

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konsep Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa

Banyak wilayah di Indonesia yang memiliki kerentanan yang signifikan terhadap gempa bumi. Kondisi ini menggarisbawahi perlunya mematuhi peraturan untuk perencanaan dan pelaksanaan sistem struktur tahan gempa di Indonesia, terutama di daerah dengan risiko gempa sedang hingga tinggi. Bangunan tahan gempa adalah struktur yang dirancang untuk bertahan dan tetap utuh di bawah gaya gempa kecil dan besar. Hal ini memastikan bahwa, jika terjadi gempa bumi, struktur bangunan dapat bertahan dan melindungi penghuninya dari risiko gempa bumi. Meskipun demikian, hal ini tidak berarti bahwa bangunan tersebut kebal terhadap kehancuran.

Struktur yang dirancang untuk menahan gempa bumi dapat mengalami kerusakan, asalkan tetap berada dalam ambang batas peraturan yang ditetapkan. Bangunan harus dirancang untuk menahan keruntuhan yang cepat setelah gempa bumi, sehingga memberikan waktu yang cukup bagi penghuninya untuk mengungsi dengan aman. Oleh karena itu, diperlukan struktur bangunan yang memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban, menunjukkan stabilitas yang sangat baik, dan tidak mudah terguling, miring, atau bergeser selama masa pakainya.

Menurut Budiono (2011) dalam (Dhea, Yusdinar, & Nugraha, 2019) Prinsip-prinsip dasar desain bangunan tahan gempa dikategorikan ke dalam tiga kelompok, antara lain:

1. Pada saat terjadi gempa ringan, struktur bangunan dan fungsi bangunan harus dapat tetap berjalan sehingga struktur harus kuat dan tidak ada kerusakan baik pada elemen struktural dan elemen nonstruktural bangunan.
2. Pada gempa bumi sedang, kerusakan pada elemen nonstruktural diperbolehkan, namun kerusakan pada bagian struktural tidak diperbolehkan.
3. Jika terjadi gempa bumi yang signifikan, kerusakan pada komponen struktural dan nonstruktural diperbolehkan, asalkan tidak mengakibatkan runtuhnya struktur, sehingga mencegah jatuhnya korban atau meminimalkannya.

Menurut Imran, dkk (2005) Kerusakan struktural pada bangunan yang diakibatkan oleh gaya seismik biasanya disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

1. Sistem bangunan yang digunakan tidak sesuai dengan standar kerentanan gempa setempat.
2. Desain struktur dan spesifikasi tulangan yang digunakan pada dasarnya tidak memadai.
3. Kualitas bahan dan prosedur konstruksi sering kali di bawah standar.
4. Pengawasan dan regulasi pelaksanaan pembangunan tidak memadai.

Dalam pembangunan struktur tahan gempa, sangat penting bahwa bangunan yang dimaksudkan memiliki kualitas daktail untuk menjaga stabilitas selama aktivitas seismik yang intens. Desain bangunan tahan gempa menggunakan prinsip Strong Column Weak Beam. Ide desain Strong Column Weak Beam adalah sistem struktur yang dicirikan oleh mekanisme keruntuhan dimana sendi plastis diizinkan untuk berkembang pada balok, tetapi pembentukan sendi plastis pada kolom sengaja dihindari saat terjadi gempa. *Strong Column Weak Beam Concept* atau yang biasa disebut dengan "*Kolom Kuat Balok Lemah*" memiliki sifat yang fleksibel dengan

daktilitas yang tinggi, sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana minimum. Nilai daktilitas yang lebih rendah mengharuskan perencanaan untuk beban gempa yang lebih besar dan menggunakan detail yang lebih ringan dalam saling ketergantungan antar elemen struktur.

Konfigurasi kolom yang kuat dan balok yang lemah menunjukkan reaksi daktil pada balok, sekaligus mencegah kegagalan geser. Gaya geser yang dipertimbangkan tidak hanya mencakup beban gravitasi, yang terdiri dari beban mati dan beban hidup, tetapi juga beban yang berasal dari kapasitas momen maksimal balok selama fase leleh. Kapasitas desain SRPMK “Kolom Kuat Balok Lemah” digunakan untuk mencegah terbentuknya engsel plastis pada kolom selama gempa.

