

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Desain struktur merupakan salah satu bagian dari proses perencanaan bangunan. Ketepatan dan kepehaman dalam mendesain suatu struktur bangunan mutlak diperlukan agar bangunan tersebut aman, nyaman dan ekonomis. Oleh karena itu, proses ini harus dilakukan dengan teliti dan seefisien mungkin, karena merupakan tahap awal dan sebagai kunci kualitas suatu bangunan. Selain itu, penggunaan *software computer* juga mutlak diperlukan untuk mempermudah menganalisis suatu struktur agar lebih cepat dan akurat, akan tetapi seorang *engineer* harus menggunakan *software* tersebut hanya sebagai *tools*, sehingga tidak selalu bergantung kepada *software* tersebut.

Dalam perkembangan dunia konstruksi, bahan material yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pembangunan mulai mengalami perubahan. Yang dahulu menggunakan material beton, saat ini mulai berganti menggunakan material baja. Hal itu didasarkan atas keinginan manusia yang semakin lama semakin meningkat, yaitu keinginan membangun dengan proses relatif lebih cepat dan artistik yang mengesankan (dimensi penampang lebih kecil). Oleh karena itu, struktur baja dipilih sebagai alternatif untuk mewujudkan tujuan tersebut.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan tinjauan pustaka dari penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas dan meneliti tentang analisis struktur bangunan yang lebih mengarah pada perencanaan struktur menggunakan material baja. Berikut adalah penelitian-penelitian yang digunakan sebagai tinjauan pustaka penelitian ini.

2.2.1 Alternatif Penggunaan Struktur Rangka Baja pada Gedung D'Soya Hotel Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Penelitian ini dilakukan karena adanya pemikiran penulis, bahwa konstruksi baja adalah salah satu pilihan yang cukup atraktif dalam membangun gedung bertingkat tinggi, dikarenakan baja adalah suatu jenis bahan bangunan yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, kekuatan, dan sifatnya cocok untuk pemikul beban. Oleh karena itu, baja saat ini banyak digunakan sebagai material struktur, misalnya untuk rangka utama bangunan bertingkat sebagai balok dan kolom, sistem penyangga atap dengan bentang panjang seperti hanggar, gedung olahraga, jembatan dan menara antena.

Penelitian ini dilakukan pada Gedung D'Soya Hotel dengan mendesain ulang gedung yang awalnya struktur beton bertulang menjadi struktur rangka baja dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perencanaan yang peneliti lakukan hanya perhitungan struktur atas yaitu perencanaan balok baja, kolom baja dan sambungan balok ke kolom. Dalam kebutuhan fungsi ruang gedung D'Soya Hotel, terdapat kebutuhan ruang terbuka yang luas dengan bentang balok utamanya cukup panjang, hingga mencapai 10 meter. Sehingga peneliti harus mendesain balok baja dengan kebutuhan bentang yang panjang dengan lendutan yang terjadi adalah seminimal mungkin.

Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil dari penelitian ini diperoleh dimensi profil yang mengacu pada *AISC Manual of Steel Construction LRFD* vol.1,2nd dan vol.2,2nd yaitu kuda-kuda solid beam menggunakan WF 200x150x6x9, gording menggunakan C 125x50x20x2,3. Balok anak untuk lantai dan atap menggunakan WF 350x250x9x14 pada bentang 8 m, sedangkan pada bentang 5,10 m dan 5,80 m menggunakan WF 300x150x5,5x8. Balok induk untuk lantai dan atap menggunakan WF 450x300x10x15 pada bentang 10,2 m, WF 400x200x8x13 pada bentang 8 m, 5 m, 4 m dan WF 350x250x9x14 pada bentang 5,8 m. Kolom yang digunakan untuk semua tingkat menggunakan HC30; 458x217x39x59. (Pideksa, 2011).

2.2.2. Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung BPJN XI

Penelitian ini dilakukan berdasarkan perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil yang begitu pesat. Saat ini, perencana konstruksi bangunan dituntut untuk mampu merencanakan bangunan yang daktail, yaitu bangunan yang dapat menahan respon inelastik akibat beban gempa yang dikenal dengan istilah sistem rangka pemikul momen. Sulawesi Utara masuk dalam zona gempa 5 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi, sehingga analisis strukturnya dapat direncanakan dengan menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Peneliti merencanakan dimensi struktur baja dengan mengikuti pedoman *American Institute of Steel Construction AISC 341-10, AISC 358-10, AISC 360-10* dan Standar Nasional Indonesia SNI 03-1729-2002. Perencanaan gedung dengan mengandalkan bantuan program *ETABS* pada kasus bangunan Gedung BPJN XI berupa model struktur, dimensi penampang struktur dan gaya dalam yang diperlukan untuk memenuhi kriteria perencanaan sistem rangka pemikul momen khusus pada komponen balok–kolom, serta menentukan lokasi sendi plastis pada balok untuk perencanaan sambungan agar tercapainya konsep *strong column weak beam*. Peneliti juga merencanakan sambungan digunakan model sambungan *bolted flange plate moment connection*.

Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil analisis dan desain pada bangunan Gedung BPJN XI yaitu diperoleh penampang kolom dengan profil WF 400 X 400 dan penampang balok 2 dengan profil WF 340 X 250 yang tidak memenuhi kriteria penampang untuk sistem rangka pemikul momen khusus, sehingga peneliti melakukan redesain pada kedua penampang tersebut dan merekomendasikan profil WF 414 X 405 pada penampang kolom dan profil WF 440 X 300 pada penampang balok yang telah masuk dalam kriteria perencanaan sistem rangka pemikul momen khusus. Untuk perencanaan sambungan, peneliti mendesain dua macam jenis sambungan dengan masing-masing tipe profil balok yang telah memenuhi kriteria perencanaan *strong column weak beam*. (Sampakang, dkk, 2013)

2.2.3 Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik pada Level Kinerja Yang Sama.

Penelitian ini dilakukan karena saat ini menggunakan analisis non-linear seperti analisis statik nonlinear *pushover* mulai banyak digunakan dalam perencanaan struktur berbasis kinerja. Konsep perencanaan ini menjadi awal baru dalam mendesain struktur terhadap beban gempa atau yang lebih dikenal dengan *Performance Based Earthquake Engineering* (PBEE). Pada struktur bangunan tahan gempa, material baja banyak digunakan karena sifatnya yang daktail. Dalam SNI 1726:2013 dijelaskan bahwa ada beberapa sistem struktur bangunan baja yang diantaranya adalah sistem rangka pemikul momen (SRPM) dan sistem rangka bresing (SRB). Kinerja dari sistem-sistem struktur baja ini tentu memiliki pengaruh terhadap gempa yang berbeda-beda.

Peneliti menganalisis struktur baja untuk gedung beraturan sebanyak enam buah model dalam bentuk struktur 3 dimensi yang dibuat dan dianalisis dengan menggunakan bantuan *commercial software*. Adapun keenam model tersebut terdiri atas 3 buah model struktur SRPMK dan 3 buah model SRBE dengan tingkat yang bervariasi, yaitu tingkat rendah (4 lantai), tingkat menengah (7 lantai) dan tingkat tinggi (10 lantai). Analisis yang dilakukan meliputi analisis linear untuk menghitung gaya-gaya dalam elemen struktur dan analisis *nonlinear static pushover* untuk mengevaluasi kinerja struktur yang telah didesain agar didapatkan level kinerjanya mencapai *life safety*.

Peneliti menyimpulkan dari hasil analisis, bahwa perbandingan efisiensi antara struktur baja menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan struktur baja menggunakan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) pada level kinerja yang sama yaitu *Life Safety* dengan mengacu pada ketentuan SNI 1726:2012 adalah:

1. Pada level kinerja yang sama yaitu *Life Safety*, SRPMK memiliki target perpindahan dan gaya geser seismik yang lebih besar dibandingkan dengan SRBE. Semakin tinggi jumlah tingkat maka persentase perbandingannya menjadi semakin kecil.

2. SRPMK memiliki nilai berat total material baja yang lebih besar dibandingkan SRBE pada level kinerja yang sama yaitu level kinerja *Life Safety*. Semakin tinggi jumlah tingkat maka persentase perbandingan material baja yang digunakan antara kedua struktur menjadi semakin kecil. (Sudarsana, dkk, 2015)

2.2.4 Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Pandanaran Yogyakarta Menjadi Struktur Rangka Baja Menggunakan SNI 1729:2015

Penelitian ini dilakukan karena pembangunan gedung menggunakan struktur rangka baja masih kurang diminati di Indonesia. Padahal, struktur rangka baja dinilai masih dapat bersaing dengan portal beton bertulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kedua material tersebut dengan studi kasus gedung Hotel Pandanaran Yogyakarta.

