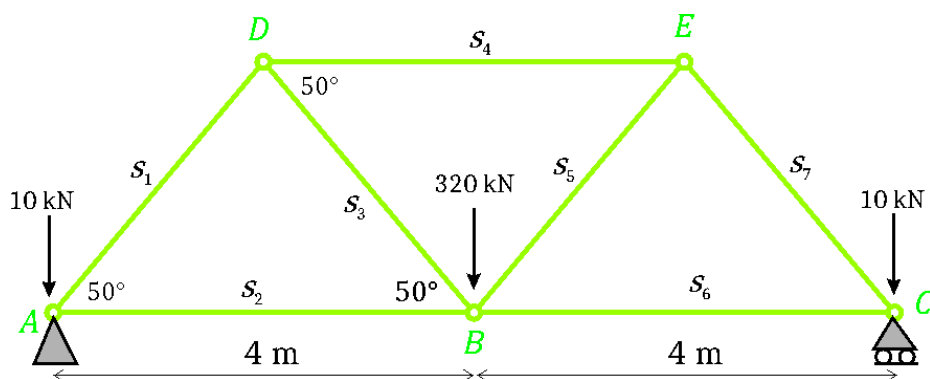


Gambar kiri atas, menunjukkan struktur rangka batang yang labil. Struktur akan roboh jika titik D mendapatkan gaya ke samping. Sementara itu struktur yang stabil ditunjukkan oleh gambar atas kanan. Jika titik S mendapatkan gaya ke samping, maka akan tertahan oleh batang SQ dan PS . Struktur rangka batang akan stabil jika dipenuhi $S = 2K - 3$ dengan S dan K berturut-turut menyatakan banyak batang dan banyak poros.

Jika rangka batang sudah stabil, maka dapat dilakukan perhitungan gaya pada tiap batang. Salah satunya adalah metode titik buhul. Metode ini dilakukan dengan menguraikan gaya yang bekerja pada setiap buhul (poros) ke arah vertikal dan horisontal. Dengan diperolehnya gaya yang bekerja pada setiap batang, maka kita bisa menentukan ukuran kekuatan batang yang sesuai agar mampu menahan beban yang diberikan.

Contoh.

Rangka batang seperti gambar di bawah dibebani gaya di titik A , B , dan C . Tentukan gaya yang diterima oleh masing-masing batang.



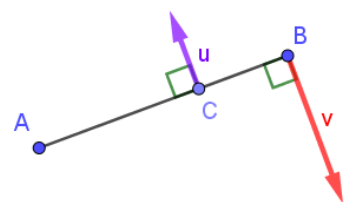
Uji kestabilan, $S = 7, K = 5$, sehingga $2K - 3 = 2 \cdot 5 - 3 = 7 = S$. Karena dipenuhi $S = 2K - 3$, maka rangka stabil.

Misal gaya yang bekerja pada tiap batang berturut-turut $s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6$, dan s_7 sedangkan Gaya beban yang diterima di titik A , C sebesar 10 kN (berat struktur) dan C sebesar 320 kN (muatan). Hitung gaya reaksi ke atas di titik A dan C menggunakan **momen gaya** atau torsi. Putaran berlawanan arah jarum jam ditandai sebagai arah positif.

Sebagai ilustrasi, batang AB dengan poros A mendapatkan gaya tegak lurus AB di B sebesar v dan di C sebesar u . Maka titik A mendapatkan jumlah gaya putar sebesar

$$\Sigma M_A = AC \cdot u - AB \cdot v$$

Batang AB tidak berputar (diam) jika jumlah semua momen gaya yang bekerja di A bernilai 0, atau $\Sigma M_A = 0$.



Anggap C sebagai poros, maka arah perputaran struktur berlawanan dengan arah jarum jam.

Karena struktur tetap diam, maka $\Sigma M_A = 0$. Misalkan R_A merupakan reaksi di titik A yang melawan gerak memutar.

$$AC \cdot R_A - AC \cdot 10 - BC \cdot 320 = 0 \rightarrow R_A = \frac{8 \cdot 10 + 4 \cdot 320}{8} \rightarrow R_A = 170$$

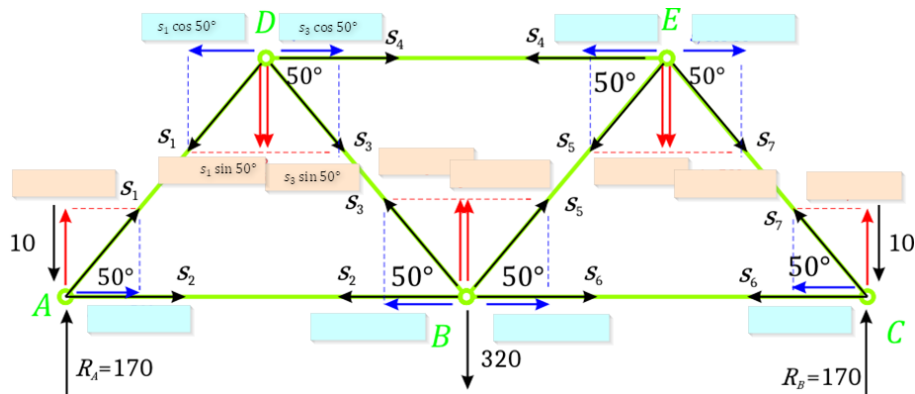
Anggap A sebagai poros, bayangkan di C tidak ada penopang, maka kecenderungan struktur akan berputar searah jarum jam.

