BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pendahuluan

Hsieh (1985, hal 3) mengemukakan bahwa pada kenyataannya tidak ada suatu struktur yang betul-betul datar tetapi didalam kebanyakan analisis struktur seperti balok-balok, jembatan rangka, atau bangunan-bangunan biasanya dianggap sebagai masalah-masalah bidang datar walaupun struktur-struktur tersebut sebetulnya tidak pernah ada yang berdimensi dua. Pada beberapa struktur seperti menara dan kerangka kubah, barulah struktur dianalisis sebagai bidang ruang dengan sistem pembebanan tidak dalam satu bidang, karena struktur-struktur tersebut tidak dapat disederhanakan berdasarkan struktur yang mempunyai komponen-komponen yang terletak pada bidang datar.

Weaver dan Gere (1986, hal 1) mengemukakan bahwa metode untuk menganalisis struktur rangka ada dua macam yaitu metode gaya (*force / flexibility method*) dan metode kekakuan (*stiffness / displacement method*). Metode gaya merupakan perluasan dari metode *Maxwell-Mohr*, metode ini tidak sesuai untuk dikomputerisasi, tetapi bermanfaat untuk perhitungan dengan tangan. Lain halnya dengan metode gaya, metode kekakuan yang juga dikenal sebagai metode perpindahan lebih mudah untuk diprogram ke dalam komputer.

Pemilihan metode analisa tergantung pada persoalan yang ditinjau dan juga digunakan atau tidaknya komputer. Metode perpindahan umumnya lebih cocok dipakai untuk program komputer (Ghali and Neville, 1986, hal 73).

Wang (1989, hal 1) mengemukakan bahwa sejauh ini pembahasan mengenai penentuan tanggapan gaya dan deformasi dari balok, rangka batang, dan kerangka kaku, baik yang bersifat statis tertentu maupun statis tak tentu, telah dilakukan untuk pola beban yang tidak bergerak, tetapi pada kenyataannya jarang terjadi bila beban-beban pada suatu struktur, baik beban merata maupun beban terpusat, secara terus menerus berada dalam pola tidak bergerak. Beban yang menetap pada suatu struktur dinamakan beban mati, yang mencakup beban strukturnya sendiri. Beban yang bergerak pada suatu struktur dinamakan beban hidup, contohnya kendaraan seperti truk pada jembatan jalan raya dan lokomotif beserta gerbong-gerbongnya pada jembatan jalan kereta api.

Beban hidup dapat menyebabkan sembarang pola pada struktur yang bersangkutan, maka beban hidup mempunyai kedudukan paling kritis pengaruhnya pada struktur tersebut. Kedudukan tersebut dapat ditentukan dengan meninjau dulu beban hidup yang melibatkan hanya sebuah beban terpusat tunggal sebesar 1 satuan berat, misalnya 1,0 kN. Lalu pengaruh dari beban satuan terpusat yang bergerak di sepanjang struktur yang diselidiki. Jika besar pengaruh ini diplot tepat di posisi beban satuan terpusat bergerak tersebut, maka hasilnya adalah suatu garis pengaruh (Wang, 1989, hal 2).

2.2. Teori Dasar Struktur Rangka

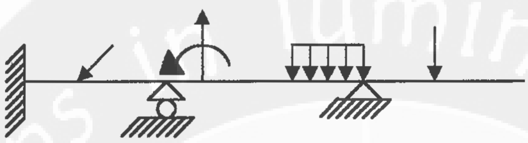
Secara umum struktur yang dimaksud dalam analisis struktur adalah struktur rangka terbuka. Struktur rangka terbuka itu sendiri dibagi menjadi enam kategori (Weaver and Gere, 1986, hal 1), yaitu: balok menerus, rangka batang bidang, rangka batang ruang, balok silang, portal bidang dan portal ruang, masing-masing jenis struktur ini mempunyai ciri-ciri sendiri.

Setiap struktur rangka terdiri dari batang-batang yang panjangnya jauh lebih besar dibandingkan dengan ukuran penampang lintangnya. Titik kumpul (*joint*) struktur dapat berupa titik pertemuan batang, tumpuan maupun ujung bebas (Weaver and Gere, 1986, hal 1). Tumpuan pada struktur rangka dapat berupa jepit, sendi atau rol, dan dalam kondisi tertentu tumpuan dapat bersifat elastis (semi kaku).