Perancangan ulang hanya berupa portal pada bangunan, yaitu balok, kolom dan sambungan dengan menggunakan baja profil WF dan sambungan tipe *semi-rigid*. Sambungan yang ditinjau hanya pada hubungan antara kolom dan balok pada joint dengan gaya yang terbesar. Klasifikasi situs untuk keperluan analisis beban gempa secara umum diambil kondisi tanah sedang. Penelitian dengan mengandalkan analisis gedung menggunakan *SAP2000*. Pemodelan struktur terdiri dari kolom, balok induk, balok anak dan pelat lantai. Beban yang ditinjau terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban gempa. Penentuan beban mati dan beban hidup mengacu pada PPURG 1989 dan penentuan beban gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Hasil dari perancangan tersebut kemudian dianalisis terhadap batas-batas kekuatan yang sesuai dengan SNI 1729-2015 dan *AISC Specification for Structural Steel Building 2010*.

Peneliti menyimpulkan bahwa, hasil dari penelitian ini diperoleh profil yang digunakan pada komponen balok induk terdiri dari 13 macam profil WF, balok anak terdiri dari 8 macam profil WF, dan kolom terdiri dari 3 macam profil WF. Sambungan yang digunakan adalah sambungan baut tipe *extended-end-plate*. Sambungan tersebut menggunakan baut mutu A449 dengan diameter 36 mm. Hasil dari perancangan tersebut dibandingkan dengan kondisi eksisting. Perbandingan

tersebut ditinjau dalam beberapa parameter. Ditinjau dari sisi berat, struktur rangka baja lebih ringan 51,39 % dibandingkan dengan struktur portal beton bertulang, namun dari sisi ekonomi struktur beton bertulang lebih hemat 40,89% dibandingkan dengan struktur baja. (Trijadir, 2015)

2.3 Perbandingan Penelitian

Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Judul	Pengarang dan Tahun Terbit	Jenis Penelitian	Objek	Metode	Aspek Penelitian
1	Alternatif Penggunaan Struktur Rangka Baja pada Gedung D'Soya Hotel Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	Thomas Arya Pideksa, 2011	Tugas Akhir S1/Skripsi	Gedung D'Soya Hotel Surabaya	Desain gedung struktur baja dengan metode SRPMK dan AISC dalam LRFD	Balok, kolom dan sambungan balok ke kolom
2	Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung BPJN XI	Jusak Jan Sampakang, R.E. Pandaleke, J.D.Pangouw dan L.L.Khosama, 2013	Jurnal Penelitian	Gedung BPJN XI (Balai Pelaksanaan Jalan Nasional XI)	Desain gedung struktur baja dengan metode SRPMK dan AISC dalam LRFD	sambungan balok ke kolom

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Terbaru

No	Judul	Pengarang dan Tahun Terbit	Jenis Penelitian	Objek	Metode	Aspek Penelitian
3	Analisis Perbandingan Efisiensi Struktur Baja dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik pada Level Kinerja Yang Sama.	I Ketut Sudarsana, Ida Ayu Made Budiwati dan I Gede Juliarta, 2015	Jurnal Penelitian	Enam buah model bangunan 3 dimensi struktur yang terdiri atas 3 buah model struktur SRPMK dan 3 buah model stuktur SRBE yang masing-masing memiliki jumlah tingkat 4,7 dan 10	Analisis linier dan analisis <i>nonlinear static pushover</i>	Perbandingan efisiensi antara struktur baja dengan SRPMK dan SRBE
4	Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung 5 Lantai Menjadi Struktur Rangka Baja Menggunakan SNI 1729:2015	Muhammad Trijadir, 2015	Tugas Akhir S1/Skripsi	Hotel Pandanaran Yogyakarta	Desain gedung struktur baja berdasarkan AISC dalam LRFD	- Balok, kolom dan sambungan balok ke kolom - Rencana Anggaran Biaya

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Terbaru

No	Judul	Pengarang dan Tahun Terbit	Jenis Penelitian	Objek	Metode	Aspek Penelitian
5	Perencanaan Ulang Gedung Beton Bertulang Menggunakan Struktur Baja dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	Imam Agung Baskoro	Tugas Akhir S1/Skripsi	Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta	Desain gedung struktur baja dengan metode SRPMK dan AISC dalam LRFD	- Balok, kolom dan sambungan balok induk ke balok anak, balok ke kolom, kolom ke <i>base plate</i> - Rencana Anggaran Biaya

