

Pertemuan I,II

I. Struktur Statis Tertentu dan Struktur Statis Tak Tentu

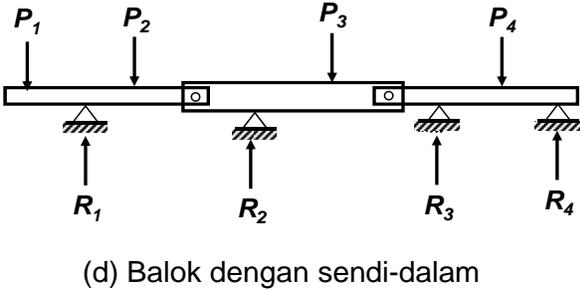
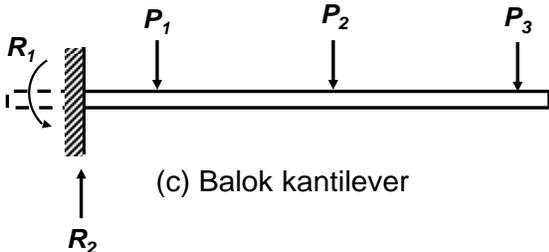
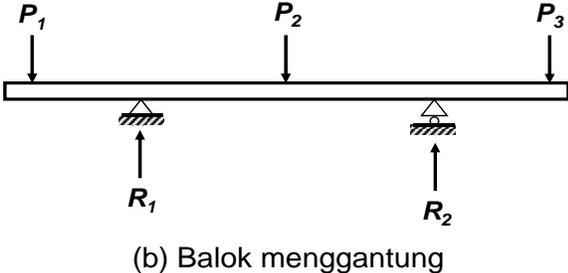
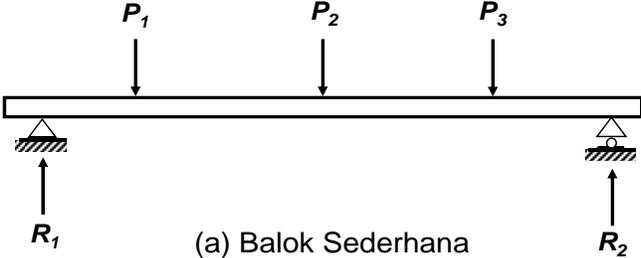
I.1 Golongan Struktur

Sebagian besar struktur dapat dimasukkan ke dalam salah satu dari tiga golongan berikut: balok, kerangka kaku, atau rangka batang. Balok (*beam*) adalah suatu batang struktur yang hanya menerima beban tegak saja, dan dapat dianalisa secara lengkap apabila diagram gaya geser dan diagram momennya telah diperoleh. Kerangka kaku (*rigid frame*) adalah suatu struktur yang tersusun dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan kaku, dan dapat dianalisa secara lengkap apabila telah diperoleh variasi gaya geser, gaya aksial dan momennya di sepanjang rentangan seluruh batang. Rangka batang (*truss*) adalah suatu struktur yang seluruh batangnya dianggap dihubungkan dengan sendi, sehingga gaya geser dan momen pada seluruh batangnya dihilangkan, dan dapat dianalisa secara lengkap apabila gaya aksial (*axial forces*) di seluruh batang telah diperoleh.

I.2 Sifat Struktur

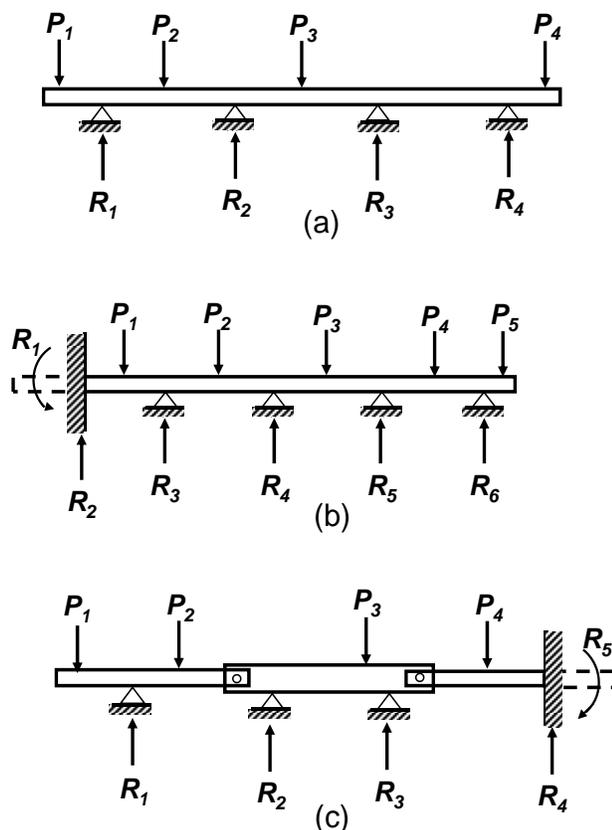
Pada dasarnya suatu struktur dapat bersifat statis tertentu atau statis tak tentu. Struktur yang dapat dianalisa dengan menggunakan persamaan statika ($\sum V = 0$, $\sum H = 0$, dan $\sum M = 0$) disebut struktur statis tertentu. Sedangkan struktur yang tidak dapat dianalisa dengan hanya menggunakan persamaan statika saja disebut struktur statis tak tentu, untuk menganalisa struktur tersebut digunakan persamaan-persamaan bantuan lainnya berupa persamaan sudut penurunan dan persamaan penurunan (*deflection*).