Titik kumpul dapat merupakan pertemuan yang sifatnya kaku (*rigid*), dapat juga merupakan pertemuan engsel (sendi). Pada struktur balok menerus, portal bidang, dan portal ruang, pertemuan antara batang-batang merupakan pertemuan yang kaku, sedangkan pada struktur rangka batang bidang dan rangka batang ruang, *joint* merupakan pertemuan sendi (Hariandja, 1996, hal 39). Dengan demikian pada struktur rangka batang (*truss*) baik bidang maupun ruang, gaya-gaya dalam elemen yang terjadi hanya gaya aksial saja, sedangkan gaya-gaya yang terjadi pada struktur balok maupun portal bidang dan portal ruang, gaya-gaya dalam elemen yang terjadi dapat berupa gaya aksial, momen lentur, gaya geser dan torsi.

a. Balok menerus

Balok adalah suatu batang lurus dengan satu atau lebih tumpuan terpusat seperti terlihat pada gambar 2.1. Gaya luar pada balok menerus dianggap bekerja dalam bidang yang melalui sumbu simetri penampang lintangnya (sumbu simetri juga merupakan sumbu utama penampang lintang). Selain itu, vektor momen kopel yang bekerja pada balok tegaklurus bidang ini serta balok melendut dalam bidang yang sama (bidang lentur) dan tidak terpuntir. Penampang lintang balok dapat mengalami resultante tegangan dalam yang secara umum bisa berupa gaya aksial, gaya geser dan momen lentur (Weaver and Gere, 1986, hal 2).

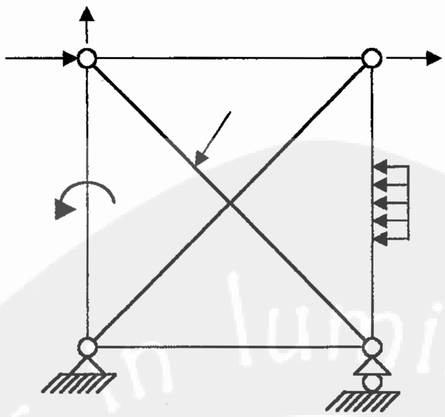


Gambar 2.1 Balok Menerus

b. Rangka batang bidang

Rangka batang bidang merupakan himpunan batang yang sebidang dan bersambungan sendi di titik kumpulnya seperti terlihat pada gambar 2.2. Semua gaya luar dianggap bekerja dalam bidang struktur dan vektor momen seluruh kopel tegaklurus bidang tersebut seperti pada balok.

Beban pada rangka batang bidang bisa terdiri dari gaya terpusat yang diberikan di titik kumpul dan beban yang bekerja pada batang. Untuk tujuan analisis, beban terakhir ini boleh diganti dengan beban yang ekivalen secara statis dan bekerja di titik kumpul. Jika rangka batang hanya memikul beban di titik kumpul, maka batangnya hanya mengalami gaya aksial tarik atau tekan, sedangkan bila beban bekerja langsung pada suatu batang, maka selain gaya aksial, batang tersebut akan mengalami momen lentur dan gaya geser (Weaver and Gere, 1986, hal 2).

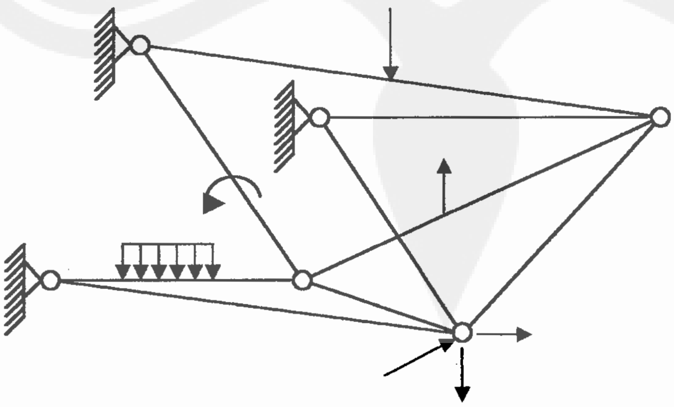


Gambar 2.2 Rangka Batang Bidang

c. **Rangka batang ruang**

Pada prinsipnya rangka batang ruang sama dengan rangka batang bidang, kecuali bahwa batang-batangnya berarah sembarang dalam ruang seperti terlihat pada gambar 2.3.