2.4 Keaslian Penelitian

Penelitian terbaru tidak berbeda jauh dengan penelitian-penelitian yang terdahulu. Penelitian terbaru masih mengambil beberapa konsep penelitian yang sudah ada. Penelitian terbaru ini mengambil judul “*Perancangan Ulang Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta Menggunakan Struktur Baja dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*”. Gedung yang menjadi objek penelitian adalah gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus atau biasa disingkat dengan SRPMK. Metode SRPMK dipakai karena metode ini cocok digunakan untuk bangunan gedung yang berlokasi di daerah yang sering mengalami gempa dengan risiko tinggi. Yogyakarta merupakan salah satu wilayah yang berada di lokasi dengan risiko gempa tertinggi tersebut. Hal ini lebih jelas tercantum pada SNI 1726:2012.

Penelitian yang dilakukan adalah dengan merancang kembali struktur gedung yang awalnya menggunakan beton bertulang menjadi struktur baja yang mampu menahan beban lateral dan gravitasi. Perancangan ulang yang dilakukan hanya pada portal gedung, yaitu meliputi balok, kolom dan sambungan. Selain itu peneliti merencanakan detail sambungan plat ke balok, balok ke balok, balok ke kolom, dan kolom ke *base plate*, sehingga terpenuhinya konsep desain kapasitas untuk mencapai kondisi “*Strong Column Weak Beam*”. Kondisi “*Strong Column Weak Beam*” atau “kolom kuat balok lemah”, artinya kondisi ketika struktur gedung memikul pengaruh Gempa Rencana, sendi-sendi plastis di dalam struktur gedung tersebut hanya boleh terjadi pada ujung-ujung balok, pada kaki kolom dan kaki dinding geser saja. Implementasi persyaratan ini di dalam perencanaan struktur beton dan struktur baja ditetapkan dalam standar beton dan standar baja yang berlaku (SNI Gempa 1726-2012).

Analisis gaya-gaya dalam pada bangunan tersebut dengan bantuan pemrograman komputer *SAP2000*. Setelah mendapatkan gaya-gaya dalam yang terjadi yaitu berupa SFD (*Shear Force Diagram*), BMD (*Bending Momen Diagram*) dan NFD (*Normal Force Diagram*), maka dapat dilanjutkan perencanaan dimensi balok, kolom dan sambungan dengan mengacu pada SNI baja terbaru yaitu

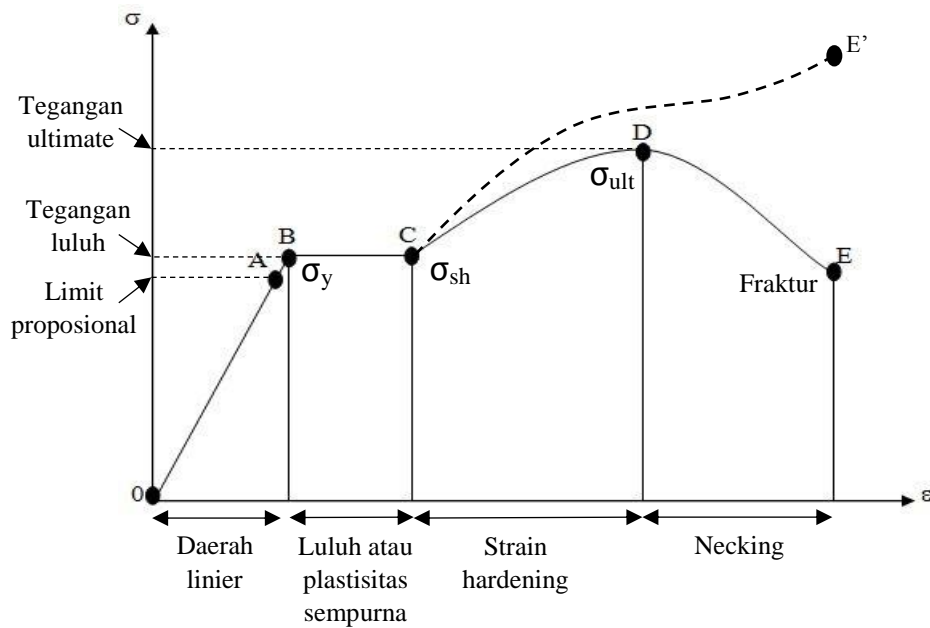
SNI 1729-2015 dan SRPMK pada SNI Desain Baja Seismik SNI 7860-2015. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan ilmu baru tentang bagaimana mendesain suatu bangunan struktur baja yang aman terhadap beban yang diterimanya, baik itu beban gravitasi maupun lateral.

