

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

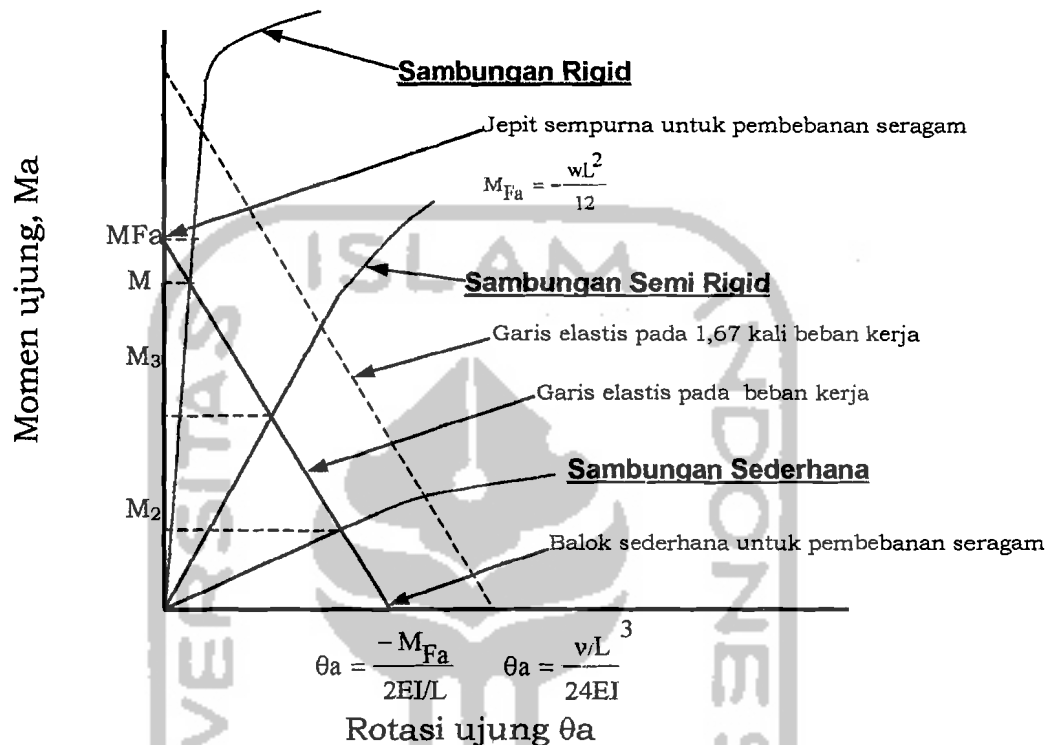
Perkembangan pembangunan bidang konstruksi saat ini semakin pesat dan maju, terutama pembangunan konstruksi bangunan gedung bertingkat tinggi (*High – rise Building*). Pada konstruksi gedung bertingkat tinggi yang paling penting diperhatikan adalah pertemuan antara balok dan kolom.

Pada perencanaan konstruksi rangka baja konvensional, pertemuan antara balok dan kolom selalu dianalisa dengan anggapan join antara balok dan kolom adalah kaku-sempurna (*fully rigid*) ataupun perletakan sederhana (*flexible*).

Pengansumsian join rigid menunjukkan perilaku bahwa momen yang terjadi antara batang-batang join ditransfer sepenuhnya dari balok ke kolom. Sedangkan anggapan sambungan fleksibel menunjukkan perilaku bahwa balok akan ditopang secara sederhana dan kolom sama sekali tidak menahan gaya momen dari balok.

Pengasumsian perilaku sambungan rigid dan fleksibel menjadikan prosedur-prosedur analisis dan desain menjadi relatif sederhana dan lebih mudah diselesaikan. Namun kebenaran asumsi ini harus dipertanyakan untuk kasus-kasus dimana kekakuan sambungan berada diantara kasus-kasus *fully rigid* dan *flexible*.

Kekakuan yang ditinjau di sini adalah hubungan kelengkungan kurva yang terjadi antara momen sambungan M dan rotasi θ . Karakteristik momen dan rotasi dari 3 jenis tipe sambungan ditunjukkan dalam gambar 1.1. di bawah ini.