Untuk membuktikan apakah suatu struktur bersifat statis tertentu atau statis tak tentu, pada balok dan kerangka kaku ditentukan berdasarkan jumlah bilangan reaksi yang ada, sedangkan pada rangka batang ditentukan berdasarkan hubungan antara jumlah batang (m), jumlah titik buhul/joint (j) dan jumlah bilangan reaksi (r).



Gambar 1.1 Balok Statis Tertentu

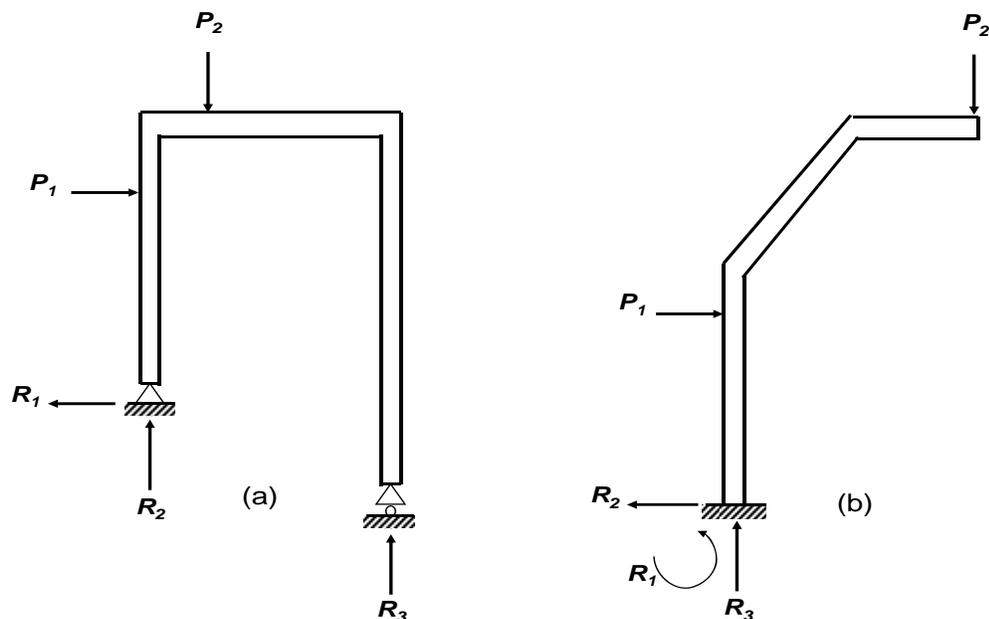
Diagram gaya geser dan momen suatu balok dapat digambarkan apabila semua reaksi luarnya telah diperoleh. Dalam mempelajari keseimbangan sistem gaya-gaya sejajar yang sebidang telah dibuktikan bahwa dengan prinsip statika hanya dapat dihitung tidak lebih dari dua gaya yang tak diketahui. Untuk balok sederhana, balok menggantung dan balok kantilever seperti pada Gambar 1.1 dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan statika, atau ketiga balok tersebut merupakan struktur statis tertentu. Meskipun demikian jika sebuah balok terletak di atas lebih dari dua penyangga atau sebagai tambahan jepitan pada satu atau kedua ujungnya, maka akan terdapat lebih dari dua reaksi luar yang harus ditentukan.