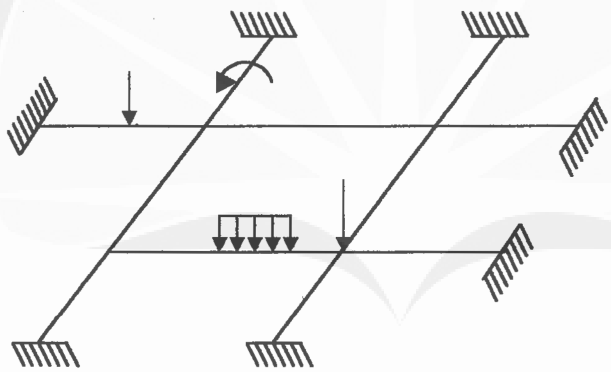
Pada rangka batang ruang, gaya yang bekerja boleh berarah sembarang, tetapi vektor momen suatu kopel yang bekerja pada suatu batang harus tegaklurus terhadap sumbu batang tersebut. Syarat ini disebabkan batang pada rangka batang tidak mampu menahan puntir (Weaver and Gere, 1986, hal 2).



Gambar 2.3 Rangka Batang Ruang

d. Balok silang

Balok silang merupakan struktur bidang yang dibentuk oleh beberapa balok menerus yang saling bertemu atau bersilangan seperti terlihat pada gambar 2.4. Berbeda dengan rangka batang bidang yang gaya luarnya berada dalam bidang struktur, gaya luar pada balok silang tegaklurus bidang struktur. Vektor momen semua momen kopel berada dalam bidang balok silang. Arah beban seperti ini dapat menimbulkan puntir dan lenturan pada sejumlah batang. Penampang lintang setiap batang pada balok menerus dianggap memiliki dua sumbu simetri, sehingga lenturan dan puntir tidak saling bergantungan (Weaver and Gere, 1986, hal 2).

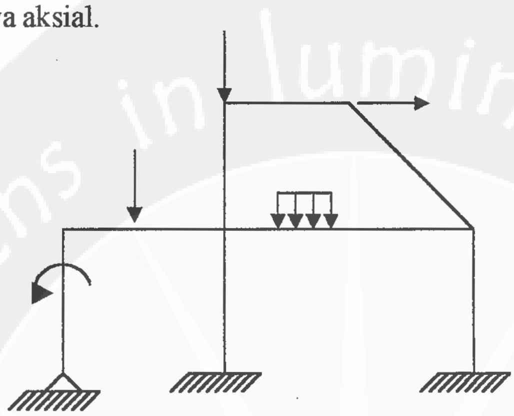


Gambar 2.4 Balok Silang

e. Portal bidang

Portal bidang dibentuk oleh batang-batang dengan sumbu simetri yang terletak pada satu bidang sama seperti pada balok menerus seperti terlihat pada gambar 2.5. Titik kumpul batang pada portal bidang merupakan sambungan kaku.

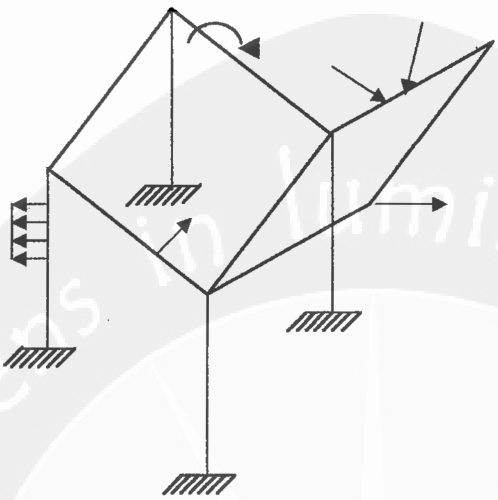
Pada portal bidang, gaya yang bekerja dan translasinya terletak pada bidang struktur sedangkan vektor momen semua kopel luar pada portal tegaklurus bidang tersebut (Weaver and Gere, 1986, hal 2). Resultante tegangan dalam di suatu penampang batang portal bidang secara umum terdiri dari momen lentur, gaya geser dan gaya aksial.