Gambar 1.1. Karakteristik momen rotasi ketiga jenis sambungan
(Sumber : Charles G. Salmon, 1996)

Gambar di atas menunjukkan grafik persamaan garis dan kekakuan momen-rotasi dari ketiga jenis sambungan. Persamaan sudut perputaran dengan kerja virtual :

$$\theta = \int \frac{Mm}{EI} dx$$

Pada balok sederhana untuk beban merata, dengan data sebagai berikut :

Batas-batas	: $x=0$ s/d $x=L$
M	: $\frac{1}{2} wLx - \frac{1}{2} wx^2$
m	: x/L

Maka persamaan sudut perputaran pada balok sederhana:

$$\begin{aligned}\theta &= \int \frac{Mm}{EI} dx \\ &= \int \frac{\left(\frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}\right)\left(\frac{1}{L}x\right) dx}{EI} \\ &= \frac{1}{EI} \int \left(\frac{wx^2}{2} - \frac{wx^3}{2L}\right) dx \\ &= \frac{wL^3}{24EI}\end{aligned}$$

Dari persamaan *slope-deflection* didapat : $M_a = M_{Fa} + \frac{2EI}{L} \theta_a$

Maka dari kondisi ujung :

1. Kondisi jepit penuh, jika $\theta_a=0$ maka $M_a = M_{Fa}$
2. Kondisi ujung sendi, jika $M_a=0$ maka $\theta_a = -\frac{M_{Fa}}{2EI/L}$

Sambungan kaku (*Rigid*) umumnya harus memikul momen ujung M_1 , yang sekitar 90% dari M_{Fa} atau lebih; jadi, derajat pengkangannya dapat dikatakan 90%. Sambungan sederhana (*Flexible*) hanya dapat menahan 20% dari momen M_{Fa} atau kurang, seperti yang ditunjukkan oleh momen M_2 , sedang sambungan semi-kaku (*Semi Rigid*) diperkirakan menahan momen sebesar M_3 , yang mungkin sekitar 50% dari momen primer M_{Fa} . Jika karakteristik momen-rotasi suatu sambungan dapat ditetapkan, maka kekuatannya dapat direncanakan sedemikian rupa hingga rotasi ujung θ yang timbul sepadan (*compatible*) dengan rotasi akibat beban.

Memperhatikan hal-hal tersebut, maka diperlukan analisis struktur yang mendalam mengenai sambungan semi-rigid, sehingga diperoleh perencanaan struktur rangka baja dengan pengansumsian yang lebih rasional dan pendekatan yang lebih realistis pada struktur rangka baja.

1.2. Rumusan Masalah

Portal semi-rigid mengasumsikan bahwa kekakuannya diantara sambungan rigid dan fleksibel, yaitu untuk pengekangan rotasinya berkisar antara 20% dan 90% dari yang diperlukan untuk mencegah perubahan sudut. Alternatifnya, kita dapat menganggap momen yang disalurkan pada sambungan kerangka semi-rigid tidak sama dengan nol (atau kecil sekali) seperti pada sambungan kerangka sederhana, dan juga tidak memberikan kontinuitas momen penuh seperti anggapan yang dipakai pada analisis elastis portal rigid. Untuk mengetahui bahwa suatu struktur rangka baja berada dalam kekakuan sambungan semi-rigid maka perlu diadakan analisa struktur lebih lanjut, agar asumsi yang digunakan diatas dapat terbukti. Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan metode matrik.

Untuk memperoleh hasil yang akurat, analisa tersebut diaplikasikan dalam program komputer menggunakan bahasa Turbo Basic.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas analisis, dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut ini .

- a. Pembebanan terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban angin.
- b. Metode analisa yang digunakan adalah metode matriks.
- c. Faktor kekakuan batang spring besarnya diasumsikan.
- d. Sambungan semi-rigid hanya diasumsikan pada sambungan balok ke kolom, sedangkan sambungan antar kolom tetap rigid.
- e. Model konstruksi yang diteliti adalah gedung perkantoran dua lantai.