Gambar 1.2 Balok Statis Tak Tentu

Statika hanya memberikan dua syarat keseimbangan untuk sistem gaya sejajar yang sebidang, dan dengan demikian hanya dua reaksi yang dapat

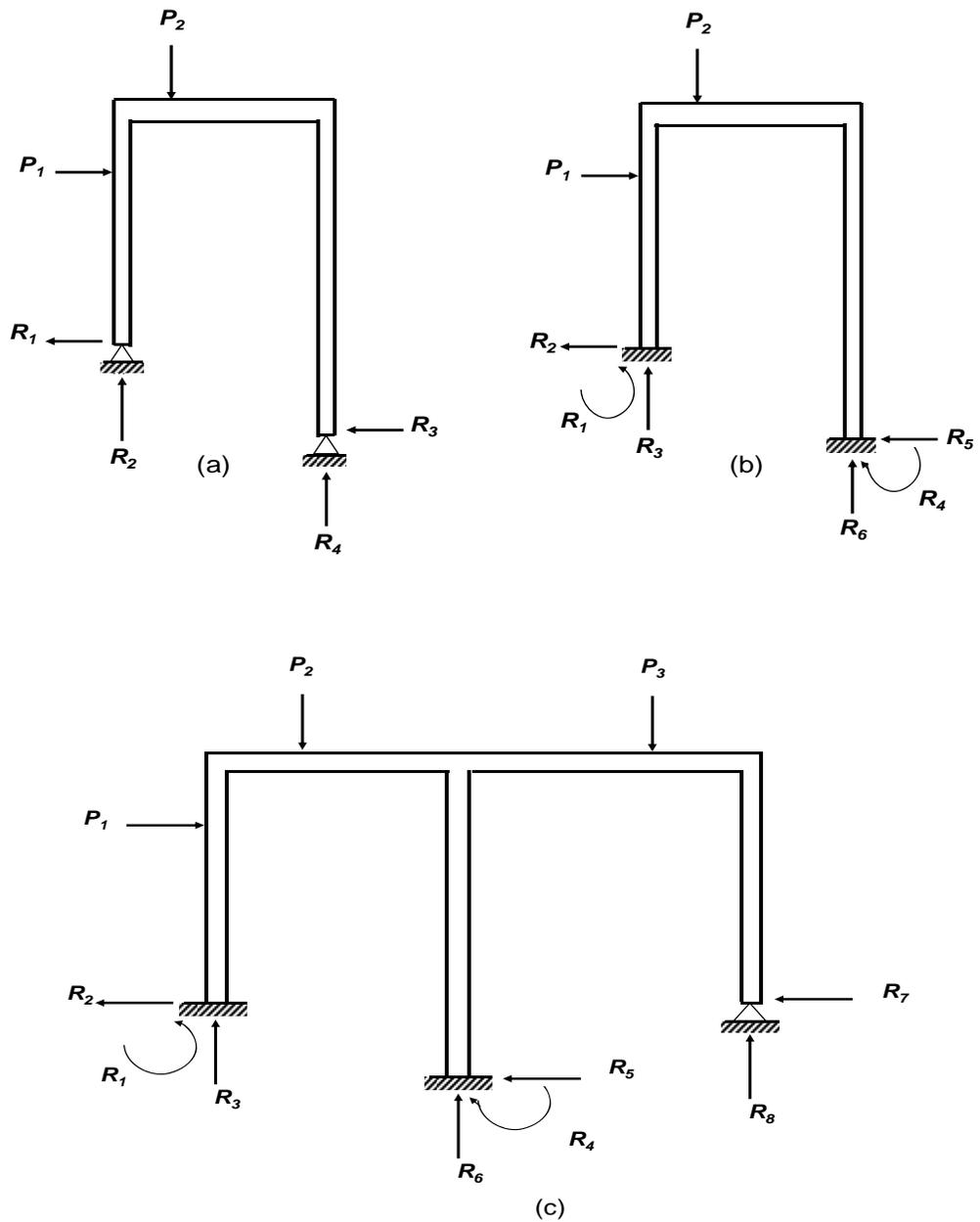
diperoleh, semua reaksi lainnya merupakan reaksi kelebihan dan tidak dapat ditentukan dengan hanya menggunakan persamaan statika. Balok dengan reaksi kelebihan semacam ini disebut balok statis tak tentu. Derajat ketidaktentuannya ditentukan oleh jumlah reaksi kelebihan tersebut. Jadi balok pada Gambar 1.2a merupakan struktur statis tak tentu berderajat dua karena jumlah reaksi yang tidak diketahui ada empat dan statika hanya bisa memenuhi dua persamaan keseimbangan, sedangkan balok pada Gambar 1.2b merupakan struktur statis tak tentu berderajat empat, dan balok pada Gambar 1.2c bersifat statis tak tentu berderajat satu karena memiliki lima reaksi dan dua sendi dalam.