2.5 Material Baja

Baja merupakan paduan antara besi dan karbon. Semakin banyak kandungan karbon, maka baja akan semakin kuat dan keras, namun sifat daktilitasnya akan menurun. Secara umum, baja terletak diantara besi tuang dan besi tempa. Besi tuang mengandung karbon dalam jumlah besar, sedangkan besi tempa sebaliknya yang mengandung karbon dalam jumlah kecil. Besi tuang sangat baik dalam menahan gaya tekan, sebaliknya besi tempa baik dalam menahan gaya tarik. Kombinasi antar keduanya membuat baja menjadi bahan struktur yang baik dalam menahan gaya tarik maupun tekan, sehingga dipakai secara luas di bidang bangunan teknik (Tjokrodinuljo, 2015).

2.5.1 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik baja perlu dipahami oleh seorang ahli struktur bangunan untuk mengetahui perilaku suatu struktur baja. Model pengujian yang paling tepat untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik dari material baja adalah dengan melakukan uji tarik terhadap suatu benda uji baja (Setiawan, 2008). Uji tekan tidak dapat memberikan data yang akurat terhadap sifat-sifat mekanik material baja karena beberapa hal, di antaranya adanya potensi tekuk pada benda uji yang mengakibatkan ketidakstabilan dari benda uji tersebut. Selain itu, perhitungan tegangan yang terjadi di dalam benda uji lebih mudah dilakukan untuk uji tarik daripada uji tekan. Secara proporsional, hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 berupa gambar diagram hubungan antara tegangan dan regangan suatu material baja.



Gambar 2.1 Diagram Tegangan dan Regangan Baja

(Sumber: <https://www.sipilpedia.com>)

Kondisi elastis yaitu kondisi pada saat keadaannya dibatasi sampai regangannya mencapai batas leleh (σ_y), selanjutnya, diikuti kondisi plastis mulai dari σ_y sampai σ_{sh} . Selanjutnya, terjadilah *strain hardening*. Tegangan pada kondisi *strain-hardening* tidak lagi konstan, namun mengalami peningkatan, yaitu mulai σ_{sh} sampai σ_{ult} . Pada kurva tersebut, tegangan pada σ_{ult} adalah kondisi maksimum, sehingga disebut juga tegangan batas atau tegangan ultimate (Dewobroto, 2015).

Nilai daktilitas dari berbagai material baja berbeda-beda. Baja mutu tinggi memiliki nilai daktilitas yang lebih rendah dibandingkan baja dengan mutu rendah. Beberapa baja mutu tinggi bahkan memiliki nilai daktilitas mendekati satu, atau dengan kata lain hampir tidak ada yang mendatar pada kurva tegangan-regangan (Setiawan, 2008).

2.5.2 Sifat Kelebihan dan Kekurangan Baja

Amon, dkk. (1996) menyatakan bahwa baja sebagai suatu material memiliki sifat keunggulan dibandingkan dengan material yang lain. Baja memiliki beberapa

keunggulan seperti kekuatan yang tinggi, kemudahan dalam pemasangan pada suatu konstruksi, sifat homogenya (kekuatan yang merata), serta daktilitas untuk mencegah keruntuhan yang tiba-tiba pada suatu struktur. Selain itu juga, Dewobroto (2015) menyatakan bahwa baja memiliki keunggulan dalam hal rasio antara berat sendiri dengan daya dukung beban yang dapat dipikulnya. Tinjauan dari segi kekuatan, kekakuan dan daktilitas sangat cocok dipakai mengevaluasi struktur yang diberi pembebanan. Kelebihan lain dari baja adalah karena buatan pabrik yang memiliki standarisasi bentuk profil, sehingga mempunyai kontrol mutu yang baik. Oleh karena itu, dapat dipahami bahwa kualitas material baja yang dihasilkan relatif homogen dan konsisten dibandingkan material yang lain seperti kayu dan beton, yang berarti mutu baja juga lebih dapat diandalkan.