- f. Desain profil baja berdasarkan peraturan AISC - LRFD.
- g. Pemrograman komputer menggunakan bahasa Turbo Basic.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari pentusunan Tugas Akhir ini antara lain :

- a. Mengetahui analisa struktur dari sambungan semi-rigid secara jelas.
- b. Membuat program komputer untuk analisa portal semi-rigid.
- c. Membandingkan hasil analisa portal rigid dan portal semi-rigid.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan pengasumsian sambungan struktur baja sebagai sambungan semi-rigid maka akan mendapatkan manfaat antara lain :

- a. Pengasumsian yang lebih rasional dan pendekatan yang lebih realistis pada struktur rangka baja
- b. Dengan pembuatan program Turbo Basic dapat membantu analisa perhitungan
- c. Sebagai alternatif desain sambungan portal baja

1.6. Metode Analisis

1.6.1. Menetapkan Metode Analisis

Metode analisis yang dipakai dengan tinjauan yang akan dianalisis dan tujuan yang akan dicapai. Pada analisa struktur sambungan semi-rigid dipakai metode matrik kekakuan sehingga sesuai dengan apa yang akan ditinjau dan disimpulkan dalam analisa struktur sambungan semi-rigid.

1.6.2. Memahami Karakteristik Bahan dan Rumus yang Akan Digunakan

Sebelum menganalisa struktur sambungan semi-rigid pemahaman rumus dasar yang digunakan harus sesuai dengan metode analisis yang digunakan. Karakteristik bahan seperti mutu baja, beban yang terpakai, profil baja serta pemahaman program dengan bahasa Turbo Basic sangat mendukung dalam melakukan analisis.

1.6.3. Analisa

Setelah memenuhi kriteria untuk hitungan dilakukan analisa struktur sambungan semi-rigid sesuai dengan metode, besaran dan karakteristik bahan yang dipakai, sehingga didapatkan satu program penghitungan sesuai dengan yang diharapkan.

1.7. Tinjauan Pustaka

1.7.1. Sambungan Semi Rigid

Analisa perencanaan rangka baja konvensional selalu dilakukan dengan anggapan join antara balok-kolom adalah kaku-sempurna (*fully rigid*) ataupun dengan perletakan sederhana (*fleksibel*)

Pengasumsian join kaku sempurna menunjukkan perilaku bahwa momen yang terjadi antara batang-batang join ditransfer sepenuhnya dari balok ke kolom. Sedangkan anggapan sambungan perletakan sederhana menunjukkan perilaku bahwa balok akan ditopang secara sederhana dan kolom sama sekali tidak menahan gaya momen dari balok.

Kekakuan yang ditinjau di sini adalah hubungan kelengkungan kurva yang terjadi antara momen sambungan M dan rotasi relatif sambungan θ_r .

Pengasumsian perilaku sambungan rigid dan fleksibel sederhana menjadikan prosedur-prosedur analisis dan desain menjadi relatif sederhana dan lebih mudah diselesaikan. Namun kebenaran asumsi ini harus dipertanyakan untuk kasus-kasus dimana kekakuan sambungan berada diantara kasus-kasus *fully rigid* dan *flexible*.

Pengamatan-pengamatan eksperimental mengenai perilaku struktur rangka baja banyak dilakukan oleh para ahli yang berkompeten dalam bidang ini. Pengamatan terhadap penilaian kekakuan untuk pertama kalinya dilakukan oleh seorang ilmuwan ternama C. R. Young tahun 1917 dari Universitas Illinois. Eksperimen yang dilakukannya adalah melakukan tes dan menghitung sambungan-sambungan balok ke kolom baja. Sejak saat itu percobaan-percobaan mengenai kekakuan terus berlanjut.

Pengamatan yang mulai gencar dilakukan dan dibicarakan sejak tahun 1980-an menunjukkan hasil bahwa semua sambungan yang ditinjau mempunyai kekakuan yang jatuh antara dua kasus ekstrim kaku sempurna dan fleksibel (Chen dan Lui, '86; Chen, '87, '88; Chen dan Kishi, '89; Beddle, '93; dan lain-lain)

Pada AISC-ASD ada 3 tipe konstruksi, yaitu :

1. Tipe 1, *Rigid Frame* (Kerangka kaku)

- a. Sambungan diasumsikan mempunyai kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut geometri antara batang-batang pada titik-titik pertemuan.