Selain itu, perilaku daktil dari struktur yang diusulkan memerlukan kualitas elastis, memastikan bahwa jika bangunan mengalami deformasi elastis selama gempa bumi, bangunan akan kembali ke bentuk semula tanpa perubahan. Oleh karena itu, sebuah bangunan direkayasa untuk menunjukkan perilaku elastis selama gempa bumi dan diizinkan untuk mengalami deformasi plastis selama peristiwa seismik sedang hingga signifikan.

Intensitas gaya gempa yang dialami oleh struktur bangunan sebagian besar ditentukan oleh ciri-ciri gempa, sifat-sifat tanah di bawahnya, dan desain bangunan itu sendiri. Karakteristik yang berpengaruh pada struktur bangunan meliputi bentuk, massa, beban gravitasi operasional, kekakuan, dan faktor tambahan.

Bagian perencanaan yang disebutkan di atas tentu saja memiliki peraturan yang menjadi acuan desain. Kriteria desain untuk struktur tahan gempa mengamankan bahwa bangunan harus dirancang untuk menahan beban gempa yang diantisipasi selama periode 50 tahun, sesuai dengan SNI gempa yang relevan, khususnya SNI

1726:2019 untuk penilaian beban gempa dan SNI 2847: 2019 untuk standar yang mengatur desain struktur beton bertulang tahan gempa (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2019). Kedua ketentuan tersebut masing-masing mengacu pada ASCE 7 dan ACI 318-11.

Ketika mendesain struktur tahan gempa, sangat penting untuk mempertimbangkan banyak prinsip, khususnya:

1. Bahan Harus Memenuhi Syarat

Kuat tekan beton (f_c') harus tidak kurang dari 20 MPa. Beton dengan spesifikasi ini menjamin kualitas kinerjanya. Purwono, 2005. Disamping kuat tekan beton yang disyaratkan, tulangan yang digunakan pada komponen struktur harus sesuai dengan spesifikasi sistem seismik. Tulangan lentur dan aksial yang digunakan pada elemen struktur sistem rangka, bersama dengan komponen batas sistem dinding geser, harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Tulangan ulir diperlukan untuk jenis tulangan primer dan tulangan geser.

2. Balok Lemah – Kolom Kuat

Dalam pembangunan struktur tahan gempa, disarankan untuk menerapkan perencanaan keruntuhan yang aman dengan memanfaatkan mekanisme goyangan sisi balok. Mekanisme goyangan sisi balok hanya akan terjadi jika kekuatan kolom di atas kekuatan balok, sehingga terjadi kondisi sendi plastis pada balok (desain kapasitas, kolom kuat balok lemah).

3. Deformasi Harus Terkontrol

Deformasi setiap elemen struktur harus sesuai dengan SNI 1726:2019, Pasal 7.1.2, yang menetapkan bahwa deformasi struktur tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan saat dikenai gaya gempa desain.

4. Hubungan Balok Kolom

Integritas keseluruhan SRPM secara signifikan dipengaruhi oleh dinamika sambungan balok-kolom. Kerusakan sambungan balok-kolom akan menyebabkan deformasi lateral yang signifikan, yang berpotensi mengakibatkan kerusakan parah hingga kegagalan struktur (Purwono, 2005).

5. Pondasi Harus Lebih Kuat dari Bangunan Atas

Pondasi harus dibangun untuk menahan gaya-gaya yang bekerja di atasnya dan untuk menahan pergerakan yang dirambatkan oleh gerakan tanah ke arah struktur, seperti yang dinyatakan dalam SNI 1726:2019 butir 7.1.5. Untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda dari beban gempa rencana, desain kekuatan detail struktur bawah diperlukan. Pondasi adalah struktur pada dasar bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban horizontal ke dalam tanah dan beban vertikal di atasnya (kolom). Untuk mencegah struktur bawah mengalami kegagalan sebelum struktur yang lebih tinggi, maka struktur bawah bangunan berfungsi untuk menopang beban-beban yang berasal dari struktur atas (Anugrah dan Erny, 2013).

