

# BAB I

## STRUKTUR STATIS TAK TENTU

### A. Keseimbangan Statis (*Static Equilibrium*)

Salah satu tujuan dari analisis struktur adalah mengetahui berbagai macam reaksi yang timbul pada tumpuan dan berbagai gaya dalam (*internal force*) berupa momen lentur, gaya lintang, gaya normal, dan momen torsi yang terjadi di setiap titik pada struktur tersebut, akibat gaya-gaya luar yang bekerja.

Solusi yang benar dari reaksi tumpuan dan gaya-gaya dalam tersebut haruslah memenuhi kondisi-kondisi keseimbangan statis (*static equilibrium*), baik pada tinjauan struktur secara keseluruhan, maupun pada setiap bagian (elemen) dari struktur yang dikenal sebagai *free body*.

Sebuah struktur dikatakan dalam kondisi setimbang (*equilibrium*) jika resultan dari semua gaya eksternal yang bekerja pada benda tersebut sama dengan nol. Secara umum kondisi keseimbangan statis tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

1. Untuk struktur 2-dimensi terdapat 3 persamaan keseimbangan yaitu :

2 (dua) keseimbangan Gaya :  $\Sigma F_x = 0$  ;  $\Sigma F_y = 0$  , dan

1 (satu) keseimbangan Momen :  $\Sigma M = 0$

2. Untuk struktur 3-dimensi terdapat 6 persamaan keseimbangan yaitu :

3 (tiga) keseimbangan Gaya :  $\Sigma F_x = 0$  ;  $\Sigma F_y = 0$  ;  $\Sigma F_z = 0$ , dan

3 (tiga) keseimbangan Momen :  $\Sigma M_x = 0$  ;  $\Sigma M_y = 0$  ;  $\Sigma M_z = 0$

Dimana :

$\Sigma F_x$  menyatakan jumlah gaya-gaya searah sumbu x

$\Sigma F_y$  menyatakan jumlah gaya-gaya searah sumbu y

$\Sigma F_z$  menyatakan jumlah gaya-gaya searah sumbu z

$\Sigma M_x$  menyatakan jumlah gaya-gaya dikalikan jarak terhadap titik x

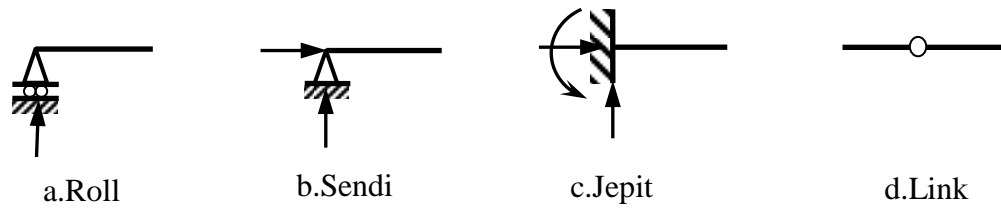
$\Sigma M_y$  menyatakan jumlah gaya-gaya dikalikan jarak terhadap titik y

$\Sigma M_z$  menyatakan jumlah gaya-gaya dikalikan jarak terhadap titik z

### B. Jenis dan Fungsi Tumpuan.

Fungsi utama tumpuan adalah untuk menjaga agar struktur dapat berdiri dengan stabil. Terdapat 3 (tiga) jenis tumpuan utama, yaitu : roll, sendi, dan jepit, serta 1 (satu)

tumpuan yang bersifat sebagai penghubung, yaitu : link, sebagaimana digambarkan pada gambar 1.1.



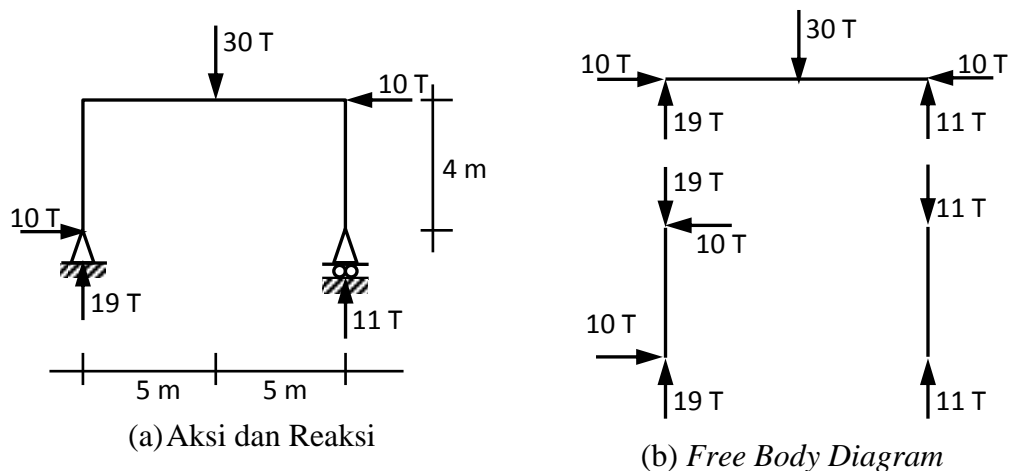
Gambar 1.1. Beberapa Jenis Tumpuan dan Reaksinya