Gambar 1.3 Kerangka Kaku Statis Tertentu

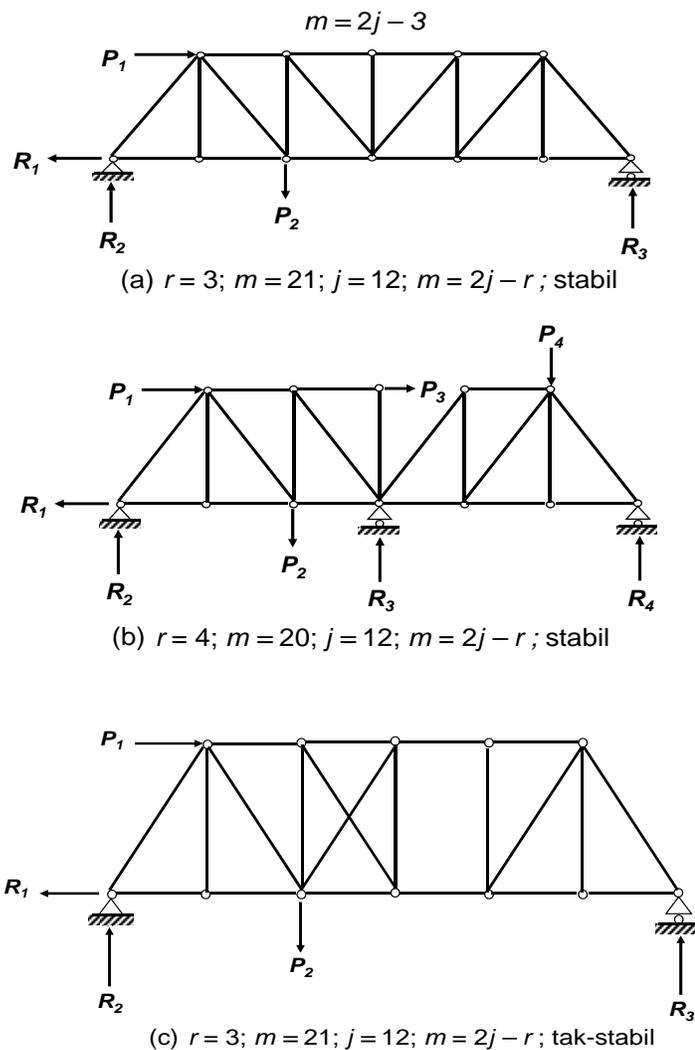
Suatu kerangka kaku bertingkat-satu (*single-story*) akan bersifat statis tertentu jika hanya ada tiga reaksi luar, karena statika hanya memberikan tiga syarat keseimbangan untuk system gaya sebidang umumnya. Jadi dua rangka-kaku yang terlihat pada gambar 1.3 merupakan struktur statis tertentu. Akan tetapi jika suatu rangka-kaku bertingkat-satu memiliki reaksi

luar lebih dari tiga, maka kerangka tersebut bersifat statis tak tentu, dan derajat ketidaktentuannya menjadi sama dengan jumlah reaksi kelebihannya. Dengan demikian, kerangka pada Gambar 1.4a merupakan struktur statis tak tentu berderajat satu, Gambar 1.4b berderajat tiga, dan Gambar 1.4c berderajat lima.



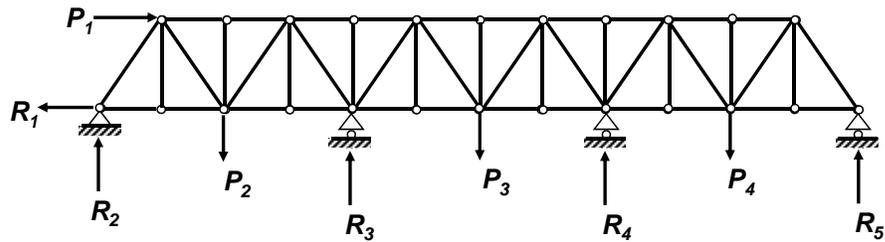
Gambar 1.4 Kerangka Kaku Statis Tak Tentu