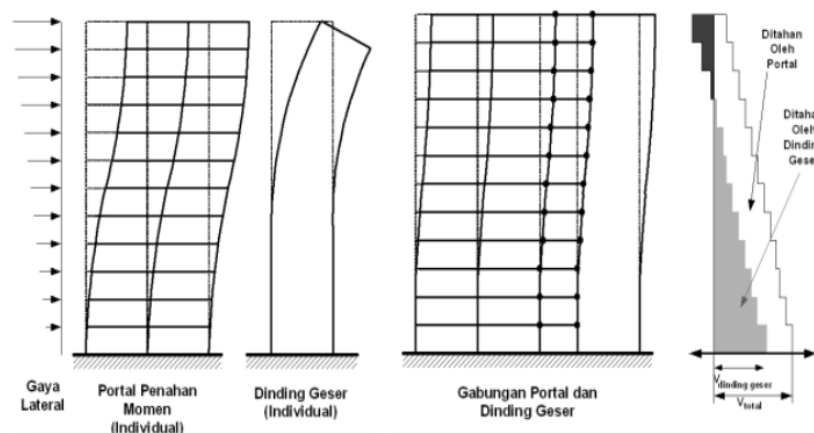
2.2. Jenis – Jenis Penahan Gempa

Elemen struktur yang kaku diperlukan untuk menahan kombinasi gaya geser, momen, dan gaya aksial akibat beban lateral pada bangunan bertingkat tinggi tahan gempa karena gaya yang terdapat pada kolom biasanya cukup untuk menahan beban lateral yang terjadi. Dinding geser, Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), dan Sistem Rangka dengan Dinding Geser (Sistem Ganda) adalah jenis-jenis dinding penahan gempa.

2.2.1. Dinding Geser (Shear Wall)

Dinding geser adalah elemen struktur yang menahan gaya lateral dan meningkatkan kekakuan struktur. Pada sistem struktur bangunan bertingkat tinggi, dinding geser yang terbuat dari baja atau beton dimaksudkan untuk menahan tegangan lateral yang dihasilkan oleh beban hidup akibat gempa bumi atau angin (Sansujaya, Pah, & Udiana, 2021).

Ketika mendesain struktur bangunan tinggi di tempat yang aktif secara seismik, kombinasi portal penahan momen dan dinding geser sering digunakan. Karena struktur bangunan akan berhasil mendapatkan daktilitas dan kekakuan sistem struktur, kombinasi struktur ini sering digunakan pada bangunan tinggi dengan konstruksi beton. Gambar 2.1 menggambarkan sistem penahan gaya lateral gabungan.



Gambar 2.1 Perilaku Sistem Gabungan Penahan Gaya Lateral
(Sumber : Juwana, 2005)

Dinding geser dapat dibagi menjadi tiga kategori menurut lokasi dan tujuannya, yaitu sebagai berikut:

1. *Bearing walls*

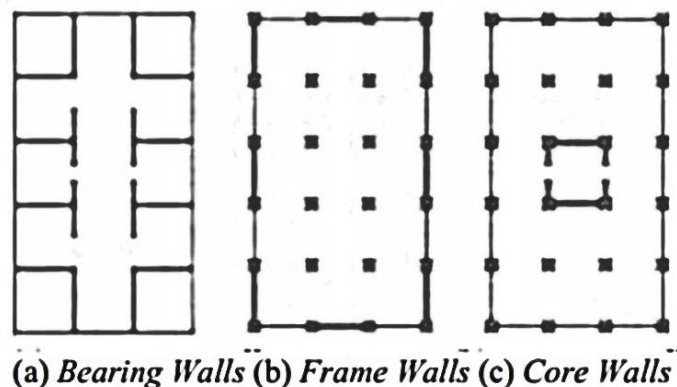
Dinding geser yang menanggung sebagian besar beban gravitasi disebut dinding penopang. Selain itu, dinding ini berfungsi sebagai partisi antara apartemen yang berdekatan.

2. *Frame walls*

Dinding geser yang menahan tekanan lateral disebut dinding rangka, dan rangka beton bertulang menyediakan beban gravitasi. Dinding ini dibangun di antara kolom.

3. *Core walls*

Dinding geser yang dikenal sebagai “dinding inti” ditemukan di bagian tengah inti bangunan, yang sering kali ditempati oleh poros lift atau tangga. Dinding area inti pusat memiliki dua tujuan dan dipandang sebagai pilihan yang hemat biaya.