Gambar 2.5 Portal Bidang

f. Portal ruang

Portal ruang seperti terlihat pada gambar 2.6, merupakan jenis struktur rangka yang paling umum karena letak titik kumpul, arah batang, atau arah bebannya tidak dibatasi. Setiap batang portal ruang dapat memikul gaya aksial, momen puntir, momen lentur dalam kedua arah sumbu utama penampang lintang dan gaya geser dalam kedua arah sumbu utama (Weaver and Gere, 1986, hal 3). Penampang lintang batang dianggap memiliki dua sumbu, seperti pada kasus balok silang.



Gambar 2.6 Portal Ruang

2.3. Garis Pengaruh

Di dalam perencanaan suatu struktur, syarat-syarat pembebanan untuk suatu struktur harus ditetapkan sebelum analisa tegangan dibuat. Untuk suatu struktur statis terdiri dari dua macam beban, yaitu beban mati dan beban hidup. Beban hidup dapat berupa beban dinamis atau berupa beban yang dapat digerakkan. Posisi beban mati tetap stasioner dengan struktur, sedangkan posisi beban hidup dapat berubah-ubah kedudukannya pada struktur. Dalam perencanaan suatu bagian khusus dari suatu struktur diperlukan perhatian khusus terhadap penempatan beban hidup karena akan menyebabkan tegangan-tegangan hidup yang maksimum untuk bagian yang ditinjau. Bagian dari struktur dan jenis dari tegangan yang mungkin terjadi adalah reaksi tumpuan, gaya geser atau momen suatu penampang balok dan gaya batang dalam suatu konstruksi rangka.

Dalam hubungan ini yang harus diperhatikan adalah bahwa kedudukan beban yang menimbulkan momen lentur maksimum pada suatu penampang tidak harus menyebabkan geser maksimum pada penampang yang sama dan bahwa syarat pembebanan yang menyebabkan gaya aksial maksimum pada suatu batang tidak harus menyebabkan gaya aksial maksimum terhadap beberapa batang yang lain. Hal tersebut dan pertimbangan-pertimbangan yang lain yang berkaitan dengan hubungan antara tegangan dan kedudukan beban hidup kritis yang sesuai merupakan faktor dari pembuatan garis pengaruh (Hsieh, 1985, hal 104).

Definisi secara umum dari garis pengaruh adalah suatu garis lengkung dengan ordinat atau nilai Y yang memberikan nilai dari fungsi geser, fungsi momen, fungsi reaksi, fungsi gaya batang dan sebagainya di dalam suatu unsur tetap seperti penampang batang, tumpuan, batang di dalam rangka dan sebagainya apabila suatu satuan beban berada di ordinat itu (Hsieh, 1985, hal 105).

2.4. Teori Dasar Analisis Elastis

Dalam analisis linear statis, diasumsikan bahwa perpindahan (translasi maupun rotasi) adalah linear terhadap beban yang bekerja, sehingga setiap penambahan perpindahan selalu bersifat proporsional terhadap gaya yang menyebabkannya. Semua deformasi diasumsikan kecil, sehingga hasil dari perpindahan tidak selalu mempengaruhi geometri dari struktur dan tidak mengubah gaya-gaya pada setiap bagian struktur (Ghali and Neville, 1986, hal 1). Pada umumnya struktur didesain untuk mengalami deformasi kecil dan linear. Analisis elastis mengarah pada perilaku terhadap beban kerja. Suatu analisis yang obyektif dari sebuah struktur adalah untuk menentukan gaya dalam, tegangan dan perpindahan yang diakibatkan oleh beban yang diberikan. Gaya-gaya tersebut harus memenuhi kondisi kesetimbangan dan menghasilkan deformasi yang kompatibel dengan kontinuitas struktur dan syarat tumpuan. Dengan demikian setiap metode analisis elastis akan memberikan kepastian bahwa kedua kondisi tersebut baik kesetimbangan maupun kompabilitasnya terpenuhi. Ada dua macam metode yang secara umum dapat digunakan yaitu metode gaya dan metode kekakuan.

a. **Metode gaya** (*force / flexibility method*)

