

BAB II

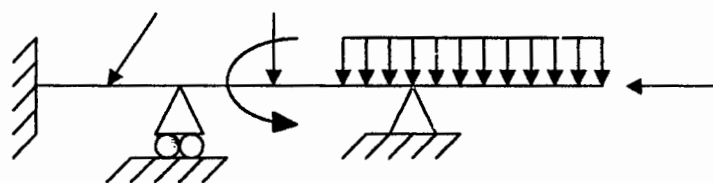
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pendahuluan

Struktur bangunan harus dimodelkan sebagai struktur rangka terbuka agar dapat dianalisis. Struktur rangka terbuka dapat berupa: balok, balok silang, portal, dan rangka batang (Ghali, *et al.*, 1978, hal. 1). Akan tetapi pada kenyataannya, permasalahan struktur bangunan 3 dimensi biasanya dianggap sebagai permasalahan pada bidang datar (2 dimensi) saja, kecuali pada struktur-struktur yang tidak memungkinkan untuk disederhanakan menjadi bidang datar, seperti: kubah, dan menara (Hsieh, 1985, hal. 3).

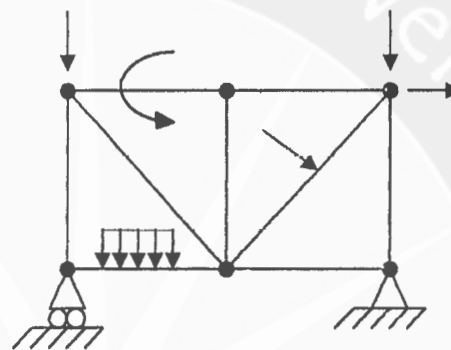
Suatu struktur rangka dapat dibagi lagi menjadi beberapa jenis model yang lebih spesifik sebagai berikut (Weaver, *et al.*, 1980, hal. 2):

- a. **Balok**, yaitu suatu batang lurus dengan satu tumpuan terpusat atau lebih seperti terlihat pada gambar 2.1. Gaya luar pada balok diasumsikan bekerja dalam bidang struktur. Momen kopel yang bekerja arahnya tegak lurus bidang struktur. Balok dapat melendut pada bidangnya, dan tidak dapat mengalami puntir. Penampang melintang balok dapat mengalami resultan tegangan yang berupa gaya geser, gaya aksial, dan momen lentur.



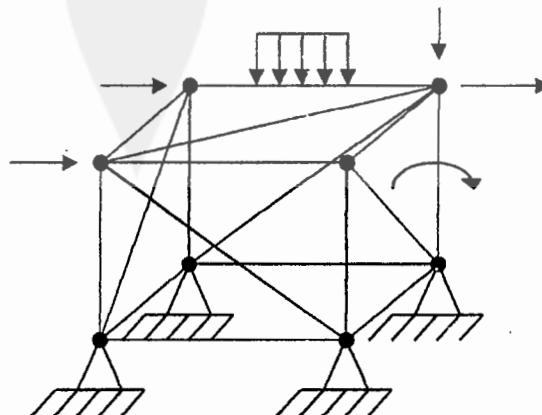
Gambar 2.1 Balok

- b. **Rangka batang bidang**, yaitu himpunan batang yang sebidang dan yang bersambungan sendi pada *joint*-nya seperti terlihat pada gambar 2.2. Semua gaya luar diasumsikan bekerja dalam bidang struktur. Momen kopel yang bekerja arahnya tegak lurus bidang struktur. Beban yang dapat bekerja pada rangka batang bidang adalah beban terpusat dan beban merata yang bekerja pada *joint* dan batang.