Gambar 2.2 *Shearwall* Berdasarkan Letak dan Fungsinya
(Sumber : Nugroho, F., 2017)

2.2.2. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM), sebagaimana didefinisikan oleh SNI 1726:2019, adalah sistem struktur yang pada dasarnya terdiri dari rangka ruang yang berfungsi sebagai pemikul beban gravitasi penuh dan memikul beban lateral melalui mekanisme lentur. Terdapat tiga jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM):

1. SRPMB, atau Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
2. SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

2.2.3. Sistem Rangka dengan Dinding Geser (*Dual System*)

Sistem ganda menggabungkan dinding geser dan rangka kaku. Karena interaksi antara portal dan dinding geser, sistem ganda itu sendiri memiliki kapasitas yang besar untuk menahan gaya geser dalam sistem gabungan. Gaya geser dipikul oleh rangka di bagian atas dan dinding geser di bagian bawah karena adanya beban lateral, yang menyebabkan dinding geser bekerja dalam mode lentur (lentur) dan rangka berubah bentuk dalam mode geser.

2.3. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Portal adalah struktur rangka utama bangunan yang terdiri dari komponen balok dan kolom yang menyatu pada sebuah sambungan, yang berfungsi sebagai titik penahan beban bangunan. Portal itu sendiri adalah sistem rangka pemikul momen, atau disingkat SRPM, struktur penahan beban yang menopang tekanan vertikal dan horizontal pada bangunan. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem struktur yang pada dasarnya terdiri dari rangka ruang yang berfungsi sebagai pemikul beban gravitasi penuh dan memikul beban lateral melalui mekanisme lentur, menurut SNI 1726:2012 pasal 3.53.

Ada tiga kategori untuk Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM):

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa, atau disingkat SRPMB, adalah sistem yang sangat kuat dengan daktilitas dan deformasi inelastis yang paling kecil. Kriteria “Kolom Kuat Balok Lemah”, yang digunakan ketika membangun struktur yang bergantung pada daktilitas tinggi, dapat diabaikan ketika mendesain SRPMB. Meskipun metode ini bekerja dengan baik pada zona gempa kecil, metode ini masih jarang digunakan pada zona gempa yang lebih besar. Struktur gedung yang termasuk dalam zona 1 dan 2, atau daerah dengan tingkat kegempaan sedang, dihitung dengan metode SRPMB.

Setidaknya dua batang tulangan longitudinal yang dipasang secara kontinu di sepanjang permukaan atas dan bawah balok diperlukan dalam desain rangka pemikul momen. Muka tumpuan adalah tempat tulangan ini harus diarahkan. Faktor Reduksi Gempa (R) dalam SRPMB adalah 3,5.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Menurut SNI 2847:2019, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, atau disingkat SRPMM, adalah sistem rangka ruang yang sambungan dan elemen strukturnya mampu memikul gaya aksial, geser, dan lentur. Perhitungan beban geser dan pemasangan tulangan geser tercakup dalam SRPMM. Peraturan ini juga mensyaratkan penampang melintang untuk dapat memprediksi pembalikan momen.

Tujuan utama dari SRPMM adalah untuk mencegah kegagalan geser pada struktur bangunan. Hanya bangunan dengan desain seismik A, B, C, D, E, dan F yang diizinkan untuk menggunakan teknologi ini; namun, bangunan dengan desain seismik D, E, dan F harus memenuhi persyaratan khusus. Faktor reduksi seismik SRPMM adalah 5.

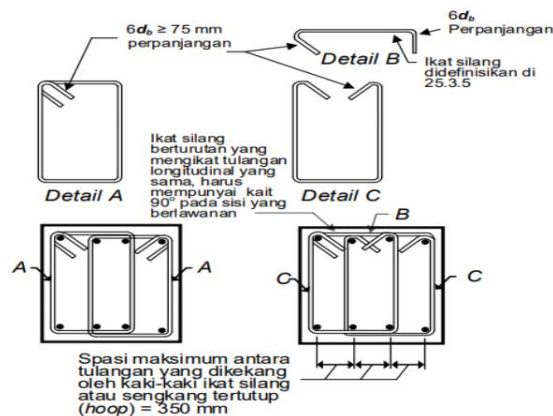
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, atau SRPMK, adalah elemen struktur yang didesain untuk menahan tekukan dan dapat menahan tekanan dari beban gempa. Tingkat ketahanan gempa yang sangat tinggi merupakan salah satu manfaat dari perilaku struktur daktilitas tinggi SRPMK. Untuk mencapai tingkat daktilitas yang tinggi, SRPMK memiliki persyaratan tulangan yang sangat spesifik yang harus dipenuhi. Untuk sistem rangka pemikul momen khusus beton bertulang jenis ini, faktor reduksi adalah 9. Sistem rangka ruang yang dikenal sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memiliki sambungan dan elemen-elemen struktur yang mampu menahan gaya-gaya yang bekerja akibat aksial, geser, dan lentur. Elemen-elemen struktur lentur didasarkan pada ketahanan lentur dan dapat dimasukkan ke dalam sistem penahan gaya gempa, seperti yang dinyatakan dalam SNI 2847:2019 pasal 18.6.4.