Pada metode ini, gaya-gaya kelebihan (*redundant force*) dipilih sebagai besaran yang tidak diketahui. Pembebasan-pembebasan yang cukup disediakan dengan memindahkan gaya-gaya kelebihan yang jumlahnya sama dengan derajat statis tak tentu, untuk mendapatkan sebuah struktur statis tertentu yang disebut struktur utama. Struktur utama tersebut mengalami deformasi yang tidak tetap dan ketidaktetapan dalam geometri tersebut kemudian dikoreksi dengan gaya-gaya kelebihan (Ghali and Neville, 1986, hal 12). Nilainya kemudian dihitung dari kondisi kompatibel. Setelah gaya-gaya kelebihan diketahui, semua gaya-gaya dalam, tegangan dan perpindahan ditentukan dengan superposisi dari efek-efek gaya luar dan gaya kelebihan.

b. **Metode kekakuan** (*stiffness / displacement method*)

Pada metode ini, penahan-penahan diberikan untuk mencegah perpindahan dari titik kumpul. Kemudian gaya-gaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan penahan tersebut ditentukan. Perpindahan titik kumpul dipilih sebagai besaran yang tidak diketahui. Dalam analisis perpindahan tersebut ditentukan dari kondisi kesetimbangan. Setelah perpindahan titik kumpul diketahui, semua gaya-gaya dalam dan tegangan dapat ditentukan.

Analisis dalam metode gaya membutuhkan serangkaian penyelesaian persamaan linear simultan yang jumlahnya sama dengan gaya-gaya kelebihan yang tidak diketahui, yaitu derajat struktur statis tak tentu (Ghali and Neville, 1986, hal 20), sedangkan pada metode kekakuan jumlah perpindahan titik kumpul yaitu derajat kinematis tertentu. Di dalam memilih metode analisis, ada dua hal yang perlu dipertimbangkan yaitu masalah formulasi dan penyelesaiannya. Formulasi dalam metode gaya bergantung pada pemilihan gaya-gaya kelebihan. Banyak kemungkinan yang dapat diambil, sehingga untuk menentukan pilihan bukanlah hal yang mudah, sedangkan pada metode kekakuan, perpindahan-perpindahan titik kumpul struktur ditentukan secara otomatis. Jadi jumlah yang tak diketahui dalam metode kekakuan sama dengan derajat ketidaktentuan kinematis struktur (Weaver and Gere, 1986, hal 109). Keadaan ini menyebabkan metode kekakuan mudah diformulasikan dan lebih sesuai untuk pemakaian komputer. Dalam tugas akhir ini selanjutnya memakai metode kekakuan untuk menganalisis garis pengaruh pada rangka batang bidang.

2.5. <u>Teori Dasar Metode Kekakuan (*Displacement Method*)</u>

2.5.1. Konsep Dasar

Untuk sebuah struktur rangka, deformasi yang diakibatkan oleh suatu kondisi pembebanan tertentu dapat diwakili oleh perpindahan-perpindahan pada titik-titik ujung dan deformasi pada titik-titik ujung yang lain dapat dihitung melalui perpindahan tersebut. Vektor dari perpindahan itu disebut derajat kebebasan global.

Untuk suatu bagian struktur, deformasi yang diakibatkan oleh suatu kondisi pembebanan tertentu dapat diwakili dengan perpindahan sejumlah arah pada ujung dari bagian struktur tersebut, sehingga vektor dari perpindahan bebas itu disebut derajat kebebasan lokal. Perpindahan pada titik simpul dan gaya pada ujung setiap bagian struktur adalah berupa vektor, sehingga suatu sistem koordinat diperlukan untuk suatu aplikasi komputer.

Matriks kekakuan batang dalam sistem koordinat lokal $[S_M]$ dapat diperoleh dari mekanika material untuk rangka dan portal, sedangkan matriks kekakuan batang dalam sistem koordinat global $[S_{MS}]$ diperoleh melalui suatu transformasi koordinat (Weaver and Gere, 1986, hal 223).

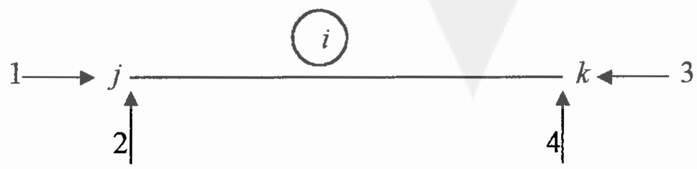
$$[S_{MS}] = [R_T]^T \,.\, [S_M] \,.\, [R_T] \qquad (2\text{-}1)$$

dengan $[R_T]$ adalah matriks transformasi rotasi, yang mentransformasikan sistem koordinat lokal ke sistem koordinat global.