Misalkan R_C merupakan gaya reaksi di titik C untuk melawan gerak memutar oleh gaya vertikal di B dan A. Karena struktur tidak bergerak, maka $\Sigma M_C = 0$. Lengkapi persamaan berikut.

$$= 0 \rightarrow R_C = \text{—————} \rightarrow R_C =$$

Selanjutnya, uraikan vektor gaya yang bekerja pada masing-masing titik buhul dalam arah vertikal dan horisontal. Gaya arah ke atas dan kanan bertanda positif, arah turun dan ke kiri bertanda negatif. Vektor arah vertikal ke atas dan horisontal kanan ditandai positif. Vertikal turun dan horisontal kiri ditandai negatif.

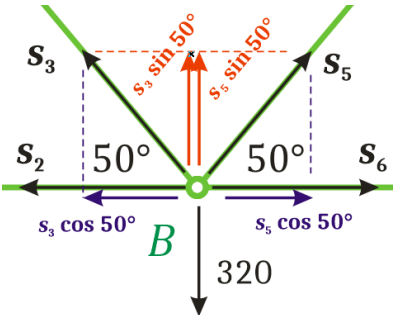
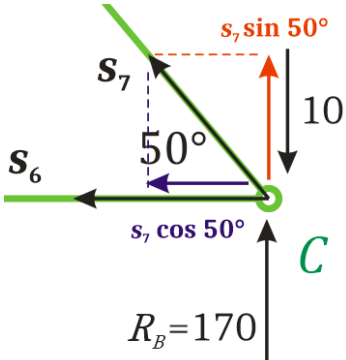
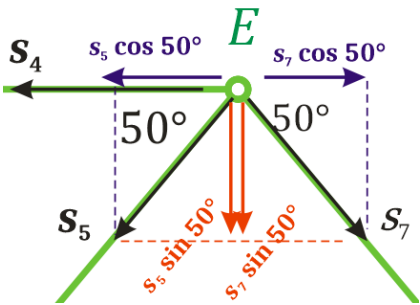
Sebagai contoh, di titik D arah **kanan** bekerja gaya S_4 , proyeksi s_3 ke arah horisontal sebesar $s_3 \cos 50^\circ$. Ke arah kiri bekerja proyeksi s_1 dalam arah horisontal $s_1 \cos 50^\circ$. Dalam **arah vertikal** bekerja gaya ke bawah, proyeksi s_1 dan s_3 ke arah vertikal, yaitu $s_1 \sin 50^\circ$ dan $s_3 \sin 50^\circ$.



Karena struktur diam, maka jumlah gaya yang bekerja pada tiap titik bernilai nol.

Selanjutnya, lengkapi tabel berikut untuk mendapatkan sejumlah persamaan linear untuk semua titik pada struktur. Baris pertama (titik D) merupakan contoh proses mendapatkannya.

<p>Titik D</p>	<p>Arah vertikal, syarat: $\Sigma V_D = 0$</p> $-s_1 \sin 50^\circ - s_3 \sin 50^\circ = 0 \quad (7)$ <p>Arah horisontal, syarat: $\Sigma H_D = 0$</p> $-s_1 \cos 50^\circ + s_3 \cos 50^\circ + s_4 = 0 \quad (8)$
<p>Titik A</p>	<p>Arah vertikal, syarat kesetimbangan: $\Sigma V_A = 0$</p> (1) <p>Arah horisontal, syarat kesetimbangan: $\Sigma H_A = 0$</p> (2)

<p>Titik B</p> 	<p>Arah vertikal, syarat kesetimbangan: $\Sigma V_B = 0$</p> <p style="text-align: right;">(3)</p> <p>Arah horizontal, syarat kesetimbangan: $\Sigma H_B = 0$</p> <p style="text-align: right;">(4)</p>
<p>Titik C</p> 	<p>Arah vertikal, syarat: $\Sigma V_C = 0$</p> <p style="text-align: right;">(5)</p> <p>Arah horizontal, syarat: $\Sigma H_C = 0$</p> <p style="text-align: right;">(6)</p>
<p>Titik E</p> 	<p>Arah vertikal, syarat: $\Sigma V_E = 0$</p> <p style="text-align: right;">(9)</p> <p>Arah horizontal, syarat: $\Sigma H_E = 0$</p> <p style="text-align: right;">(10)</p>

Dari 4 titik, telah termuat 7 variabel s_1, s_2, \dots, s_7 dan terbentuk 10 persamaan. Dari 10 persamaan di atas, ambil 7 persamaan.

=
=
=
=
=
=
=

Dalam bentuk matriks dapat dituliskan sebagai

$$\begin{pmatrix} \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \square \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix}$$

Gunakan bantuan spreadsheet untuk menentukan nilai numerik (3 angka di belakang koma).

$$\begin{pmatrix} \square & \square & \square & \square & \square & \square & \square \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \square \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix}$$

Misalkan matriks di atas dinyatakan sebagai $AX = B$

Maka $X = A^{-1}B$.

Hitung matriks X menggunakan bantuan aplikasi spreadsheet.

Diperoleh

$$\begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \\ s_6 \\ s_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \square \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \\ \dots \end{pmatrix}$$

Representasi matriks di atas terhadap gaya-gaya yang bekerja pada batang tampak seperti gambar berikut. Gaya negatif menunjukkan bahwa batang tersebut mengalami gaya tekan, sedangkan gaya positif menunjukkan gaya tarik.