Suatu rangka batang bersifat statis tertentu apabila jumlah gaya yang tak diketahui sekurang-kurangnya ada tiga dan jumlah batang di dalam rangka batang tersebut adalah $2j - r$, dimana j adalah banyaknya titik hubungunya dan r merupakan jumlah reaksinya. Jika m adalah jumlah batangnya, maka kondisi statis tertentu ditentukan dengan persamaan : $m = 2j - r$ (1.1a)

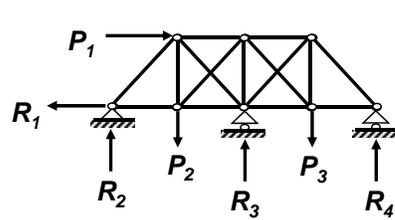


Gambar 1.5 Rangka Batang Statis Tertentu

Rangka batang pada Gambar 1.5a dan gambar 1.5b bersifat statis tertentu stabil. Sedangkan rangka batang pada Gambar 1.5c bersifat statis tak tentu tak stabil. Apabila suatu rangka batang memiliki sekurang-kurangnya tiga reaksi yang tak diketahui dan jumlah batangnya (m) lebih besar dari $2j - r$, maka akan bersifat statis tak tentu, dengan derajat ketentuannya yakni menjadi : $i = m - (2j - r)$ (1.1b)

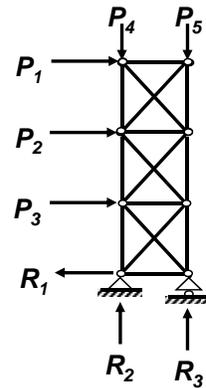


(a) $r = 5; j = 24; m = 45; i = m - (2j - r) = 2$; tak stabil



$r = 4; j = 8; m = 15;$

(b) $i = m - (2 - j) = 3$; tak stabil



$r = 3; j = 8; m = 16;$

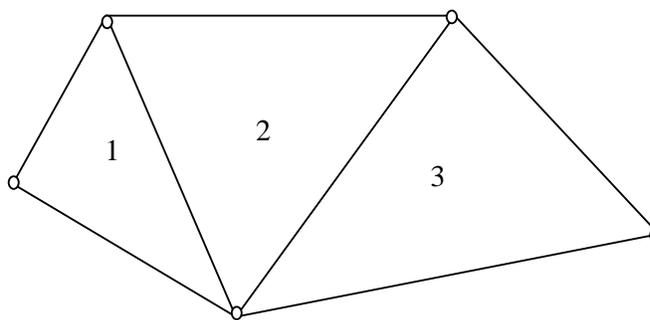
(c) $i = m - (2 - j) = 3$; tak stabil

Gambar 1.6 Rangka Batang Statis Tak Tentu

Rangka batang statis tak tentu pada Gambar 1.6a berderajat dua, karena mempunyai empat reaksi yang tak diketahui dan hanya ada dua persamaan keseimbangan. Gambar 1.6b dan Gambar 1.6c berderajat tiga, karena ada tiga batang kelebihan ($m = 3j$) ditambah tiga reaksi yang tidak diketahui, sedangkan persamaan keseimbangan yang ada hanya tiga saja.

Rangka batang umumnya terdiri dari serangkaian segitiga-segitiga yang berhubungan satu sama lain seperti terlihat pada Gambar 1.7. Dalam kasus

ini segitiga pertama membutuhkan tiga buah titik hubung dan tiga buah batang, sedangkan setiap segitiga berikutnya membutuhkan dua batang tambahan, dan hanya satu titik hubung tambahan, sehingga: $m - 3 = 2(j - 3)$ atau $m = 2j - 3$ (1.1c)



Gambar 1.7 Susunan Segitiga Membentuk Rangka Batang

I.3 Syarat-Syarat Bentuk Struktur

Dari pembahasan sebelumnya dapat dilihat bahwa menganalisa struktur statis tak tentu diperlukan syarat-syarat tambahan yang sama banyak dengan reaksi kelebihan sebagai tambahan untuk statika, atau banyaknya syarat-syarat “tak statis” harus sama dengan derajat ketidaktentuannya. Syarat-syarat tambahan tersebut pada umumnya dipenuhi oleh bentuk struktur yang terdeformasi. Misalnya balok pada Gambar 1.2a meskipun biasanya dipandang sebagai balok kontinu, dapat juga dipandang sebagai sebuah balok menggantung dan ditumpu hanya di titik *A* dan *D* serta dibebani oleh gaya-gaya P_1, P_2, P_3, P_4, R_2 dan R_3 . Syarat-syarat bentuk yang harus dipenuhi oleh kurva elastis balok menggantung adalah bahwa lendutan di *B* dan *C* harus sama dengan nol. Kedua syarat bentuk tersebut bersama dengan syarat statika memberikan syarat-syarat yang diperlukan untuk menentukan nilai R_1, R_2, R_3 dan R_4 . Balok yang sama dapat juga dipandang sebagai balok menggantung yang ditumpu hanya di *B* dan *C* serta dibebani oleh gaya-gaya P_1, P_2, P_3, P_4, R_2 , dan R_3 . Kemudian R_1 dan R_4 ditentukan dulu dengan syarat-syarat bentuknya, yakni lendutan di *A* dan *D* harus sama dengan nol.