2.5.2. Metode Kekakuan untuk Analisis Rangka Batang Bidang

2.5.2.1. Derajat Kebebasan

Untuk suatu batang pada rangka batang bidang, terdapat 4 derajat kebebasan, seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Derajat Kebebasan Lokal untuk Rangka Batang Bidang

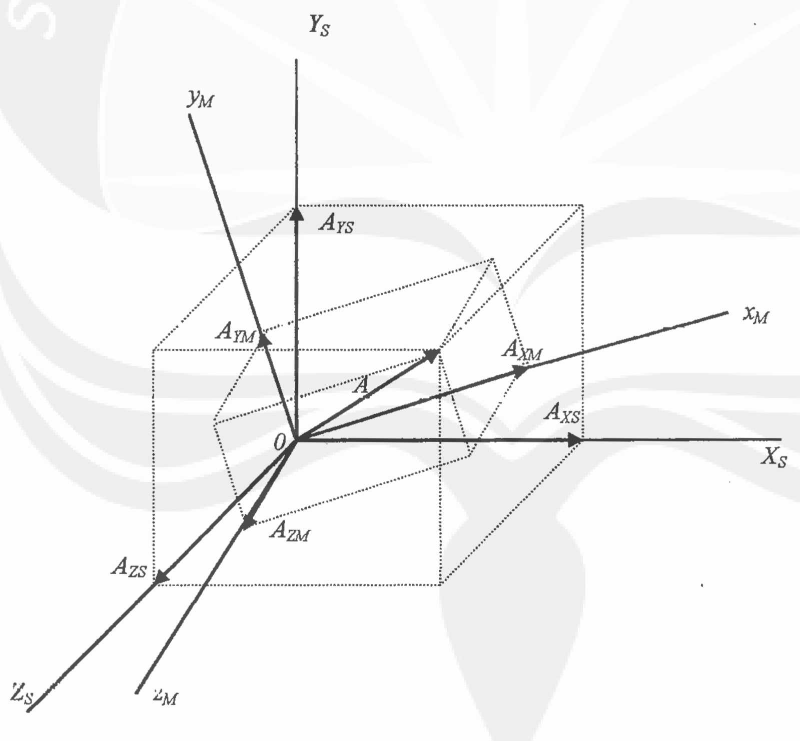
Tanda panah pada gambar 2.7 menyatakan translasi. Translasi di titik kumpul *j* diberi nomor 1 dan 2, dan translasi di titik kumpul *k* diberi nomor 3 dan 4.

2.5.2.2. Matriks Kekakuan Batang Lokal

Matriks kekakuan batang dalam sistem koordinat lokal $[S_M]$ pada gambar 2.7 dapat dirumuskan sebagai berikut (Weaver and Gere, 1986, hal 203) :

$$[S_M] = \begin{bmatrix} S_{Mjj} & S_{Mjk} \\ S_{Mkj} & S_{Mkk} \end{bmatrix} = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{2-2}$$

2.5.2.3. Matriks Rotasi



Gambar 2.8 Rotasi Sumbu dalam Tiga Dimensi

Pada gambar 2.8 dilihat bahwa aksi A dapat diuraikan dalam tiga komponen A_{XS}, A_{YS} dan A_{ZS}, alternatif lainnya, A diuraikan dalam tiga komponen A_{XM}, A_{YM} dan A_{ZM} pada arah X_M, Y_M dan Z_M. Tiga komponen terakhir ini dapat dinyatakan dalam tiga komponen sebelumnya dengan inspeksi geometri pada gambar 2.8, persamaannya adalah

$$A_{XS} = A_{XM} \cos\gamma - A_{YM} \sin\gamma$$

$$A_{YS} = A_{XM} \sin\gamma + A_{YM} \cos\gamma$$

Pada rangka batang bidang, tidak ada rotasi sehingga sumbu batang tidak diputar, maka:

$$A_{ZS} = A_{ZM} = 0$$

atau

$$A_{XM} = A_{XS} \cos\gamma + A_{YS} \sin\gamma$$

$$A_{YM} = -A_{XS} \sin\gamma + A_{YS} \cos\gamma \qquad (2\text{-}3)$$

Jika diubah ke dalam bentuk matriks, persamaannya menjadi

$$\begin{Bmatrix} A_{XM} \\ A_{YM} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\gamma & \sin\gamma \\ -\sin\gamma & \cos\gamma \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A_{XS} \\ A_{YS} \end{Bmatrix} \qquad (2\text{-}4)$$