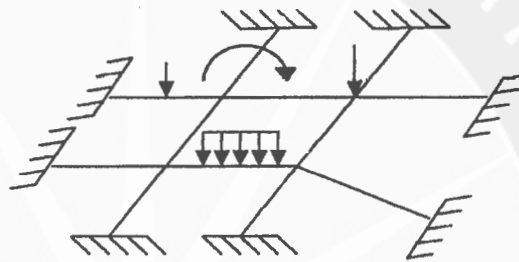
Gambar 2.2 Rangka Batang Bidang

- c. **Rangka batang ruang**, ialah rangka batang serupa dengan rangka batang bidang, tetapi batang-batangnya dapat berarah sembarang dalam ruang seperti terlihat pada gambar 2.3. Gaya luar yang bekerja dalam bidang struktur boleh berarah sembarang dalam ruang. Momen kopel yang bekerja arahnya harus tegak lurus sumbu-sumbu ruang struktur karena batang-batangnya tidak dapat menahan puntir.



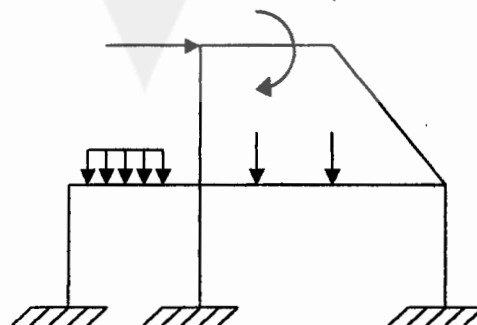
Gambar 2.3 Rangka Batang Ruang

- d. **Balok silang**, yaitu struktur bidang yang dibentuk oleh balok menerus yang saling bertemu atau bersilang seperti terlihat pada gambar 2.4. Gaya luar pada balok silang arahnya tegak lurus bidang struktur. Arah beban ini dapat menimbulkan puntir dan lenturan pada sejumlah batang. Penampang melintang setiap batang dianggap memiliki dua sumbu simetri, sehingga lenturan dan puntir tidak saling bergantung.



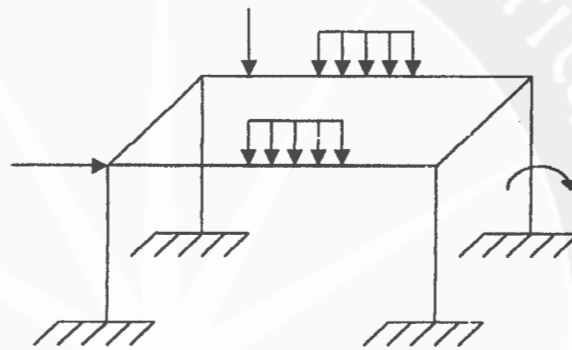
Gambar 2.4 Balok Silang

- e. **Portal bidang**, yaitu struktur yang dibentuk oleh batang-batang dengan sumbu simetri yang terletak pada satu bidang seperti terlihat pada gambar 2.5. *Joint* pada portal bidang merupakan sambungan kaku. Gaya yang bekerja pada portal dan translasinya terletak pada bidang struktur. Momen kopel yang bekerja arahnya tegak lurus bidang struktur. Penampang melintang batang pada portal dapat mengalami resultan tegangan yang berupa gaya geser, gaya aksial, dan momen lentur.



Gambar 2.5 Portal Bidang

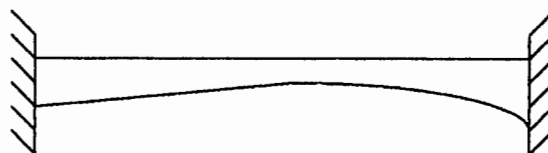
- f. **Portal ruang**, ialah jenis struktur rangka yang paling umum karena letak *joint*, arah batang, atau arah bebannya tidak dibatasi seperti terlihat pada gambar 2.6. Setiap batang portal ruang dapat memikul gaya aksial, momen puntir, momen lentur dalam kedua arah sumbu utama penampang melintang, dan gaya geser dalam kedua arah sumbu utama. Penampang melintang dianggap memiliki dua sumbu seperti pada balok silang.



