tegangan Geser pada Balok
75
Tegangan Geser pada Alat
Sambung 78
Tegangan Lentur 64