Persamaan (2-4) dapat diringkas sebagai berikut (Weaver and Gere, 1986, hal 220) :

$$\{A_M\} = [R] \, . \, \{A_S\} \qquad (2\text{-}5)$$

dengan A_M adalah vektor yang terdiri dari komponen aksi A yang sejajar dengan sumbu X_M dan Y_M, A_S adalah vektor yang berisi komponen aksi A yang sejajar sumbu X_S dan Y_S, sedangkan R adalah matriks kosinus arah yang disebut matriks rotasi.

Sebelum mendapatkan matriks kekakuan global maka terlebih dulu dibentuk matriks rotasinya $[R]$ sebagai berikut (Weaver and Gere, 1986, hal 222) :

$$[R]=\begin{bmatrix} Cx & Cy \\ -Cy & Cx \end{bmatrix} \tag{2-6}$$

$$C_Y=\frac{y_k-y_j}{L} \qquad C_X=\frac{x_k-x_j}{L}$$

$$L=\sqrt{(x_k-x_j)^2+(y_k-y_j)^2} \tag{2-7}$$

dengan Cx dan Cy adalah kosinus arah x dan y suatu batang, L adalah panjang batang, x_j dan y_j adalah koordinat ujung j pada suatu batang, sedangkan x_k dan y_k adalah koordinat ujung k suatu batang.

2.5.2.4. Matriks Kekakuan Batang Global

Setelah matriks rotasi sudah terbentuk, maka selanjutnya dibentuk matriks transformasi rotasi $[R_T]$ untuk batang pada rangka batang bidang sebagai berikut

$$[R_T]=\begin{bmatrix} R & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \tag{2-8}$$

Kemudian matriks kekakuan batang global dihitung dengan perkalian berikut ini

$$[S_{MS}] = [R_T]^T \, . \, [S_M] \, . \, [R_T] \tag{2-9}$$

2.5.3. Persamaan Aksi untuk Analisis Rangka Batang Bidang

Persamaan aksi untuk analisis rangka batang bidang merupakan persamaan linear yang terdiri dari vektor beban atau aksi gabungan $\{A_C\}$ yang terdiri dari beban titik kumpul $\{A_J\}$ dan beban batang yang diganti dengan titik ekivalen $\{A_E\}$, vektor perpindahan $\{D_J\}$ dan matriks kekakuan titik $[S_J]$ yang dibentuk dari matriks kekakuan batang $[S_{MS}]$, dengan hubungan seperti di bawah ini :

$$\{A_C\} = [S_J] \cdot \{D_J\} \tag{2-10}$$

Bila persamaan (2-8) diekspansi, akan diperoleh

$$\begin{Bmatrix} A_{FC} \\ A_{RC} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{FF} & S_{FR} \\ S_{RF} & S_{RR} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_F \\ D_R \end{Bmatrix} \tag{2-11}$$

dalam persamaan ini, subkrip F dan R masing-masing menunjukkan perpindahan bebas dan terkekang.

Pada persamaan (2-9), matriks kekakuan titik dan vektor gaya atau beban serta vektor perpindahan sudah ditata ulang, sehingga penyelesaian dasar untuk perpindahan titik kumpul bebas $\{D_F\}$ adalah (Weaver and Gere, 1986, hal 170) :

$$\{D_F\} = \lfloor S_{FF}^{-1} \rfloor \{A_{FC}\} \tag{2-12}$$

dalam persamaan ini $\{A_{FC}\}$ adalah vektor beban titik kumpul gabungan yang selaras dengan $\{D_F\}$.