Amon, dkk. (1996) menyatakan baja juga memiliki kekurangan sebagai suatu bahan konstruksi. Material baja rentan terhadap korosi. Hal ini dapat diatasi dengan perlindungan bahan lain seperti campuran semen dengan tebal kurang lebih 1 inci, adukan beton, atau dengan lapisan lain yang seperti gypsum atau bahan lainnya. Selain itu, Dewobroto (2015) menyatakan bahwa baja juga rentan dengan suhu tinggi atau bahaya api. Bangunan baja memang tahan terhadap kebakaran api, tetapi akibat suhu yang tinggi dapat mengalami penurunan kekuatan drastis, bahkan tidak tahan dalam memikul berat sendiri. Sehingga, apabila terjadi kebakaran yang sangat lama, ditakutkan dapat menghilangkan fungsi struktur pemikul beban dan dapat menyebabkan keruntuhan bangunan. Permasalahan ini dapat diatasi dengan memberikan *fireproofing* untuk menghambat kenaikan suhu ekstrim saat terjadi kebakaran.

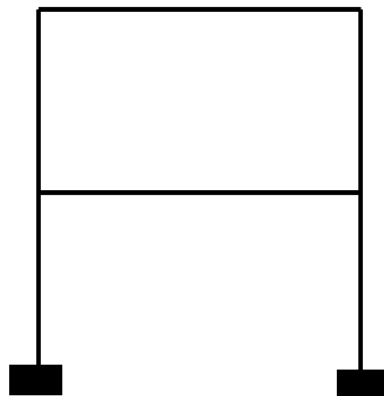
2.6 Struktur Portal

Portal terdiri dari balok dan kolom, baik yang terhubung secara *rigid* atau hanya terhubung sederhana dengan penopang diagonal untuk menjaga stabilitasnya. Biasanya portal didesain secara lebih kaku pada salah satu arah dari pada arah lainnya. Dengan demikian, bangunan tersebut dapat diperlakukan sebagai serangkaian rangka bidang. Namun apabila perilaku batang-batangnya pada salah satu bidang cukup mempengaruhi bidang lainnya, maka rangka tersebut harus

diperlakukan sebagai rangka ruang 3 dimensi (Salmon dan Johnson, 1992). Portal sendiri terbagi menjadi 2 macam yaitu portal bergoyang dan portal tak bergoyang. Penjelasan dari kedua macam portal tersebut adalah sebagai berikut.

2.6.1 Portal Bergoyang

Portal bergoyang adalah struktur portal yang stabilitas lateralnya tergantung pada kekakuan lentur balok dan kolom yang disambung secara *rigid* (kaku). (Salmon dan Johnson, 1992). Pada struktur portal bergoyang ini tidak menggunakan breising khusus, tetapi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frames*). Gambar bangunan portal bergoyang dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



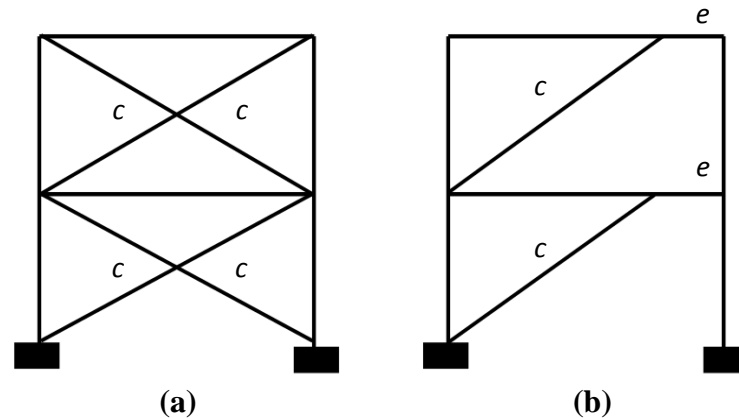
Gambar 2.2 *Moment Resisting Frames*

Desain struktur portal baja dengan konsep *Momen Resisting Frames* (MRF) memiliki kapasitas energi disipasi cukup baik terhadap kebutuhan daktilitas struktur, namun penggunaan konsep ini mengharuskan menggunakan elemen struktur yang besar dan mahal agar persyaratan *drift* pada struktur terpenuhi.

2.6.2 Portal Tak Bergoyang

Portal tak bergoyang adalah struktur portal yang stabilitas lateralnya diberikan oleh sabuk penahan diagonal (*c*), dinding geser atau sejenisnya. Sistem itu harus mampu mencegah tekuk dari struktur dan menjaga stabilitas lateralnya

(Salmon dan Johnson, 1992). Pada struktur portal baja sendiri, penahan diagonal ini bisa dalam bentuk breising, baik itu breising konsentris (*Concentrically Braced Frames*) maupun breising eksentris (*Eccentrically Braced Frames*). Gambar bangunan portal tak bergoyang dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Concentrically Braced Frames (a) dan Eccentrically Braced Frames (b)