Fungsi dari masing-masing tumpuan tersebut, sebagai berikut :

1. Roll, berfungsi sebagai penahan gaya vetikal, dengan kata lain bahwa roll mempunyai satu variabel reaksi tumpuan yang tidak diketahui.
2. Sendi, berfungsi sebagai penahan gaya vetikal dan horisontal, dengan kata lain bahwa sendi mempunyai dua variabel reaksi tumpuan yang tidakdiketahui.
3. Jepit, berfungsi sebagai penahan gaya vetikal, horisontal dan momen, dengan kata lain jepit mempunyai tiga variabel reaksi tumpuan yang tidakdiketahui.
4. Link, berfungsi sebagai penerus gaya.

**C. Diagram Batang Bebas (*Free Body Diagram*)**

Diagram batang bebas (*free body diagram*) disingkat FBD, merupakan sketsa dari suatu batang yang dipisahkan dari tumpuannya dan/atau dari elemen-elemen benda lainnya. Dalam FBD, semua gaya eksternal yang bekerja harus digambarkan dengan jelas dan lengkap. Sebagai contoh struktur portal yang telah dihitung reaksinya seperti gambar 1.2a, kemudian digambarkan FBD seperti pada gambar 1.2b.



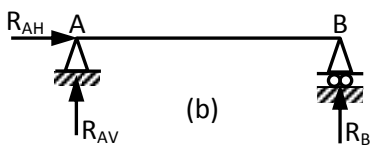
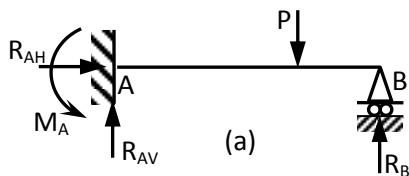
Gambar 1.2. Struktur Portal Statis Tertentu

Menggambarkan/menyusun sebuah FBD yang tepat dan benar, merupakan langkah awal yang sangat penting dalam menyelesaikan persoalan analisis struktur. Penyelesaian persoalan statika sangat bergantung pada ketepatan dalam menggambar/menyusun FBD. Kecerobohan dalam menggambar/menyusun FBD akan mengakibatkan kesalahan fatal dalam menyelesaikan persamaan-persamaan kesetimbangan.

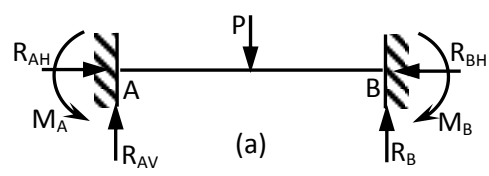
#### D. Derajat Ketidak-tentuan Statis

Agar struktur statis tak tentu dapat diselesaikan maka harus dirubah dalam bentuk statis tertentu, dengan tujuan agar dapat diselesaikan hanya dengan persamaan kesetimbangan. Akibat perubahan tersebut maka terdapat gaya-gaya kelebihan (*redundants*), yang merupakan derajat ketidak-tentuan statis (*static indeterminacy*) dari struktur tersebut.

Sebagai contoh, struktur statis tak tentu pada gambar 1.2a, jika dirubah dalam bentuk statis tertentu seperti pada gambar 1.2b, maka terdapat 1 derajat ketidak tentuan kinematis, yaitu berupa momen di A. Contoh lain, struktur statis tak tentu pada gambar 1.3a, jika dirubah dalam bentuk statis tertentu seperti pada gambar 1.3b, maka terdapat 3 derajat ketidak tentuan kinematis, yaitu berupa 2 momen dan 1 reaksi horisontal di B.



Gambar 1.2. Balok Jepit-Roll





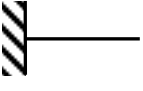
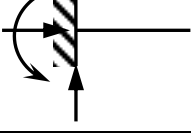
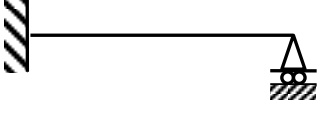
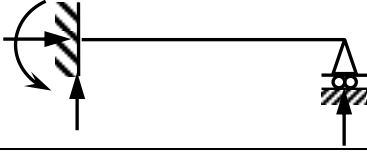