Setelah perpindahan titik kumpul bebas $\{D_F\}$ dihitung, reaksi tumpuan $\{A_R\}$ dapat diperoleh sebagai berikut (Weaver and Gere, 1986, hal 171) :

$$\{A_R\} = -\{A_{RC}\} + [S_{RF}] \cdot \{D_F\} \tag{2-13}$$

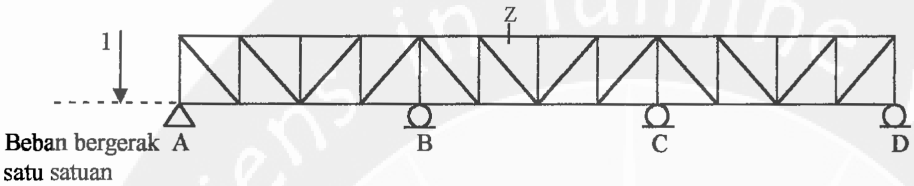
Gaya batang $\{A_M\}$ dapat dihitung sebagai berikut (Weaver and Gere, 1986, hal 225) :

$$\{A_{Mi}\} = \{A_{MLi}\} + [S_{Mi}] \cdot [R_{Ti}] \cdot \{D_{Ji}\} \tag{2-14}$$

dengan $\{A_{ML}\}$ adalah gaya di ujung batang terkekang akibat beban pada batang.

2.6. Penerapan Metode Kekakuan pada Garis Pengaruh Rangka Batang Bidang

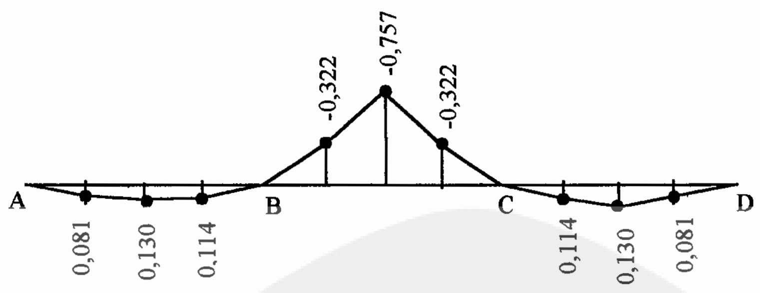
Metode kekakuan pada garis pengaruh digunakan untuk mencari ordinat. Nilai ordinat garis pengaruh didapat dari pembebanan satu satuan di titik kumpul $\{A_J\}$ pada batang yang dilewati beban berjalan.



Gambar 2.9 Rangka Batang Bidang dengan Beban Bergerak Satu Satuan

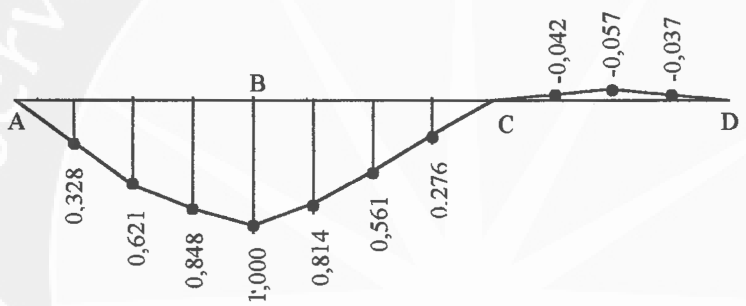
Pada struktur rangka batang bidang, pembebanan satu satuan di titik kumpul $\{A_J\}$ pada batang yang dilewati beban berjalan tersebut menghasilkan perpindahan titik kumpul $\{D_F\}$, reaksi tumpuan $\{A_R\}$, dan gaya ujung batang $\{A_{Mi}\}$, tetapi untuk perpindahan titik kumpul $\{D_F\}$ tidak dipakai dalam pembuatan garis pengaruh.

Untuk mendapatkan ordinat garis pengaruh rangka batang bidang pada reaksi tumpuan, maka nilai yang dipakai adalah reaksi tumpuan yang tegaklurus terhadap bidang tumpuan $\{A_{R2}\}$, sedangkan untuk mendapatkan ordinat garis pengaruh rangka batang bidang pada gaya batang, maka nilai yang dipakai adalah gaya ujung batang pada ujung k suatu batang yang searah batang pada arah horisontal $\{A_{M3}\}$.



Gambar 2.10 Garis Pengaruh pada Batang Z

Hasil pembebanan satu satuan, baik untuk reaksi tumpuan maupun gaya batang, kemudian diplot tepat di posisi beban satuan terpusat bergerak, maka hasilnya adalah suatu garis pengaruh.



Gambar 2.11 Garis Pengaruh pada Reaksi Tumpuan B