Pada sistem *Concentrically Braced Frames* (CBF) batasan *drift* dapat dipenuhi dengan lebih mudah namun tidak memberikan mekanisme yang stabil untuk memberikan energi disipasi yang baik. Karena keterbatasan pada sistem MRF dan CBF ini, maka berkembang sistem ketiga yaitu *Eccentrically Braced Frames* (EBF). Pada sistem EBF ini penopang diagonal didesain eksentris terhadap *joint* kolom. Hasil yang diperoleh dengan menggunakan metode ini memberikan kombinasi kekuatan dan kekakuan dari sistem CBF dalam kondisi inelastik dengan kapasitas energi disipasi dari sistem MRF. Element yang sangat penting dalam desain EBF adalah bagian yang terletak antara *joint* pengaku diagonal dengan *joint* kolom-balok yang disebut dengan elemen link (*e*). Element link adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendissipasi energi pada saat terjadinya gempa kuat. Kelehan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut.

2.7 Bangunan Tahan Gempa

Kondisi bangunan ada dua yaitu kondisi pertama adalah kondisi bangunan yang sangat kuat, sangat aman, tetapi pembiayaannya sangat mahal. Bangunan yang sangat kuat seperti ini di maksudkan agar bangunan masih dalam kondisi elastis saat gempa sangat besar, sehingga bangunannya tidak mengalami keruntuhan. Bangunan seperti ini di maksudkan sebagai *earthquake proof building* yaitu bangunan yang betul-betul dapat menahan gaya gempa. Bangunan seperti ini secara umum tidak di inginkan karena begitu mahalnya biaya pembangunan. Selanjutnya kondisi bangunan yang sangat lemah dan relatif murah, tetapi selalu rusak kalau terjadi gempa, sehingga di perlukan berkali-kali membangun kembali yang akhirnya juga menjadi mahal. Bangunan seperti ini adalah *fragile building*, karena kekuatan bangunan demikian kecil. Di samping membangun berkali-kali akan menjadi mahal, maka bangunan yang rusak/runtuh juga akan sangat membahayakan penghuninya. Melihat kedua kondisi bangunan tersebut, hendaknya bangunan yang dibangun adalah yang berada di antara kedua kondisi tersebut. Para ahli kemudian memutuskan bahwa bangunan yang dibangun harus relatif kuat menahan beban gempa, tetapi biaya pembangunannya tidak terlalu mahal. Prinsip ini nanti akan bermuara pada bangunan yang relatif aman tetapi ekonomis. Bangunan seperti itu kemudian populer di sebut *earthquake resistant building*, yaitu bangunan yang relatif kuat terhadap bahaya gempa, tetapi pembangunannya relatif tidak mahal (Pawirodikromo, 2012).

Para ahli mengelompokkan bangunan tahan gempa menurut kekuatan gempa yang berkaitan dengan periode ulang, tingkat pentingnya suatu bangunan tersebut dan performa bangunan dalam rangka melindungi manusia, tetapi masih memperhitungkan tingkat ekonomisnya pembangunan. Pengelompokkan tersebut dituangkan dalam desain filosofi (*Earthquake Design philosophy*) suatu bangunan akibat beban gempa. Desain filosofi yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Pada gempa kecil yang sering terjadi, maka struktur utama bangunan harus tidak rusak dan berfungsi dengan baik. Kerusakan kecil yang masih dapat di toleransi pada elemen non-struktur masih di bolehkan.

2. Pada gempa menengah yang relatif jarang terjadi, maka struktur utama bangunan boleh rusak/retak ringan, tetapi masih dapat untuk diperbaiki dengan perbaikan ringan. Elemen non-struktur dapat saja rusak, tetapi masih dapat diganti dengan yang baru.
3. Pada gempa kuat yang jarang terjadi, maka struktur bangunan boleh rusak, tetapi tidak boleh runtuh total. Hal ini dikarenakan agar bangunan dapat melindungi manusia/penghuni bangunan secara maksimum (Pawirodikromo, 2012).

Menurut Moestopo (2012) ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu struktur tahan gempa yaitu dalam menghadapi gempa besar, kinerja struktur tahan gempa diupayakan dapat menyerap energi gempa secara efektif melalui terbentuknya sendi plastis pada bagian tertentu, dengan kriteria sebagai berikut.

1. Kekuatan, kekakuan, daktilitas, Kehilangan energi yang dapat dipenuhi oleh struktur baja.
2. Kehilangan energi melalui plastifikasi komponen struktur tertentu, tanpa menyebabkan keruntuhan struktural yang terpenuhi dengan konsep perencanaan *Capacity Design* (desain kapasitas).