Gambar 2.6 Portal Ruang

Struktur rangka batang biasanya terdiri atas komponen-komponen batang (balok dan kolom), dan tumpuan. Batang non-prismatis adalah batang yang memiliki dimensi penampang melintang yang tidak sama antara ujung satu dengan ujung lainnya (Weaver, *et al.*, 1980, hal. 391). Batang non-prismatis dapat dibedakan sebagai berikut (Kardestuncer, 1974, hal. 320):

- a. **Batang non-prismatis umum**, yaitu batang non-prismatis yang mempunyai tinggi batang bervariasi dari ujung yang satu ke ujung yang lainnya seperti terlihat pada gambar 2.7. Batang non-prismatis umum ini dapat diselesaikan dengan metode integrasi numerik.



Gambar 2.7 Batang Non-Prismatis Umum

- b. **Batang non-prismatis lengkung**, yaitu batang non-prismatis yang berbentuk melengkung dan mempunyai penampang melintang yang tetap atau berubah-ubah sepanjang bentangnya seperti terlihat pada gambar 2.8. Contoh batang non-prismatis lengkung adalah batang yang berbentuk elips, bundar, parabola, dll. Batang non-prismatis lengkung dapat diselesaikan dengan membagi bagian lengkung tanpa mempedulikan bentuknya menjadi segmen lurus dan menentukan pendekatan matriks fleksibilitas sebagai sebuah bagian hubungan seri.



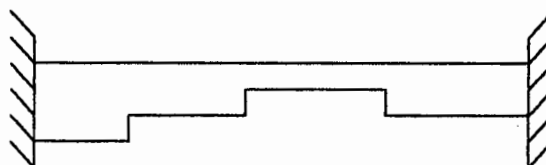
Gambar 2.8 Batang Non-Prismatis Lengkung

- c. **Tapered members**, yaitu batang non-prismatis yang tinggi batangnya berubah secara *linear* dari ujung satu ke ujung yang lainnya seperti terlihat pada gambar 2.9. *Tapered members* dapat diselesaikan dengan membagi panjang batang menjadi beberapa segmen yang sama panjang. Momen inersia pada bagian tengah segmen dianggap mewakili momen inersia untuk segmen tersebut.



Gambar 2.9 Tapered Member

- d. **Stepped members**, yaitu batang non-prismatis yang perubahan tingginya bertingkat dari ujung satu ke ujung lainnya seperti terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Stepped Member

Batasan masalah yang diambil pada tugas akhir ini salah satunya adalah: material bahan bersifat elastik-*linear*, berarti penambahan perpindahan yang terjadi sebanding dengan gaya yang menyebabkannya. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga struktur hanya mengalami deformasi yang sangat kecil dan linier. Karena deformasi yang terjadi dianggap sangat kecil, maka perpindahan akhir yang terjadi juga tidak mempengaruhi geometri struktur secara berlebihan.

II.2 Metode-Metode Analisis Struktur

Metode-metode yang umum digunakan dalam analisis struktur adalah: metode gaya (atau metode fleksibilitas), dan metode kekakuan (atau metode perpindahan). Metode-metode tersebut digunakan untuk mendapatkan besarnya gaya-dalam batang, perpindahan, dan reaksi, yang memenuhi syarat keseimbangan antara deformasi yang terjadi dengan kontinuitas struktur, dan sepadan dengan geometris strukturnya. Metode-metode tersebut mengasumsikan bahan pada struktur statis tak tentu mengikuti Hukum Hooke (Ghali, *et al.*, 1978, hal. 1). Metode gaya tidak cocok untuk dikomputerisasi karena pemilihan gaya-gaya *redundant* yang tidak unik (Ghali, *et al.*, 1978, hal. 53), sedangkan metode kekakuan, yang secara matematis sama dengan metode gaya, lebih sesuai untuk dikomputerisasi (Weaver, *et al.*, 1980, hal v).