Kerangka kaku pada Gambar 1.4b dapat dianggap sebagai kerangka yang terjepit di A dan bebas di B , serta dibebani gaya-gaya P_1, P_2, R_4, R_5 dan R_6 . Syarat bentuknya adalah bahwa garis singgung pada kelengkungan elastisnya di B harus tetap vertical dan lendutan horisontal dan vertikalnya di B harus sama dengan nol. Dengan cara lain kerangka kaku ini dapat dipandang sebagai bersendi di A dan ditumpu oleh rol di B , serta dibebani gaya-gaya P_1, P_2, R_1, R_4 dan R_5 . Syarat bentuknya adalah bahwa garis singgung pada lengkung elastisnya harus tetap vertikal, baik di A maupun di B , serta lendutan horisontalnya di B harus sama dengan nol.

I.4 Cara-Cara Analisa Struktur Statis Tak Tentu

Cara yang paling mendasar dan umum yang digunakan untuk menganalisa struktur statis tak tentu adalah metode deformasi konsisten yang disebut juga dengan metode gaya. Urutan langkahnya adalah; pertama-tama menentukan struktur statis tak tentu dasar melalui penyesuaian struktur statis tak tentu yang diberikan dengan menghilangkan kelebihan-kelebihannya dan menganggap kelebihan-kelebihan tersebut sebagai beban-beban yang bekerja pada struktur tertentu dasar itu. Syarat-syarat bentuknya akan selalu sama banyaknya dengan banyaknya kelebihan. Suatu system yang terdiri dari i persamaan serempak, dimana i adalah derajat ketidaktentuan yang dapat ditetapkan menurut syarat-syarat bentuk ini dengan kelebihan-kelebihan tersebut sebagai besaran yang tak diketahui. Bila persamaan-persamaan ini diselesaikan dan kelebihan-kelebihan itu diperoleh, maka persamaan-persamaan ini dapat dikembalikan ke struktur tak tentu yang diberikan dan reaksi-reaksi selebihnya diselesaikan dengan persamaan-persamaan statika. Harus diingat bahwa ada beberapa cara untuk memilih struktur tertentu dasar seperti yang telah dijelaskan dalam syarat-syarat bentuk.

Sebelum cara di atas digambarkan, perlu terlebih dahulu mengenal berbagai cara menentukan defleksi (rotasi garis singgung) dari balok, kerangka, dan rangka batang statis tertentu. Defleksi balok, kerangka

dan rangka batang tergantung pada ukuran batang-batang yang terdapat pada strukturnya. Oleh karena itu sebelum menganalisa suatu struktur statis tak tentu, ukuran dari batang-batangnya harus terlebih dahulu dimisalkan, meskipun dalam kebanyakan hal yang diperlukan hanya ukuran batang relatif saja. Prosedur merancang sebuah struktur tersebut dimisalkan terlebih dahulu, kemudian dianalisa, lalu rancangannya diperbaiki, kemudian dianalisa kembali, dan seterusnya sampai struktur yang dimisalkan terakhir tidak memerlukan perbaikan lagi. Pada umumnya struktur yang dimisalkan pertama sedikit atau sama sekali tidak memerlukan perbaikan lebih lanjut sesudah sekali dianalisa.

Metode deformasi konsisten merupakan satu-satunya cara untuk menganalisa rangka batang statis tak tentu atau struktur majemuk, dimana beberapa batangnya terutama mengalami tegangan tekuk.

Untuk menganalisa balok atau kerangka statis tak tentu ada cara-cara lain yang agak lebih singkat dari metode deformasi konsisten, yaitu metode persamaan tiga momen yang digunakan untuk menganalisa balok statis tak tentu, metode defleksi kemiringan (*slope deflection method*) dan metode distribusi momen (*cross*) yang digunakan untuk menganalisa balok dan kerangka kaku statis tak tentu.