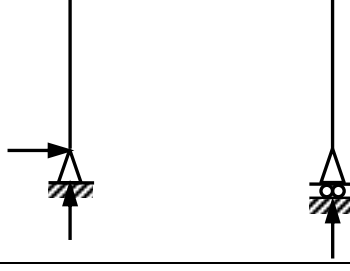
Gambar 1.3. Balok Jepit-Jepit

#### E. Pengenalan Struktur Statis Tak Tentu

Suatu struktur bersifat statis tak tentu apabila jumlah komponen reaksi perletakannya melebihi persamaan keseimbangan statisnya, sebaliknya struktur bersifat statis tertentu apabila jumlah komponen reaksi perletakannya lebih kecil atau sama dengan persamaan keseimbangan statisnya. Sebagai contoh misalnya struktur balok yang ditumpu oleh sendi dan roll di kedua ujungnya, maka terdapat 3 reaksi, yaitu dua reaksi

pada tumpuan sendi dan satu reaksi pada tumpuan roll, sehingga struktur tersebut dapat diklasifikasikan menjadi struktur statis tertentu, karena jumlah reaksi sama dengan jumlah persamaan kesetimbangan. Contoh struktur dengan kondisi yang lain dijelaskan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Contoh Klasifikasi Struktur

Gambar Struktur	Komponen Reaksi Tumpuan	Klasifikasi Struktur
		Jumlah Reaksi = 3 Statis Tertentu : Stabil
		Jumlah Reaksi = 3 Statis Tertentu : Stabil
		Jumlah Reaksi = 4 Statis Tak Tentu : Stabil
		Jumlah Reaksi = 5 Statis Tak Tentu : Stabil
		Jumlah Reaksi = 3 Statis Tertentu : Tidak Stabil
		Jumlah Reaksi = 3 Statis Tertentu : Stabil

Berdasarkan contoh-contoh dalam Tabel 1.1, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Jika jumlah reaksi  $> 3$ , maka termasuk struktur statis tak tentu eksternal
2. Jika jumlah reaksi = 3, maka termasuk struktur statis tertentu eksternal
3. Jika jumlah reaksi  $< 3$ , maka termasuk struktur tidak stabil eksternal

Dalam bentuk formula, struktur bersifat statis tak tentu apabila :

$$3j < 3m + r$$

dengan derajat ketidak-tentuan statisnya :

$$i = (3m + r) - 3j$$

dimana :

m = jumlah batang struktur tidak termasuk batang overstek

j = jumlah titik kumpul pada struktur

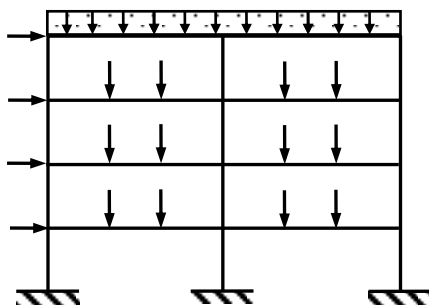
r = jumlah komponen reaksi perletakan

i = derajat ketidak-tentuan statis

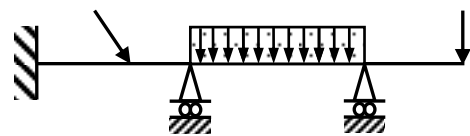
## F. Struktur Balok dan Portal

Struktur terbentuk dari elemen-elemen batang lurus yang dirangkai dengan sambungan antar ujung-ujung batang diasumsikan 'kaku sempurna' namun dapat berpindah tempat dalam bidang strukturnya dan dapat berputar dengan sumbu putar yang tegak lurus bidang struktur tersebut. Beban luar yang bekerja boleh berada di titik-titik buhul maupun pada titik-titik sepanjang batang dengan arah sembarang namun harus sebidang dengan bidang struktur tersebut. Posisi tumpuan, yang dapat berupa jepit, sendi, atau roll juga harus berada pada titik buhul.

Mengingat sambungan antar ujung-ujung batang adalah kaku sempurna yang dapat menjamin stabilitas elemen, maka sistem portal meskipun biasanya mendekati bentuk-bentuk segi-empat, namun pada prinsipnya boleh berbentuk sembarang dan tidak memerlukan bentuk dasar segitiga seperti struktur rangka. Elemen-elemen pembentuk portal tersebut akan dapat mengalami gaya-gaya dalam (*internal force*) berupa : gaya aksial (normal), momen lentur, dan gaya lintang (gaya geser).



Gambar 1.4 Sistem Portal



Gambar 1.5 Sistem Balok Menerus

Beberapa contoh struktur di lapangan yang dapat diidealisasikan menjadi sistem portal, diantaranya adalah : struktur portal-portal gedung berlantai banyak, struktur portal bangunan-bangunan industri/pabrik/gudang, seperti digambarkan pada gambar 1.4.

Sedangkan contoh yang dapat diidealisasikan menjadi balok menerus diantaranya adalah jembatan balok menerus statis tak tentu, seperti digambarkan pada gambar 1.5.

Khusus pada sistem balok menerus apabila beban yang bekerja didominasi oleh gaya-gaya yang berarah tegak lurus sumbu batang, maka gaya aksial pada batang relatif kecil atau bahkan tidak terjadi, dan gaya-gaya dalam yang diperhitungkan/dialami oleh elemen hanya berupa momen lentur dan gaya geser saja.

### G. Soal Latihan

Tentukan klasifikasi dan derajat ketidaktentuan statis struktur di bawah ini.