- b. Dianggap tidak terjadi rotasi relatif sambungan.
- c. Gaya-gaya momen ujung balok sepenuhnya ditransferkan ke kolom.
- d. Sudut joint sambungan adalah nol.
- e. Sambungan ini lebih ditujukan untuk analisis struktur elastis

2. Tipe 2, *Simple Frame* (Rangka sederhana).

- a. Sambungan balok dengan balok girder, hanya memindahkan reaksi gaya geser vertikal saja tanpa gaya momen.
- b. Tidak ada gaya yang menahan rotasi yang terjadi, sehingga sambungan dapat berotasi tanpa pengekangan.
- c. Momen sambungan selalu nol.

3. Tipe 3, *Semi-Rigid Frame* (rangka setengah kaku)

- a. Mengasumsikan bahwa sambungan dapat memindahkan reaksi gaya geser vertikal dan juga memiliki kapasitas untuk memindahkan momen.
- b. Pada sambungan terjadi sudut rotasi akibat momen yang ditahan.

Disamping ASD, AISC mengeluarkan pedoman lain pada tahun 1986 dengan menerbitkan edisi pertama dari spesifikasi *Load and Resistance Force*. Sebagaimana pendahulunya, pada edisi kedua (AISC-LRFD) terdapat 2 tipe konstruksi, yaitu :

1. Tipe FR (*Fully Restraint*, pengekangan penuh)
2. Tipe PR (*Partially Restraint*, pengekangan sebagian)

Tipe FR cocok dengan ASD tipe 1, Tipe PR termasuk tipe 2 & 3 ASD. Jika menggunakan konstruksi tipe PR atau yang dimaksud dalam penulisan ini

adalah tipe desain *semirigid frames* (rangka semi-rigid), maka efek fleksibilitas dan kelenturan sambungan harus diperhatikan pada prosedur analisis dan desainnya. Jika dilakukan pengamatan terhadap kedua spesifikasi ini, terdapat sedikit perbedaan antara spesifikasi ASD dan LRFD dalam penerapannya. Pada spesifikasi ASD konstruksi sistem semi-rigid didesain dengan menggunakan penyederhanaan asumsi bahwa sambungan fleksibel untuk balok dan rigid untuk kolom. Asumsi ini menghasilkan *overdesign* pada balok dan *underdesign* pada kolom. Penggunaan elemen balok menjadi agak boros, sedangkan kolom sebaliknya.

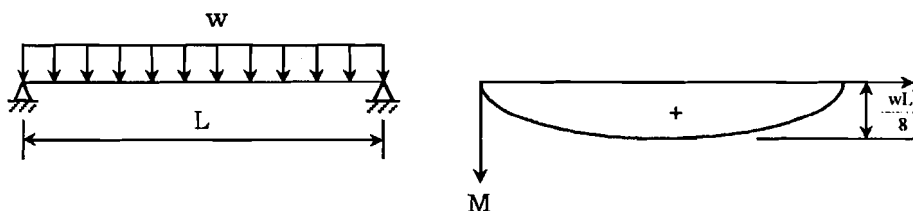
Spesifikasi LRFD mengambil penyederhanaan asumsi dari aturan desain tipe 2 ASD, serta meninjau perilaku aktual sambungan seperti desain tipe 3 ASD. Di sini perilaku yang aktual diperhatikan sepenuhnya, sehingga proses desain menjadi lebih teliti dan rasional serta lebih optimal dalam penggunaan material.

Dari literatur yang ada dapat disimpulkan bahwa desain rangka semirigid adalah perencanaan yang mengambil asumsi bahwa sambungan-sambungan balok dan kolom berada di antara kondisi kaku sempurna (*fully rigid*) dan perletakan sederhana (*fleksibel*) dimana sambungan tersebut dapat memindahkan gaya-gaya vertikal dan juga memiliki kapasitas untuk memindahkan momen.

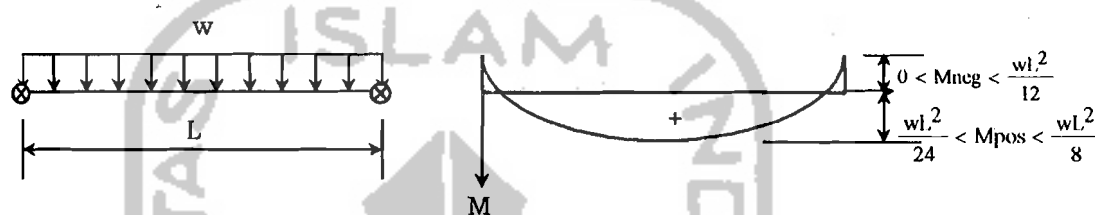
Perbandingan momen yang terjadi akibat adanya pengeangan pada ujung batang akan ditampilkan di bawah ini :