II.2.1 Metode Gaya (Metode Fleksibilitas)

Analisis menggunakan metode gaya diawali dengan penentuan derajat ketidaktentuan statis. *Release* diberikan sejumlah derajat ketidaktentuan dengan menghilangkan gaya *redundant* sedemikian sehingga struktur bersifat statis tertentu dan stabil. *Release* mengakibatkan ketidakkonsistenan pada perpindahan, sehingga harus

dilakukan perhitungan kesalahan perpindahan yang selaras gaya *redundant*. Kemudian dikerjakan gaya kelebihan sebesar satu satuan pada struktur yang dilepas untuk dihitung perpindahannya yang letaknya harus sama dan searah dengan kesalahan perpindahan sebelumnya. Besar gaya *redundant* ditentukan untuk menghilangkan perpindahan dengan menjumlahkan pengaruh gaya *redundant* dan perpindahan pada struktur yang dilepas. Gaya pada struktur statis tak tertentu semula didapatkan dengan menjumlahkan gaya *redundant* dan gaya pada struktur yang dilepas (Ghali, *et al.*, 1978, hal. 53).

II.2.2 Metode Kekakuan (Metode Perpindahan)

Analisis menggunakan metode kekakuan diawali dengan menentukan *degree of freedom* (DOF) dengan memberikan gaya-gaya pengekang pada vektor-vektor translasi dan rotasi *joint* dalam sistem koordinat global. Perpindahan *joint* bebas dipilih sebagai besaran yang tidak diketahui. Gaya pengekang ditentukan dengan menjumlahkan gaya-gaya jepit ujung batang yang bertemu di *joint*. Struktur dianggap mengalami deformasi sedemikian rupa sehingga perpindahan di salah satu koordinat sama dengan satu satuan, dan perpindahan lainnya sama dengan nol. Gaya yang mempertahankan struktur dalam keadaan ini dihitung, dan diberikan di koordinat yang merupakan DOF. Gaya-dalam batang di lokasi yang dibutuhkan dapat dihitung, dan dapat diulangi untuk perpindahan satu satuan di koordinat lainnya. Besarnya perpindahan yang dibutuhkan untuk menghilangkan gaya pengekang yang sudah ditentukan sebelumnya dapat dihitung dengan menjumlahkan pengaruh setiap perpindahan terhadap gaya pengekang. Gaya-gaya pada struktur semula dapat diperoleh dengan menjumlahkan gaya pada struktur yang dikekang dan gaya akibat perpindahan *joint* yang didapatkan pada langkah sebelumnya (Ghali, *et al.*, 1978, hal. 45).

II.2.3 Metode Kerja Minimum

Prinsip metode kerja minimum adalah *redundants* harus mempunyai nilai sedemikian sehingga daya regangan total struktur adalah suatu minimum yang konsisten dengan keseimbangan. Metode ini terbatas pada perhitungan gaya-gaya dalam yang dihasilkan oleh gaya-gaya luar terhadap struktur yang dipasang pada tumpuan-tumpuan yang tidak menguntungkan. Metode ini tidak dapat digunakan untuk menghitung tegangan akibat perubahan suhu dan pergerakan tumpuan (Hsieh, 1985, hal. 210).

II.2.4 Metode Elemen Hingga

Banyak masalah dalam analisis struktur yang terlalu kompleks untuk diperoleh solusi eksaknya, sehingga diperlukan suatu solusi numerik untuk menyelesaikannya (Cook, 1981, hal. 1). Metode elemen hingga merupakan pendekatan terbaik yang dapat digunakan dalam analisis numerik pada suatu kontinum (Weaver, *et al.*, 1989, hal. ix). Metode elemen hingga merupakan pendekatan yang berdasarkan pada asumsi perpindahan. Prinsip metode ini ialah diskretisasi elemen menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dan bentuknya lebih sederhana. Prosedur numerik tersebut harus dapat memodelkan kelakuan dari struktur dengan ketelitian tinggi (Carroll, 1999, hal. 1).

II.3 Program Analisis Batang Tak Prismatis pada Portal Bidang

Jenis beban kerja yang dapat dianalisis pada Program Analisis Batang Tak Prismatis pada Portal Bidang (Pribadi, 2003) hanya beban merata sepanjang bentang, dan beban pada *joint*. Pengembangan “n-Prime 20004 Project” dibandingkan dengan program ini ialah *penambahan jenis beban kerja baru*, berupa: beban terpusat, merata, segi tiga, dan trapesium, yang dapat bekerja pada sepanjang maupun sebagian bentang.