2.8 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah salah satu sistem struktur yang dirancang guna menahan beban gempa rencana. Menurut Pawirodikromo (2012) sistem struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang timbul akibat gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. SRPM merupakan salah satu pilihan sewaktu merencanakan sebuah bangunan tahan gempa dengan ciri-ciri sebagai berikut.

1. Beban lateral khususnya gempa disalurkan melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Jadi, peranan kolom, balok dan sambungan balok-kolom disini sangatlah penting.
2. Tidak menyertakan dinding geser. Kalaupun terdapat dinding, dinding geser tidak didesain untuk menahan beban lateral.

3. Tidak menggunakan bresing (*bracing*). Pada struktur baja, penggunaan bresing kadang sangat diperlukan terutama pada arah sumbu lemah kolom. Dalam hal ini, bangunan tersebut dapat dianalisis sebagai SRPM pada arah sumbu kuat kolom, dan sistem bresing pada arah lainnya (Pawirodikromo, 2012).

Sistem Rangka Pemikul Momen ini banyak digunakan pada bangunan dengan jumlah lantai kurang dari 10 lantai, meskipun tidak sedikit juga bangunan 8 lantai ke atas yang sudah mulai menggunakan dinding geser. Struktur Rangka Pemikul Momen sendiri terbagi menjadi tiga tingkatan dengan penjelasan sebagai berikut.

1. SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa)

Sistem ini merupakan sistem yang memiliki deformasi inelastik dan tingkat daktilitas paling kecil tapi memiliki kekuatan yang besar, oleh karena itu SRPMB dapat mengabaikan persyaratan ‘*Strong Column Weak Beam*’ yang dipakai untuk mendesain struktur yang mengandalkan daktilitas tinggi. Sistem ini efektif digunakan untuk wilayah gempa yang kecil. Pada sistem SRPMB tidak terjadi sendi plastis pada balok dan tidak diperlukan detailing khusus.

2. SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)

Sistem ini merupakan metode perencanaan struktur sistem rangka pemikul momen yang menitik beratkan kewaspadaannya terhadap kegagalan struktur akibat keruntuhan geser. Perilaku kinerja struktur Gedung SRPMM dalam mengalami daktilitas adalah daktil parsial. Pada sistem SRPMM sendi plastis harus terbentuk, tapi bangunan sudah runtuh sebelum semua balok mengalami sendi plastis, sehingga diperlukan detailing, tetapi tidak sedetail SRPMK.

3. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Sistem ini adalah komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul lentur. Perilaku kinerja struktur Gedung sistem SRPMK dalam mengalami daktilitas adalah daktil penuh. Pada sistem SRPMK sendi plastis harus terbentuk pada seluruh balok pemikul gempa sebelum terjadi keruntuhan, sehingga diperlukan detailing khusus untuk balok, kolom dan joint balok-kolom.

Pemilihan penggunaan tingkatan Struktur Rangka Pemikul Momen tersebut telah dijelaskan di dalam SNI 1726:2012 tentang Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

2.9 Beban Gempa Statik Ekuivalen

Perencanaan beban gempa dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu statik ekuivalen dan dinamik. Pemilihan metode perencanaan tersebut berdasarkan atas jumlah tingkat/tinggi gedung. Apabila jumlah tingkatnya ≤ 10 lantai (40 m), maka digunakan cara statik ekuivalen dan sebaliknya. Gedung Dinas Pendidikan Yogyakarta yang akan diredesain ini memiliki 4 lantai dan Sebuah *basement* dengan total tinggi bangunan adalah 20,625 m, maka perencanaan beban gempanya adalah statik ekuivalen.

Beban gempa statik ekuivalen adalah representasi dari beban gempa yang telah disederhanakan, yaitu penyederhanaan gaya inersia yang bekerja pada suatu massa yang disederhanakan menjadi suatu beban statik. Sehingga bangunan yang mempunyai massa yang banyak, maka akan terdapat gaya lateral yang masing-masing bekerja pada massa-massa tersebut. Analisa beban statik ekuivalen merupakan suatu cara analisa struktur yang pengaruh gempanya menirukan gempa yang sesungguhnya akibat pergerakan tanah. Gaya-gaya yang tetap intensitasnya, tetap tempatnya dan tetap arah kerjanya (Pawirodikromo, 2012).

2.10 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Ibrahim, 2001).