BalokDiagram Momen

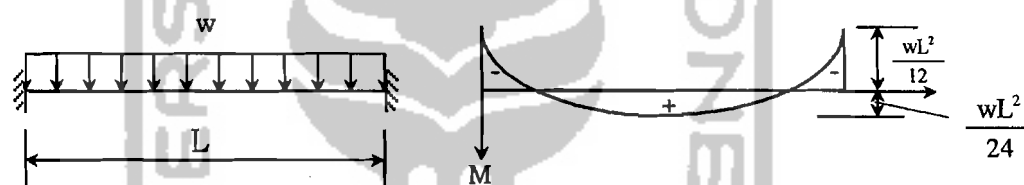
1. Pengekangan Sederhana



2. Pengekangan Semi Rigid



3. Pengekangan Rigid



Gambar 1.2. Perbandingan Momen Akibat Pengekangan
(*WF.Chen, 1991*)

1.7.2. Aljabar Matriks

Dengan adanya kemajuan yang cukup pesat dalam bidang elektronika, khususnya bidang komputer, maka proses hitungan dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan banyak menggunakan cara aljabar matriks. Matriks adalah suatu rangkaian unsur yang disusun dalam baris dan kolom. Bila susunan itu terdiri dari atas m baris dan n kolom, disebut matriks $m \times n$. Secara umum suatu matriks $m \times n$ dapat ditulis sebagai berikut :

$$[A] = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

Suatu unsur matriks dengan simbol a_{ij} berarti unsur tersebut berada pada baris i dan kolom j . (Susastrawan; 1990)

Aljabar matriks digunakan dalam analisa struktur atas dua alasan. Pertama, matriks bisa menunjukkan suatu himpunan besaran aljabar atau numerik dengan simbol tunggal; jadi notasi matriks boleh dianggap sebagai penyingkatan tulisan. Keuntungan kedua ialah besaran yang dibutuhkan dalam analisa bisa ditata secara sistematis, sehingga penyelesaiannya dapat diperoleh dengan himpunan operasi matriks. Program komputer operasi ini juga mudah dibuat, dan program standar untuk seluruh operasi matriks biasanya telah tersedia. Selain itu, sifat organisatoris matriks menguntungkan untuk dipakai dalam perhitungan dengan tangan.

1.7.3. Bahasa Basic (Turbo Basic)

Bahasa Basic diciptakan dengan tujuan utama sebagai bahasa awam media perantara pemakai berinteraksi langsung dengan komputer. Basic singkatan dari *Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code*. Pencipta dari bahasa Basic adalah John G. Kemeny, profesor dari Dartmouth College dan Thomas E. Kurtz pada tahun 1960. Bahasa komputer awam disebut juga dengan nama bahasa tingkat tinggi (*high level language*) atau bahasa yang orientasinya ke pemecahan masalah (*problem oriented language*).

Untuk *problem oriented language* lainnya, di dalam membuat program yang paling sederhana pun masih dibutuhkan pengetahuan program yang cukup memadai. Lain halnya dengan *problem language* Basic, seseorang dapat membuat program yang sederhana dengan hanya bermodal pengetahuan Basic yang rendah. Bahasa Basic relatif mudah dipahami dan dimengerti. (Jogiyanto H.M; 1992)

Tetapi sering para pemrogram Basic sering terhambat tidak dapat mengembangkan program secara leluasa. Pertama disebabkan kecepatan eksekusi program Basic yang sangat lambat (karena memakai interpreter Basic, seperti Basic). Kedua, pada masalah tertentu, implementasi ternyata harus memakai bahasa mesin yang dicampurkan dalam program Basic, disebabkan tidak adanya perintah dalam tingkat tinggi. Dengan menggunakan Turbo Basic (suatu kompailer Basic yang dikeluarkan oleh perusahaan Borland International), kesulitan untuk mempelajari bahasa mesin atau rakitan dapat dihindari. Sebab Turbo Basic menyediakan sejumlah fasilitas yang memungkinkan untuk membuat program tanpa menggunakan perintah dalam bentuk tingkat. (Abdul Kadir; 1993)