Hamburger dkk. (2009) dalam Adolph (2016) menyatakan bahwa keuntungan utama dari struktur rangka pemikul momen yang unik adalah tidak adanya pengaku vertikal dan diagonal serta dinding struktural. Desain balok pada SRPMK harus memperhitungkan terciptanya sendi plastis pada bagian balok yang dekat dengan muka kolom tanpa terjadi kegagalan sendi. Hanya ujung balok dan pangkal kolom yang harus memiliki sendi plastis ketika bangunan bertingkat direncanakan dengan pendekatan SRPMK. Akan terjadi deformasi inelastis yang signifikan pada kolom bangunan jika sendi plastis ditemukan di tempat lain, seperti pada kolom, dan terfokus pada satu tingkat (mekanisme satu lantai).

2.3.1. Pengekang (*Confinement*)

Salah satu elemen yang tergabung dalam struktur adalah pengekangan atau pengekanan. Selain itu, pengekanan dalam pengekanan adalah kondisi yang diperlukan yang tidak dapat diubah dari SRPMK. Setiap elemen struktur yang memiliki pengekanan akan memiliki kekuatan beton yang lebih baik dan daktilitas yang lebih tinggi. Hasilnya, struktur tersebut lebih tahan terhadap tekanan lateral, atau gaya gempa. Ketika menggunakan pendekatan SRPMK untuk merencanakan sebuah struktur, pengekanan atau penyelesaian adalah suatu keharusan. Jerry dan Hadi menyatakan bahwa pengekanan akan berfungsi lebih efektif jika tegangan aksial lebih besar dari 60% kapasitas kuat tekan maksimum komponen struktur.



Gambar 2.3 Detail Pengekang (*Confinement*)
(Sumber : SNI 2847:2019 Pasal 18.6.4)

2.4. Sambungan Balok - Kolom

Bagian kolom dengan kedalaman balok terdalam terhadap kolom dikenal sebagai sambungan balok-kolom. Kombinasi pelat, balok, dan kolom di samping sambungan disebut sambungan. Ketika terkena beban gempa yang tinggi, sambungan balok-kolom harus merespon secara inelastis dan daktil, sesuai dengan konsep desain kapasitas.

Agus Setiawan, 2012 menegaskan bahwa daerah sambungan balok-kolom pada struktur rangka beton bertulang merupakan daerah yang krusial dan perlu direkayasa secara khusus agar dapat melendut secara inelastis pada saat terjadi gempa bumi yang kuat. Gaya geser horisontal dan vertikal yang besar akan dialami pada daerah sambungan balok-kolom akibat momen kolom di atas dan di bawahnya serta momen balok saat memikul beban gempa. Dibandingkan dengan gaya geser yang timbul pada balok dan kolom yang disambung, gaya geser ini akan beberapa kali lipat lebih besar. Oleh karena itu, desain yang tidak tepat pada daerah sambungan balok-kolom akan mengakibatkan keruntuhan geser yang rapuh dan membahayakan penghuni bangunan.

Desain bangunan harus mematuhi pedoman atau peraturan konstruksi yang telah ditetapkan untuk menghasilkan struktur yang aman dan tahan terhadap bencana, terutama yang tahan terhadap gempa bumi. “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung,” SNI 2847:2019, dan SNI terkait gempa, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung,” SNI 1726:2019 (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2019), harus diikuti dalam desain semua bangunan beton bertulang di Indonesia.

2.4.1. Jenis Sambungan Balok - Kolom

Berdasarkan persyaratan sambungan dan deformasi yang diharapkan dari bagian rangka yang disambung ketika menahan beban lateral, sambungan struktur balok-kolom dibagi menjadi dua kelompok.

1. Anggota rangka yang sesuai dengan ACI 318-02, dengan pengecualian pada bagian yang deformasi inelastisnya dapat diabaikan, merupakan sambungan Tipe 1. Tipe 1 adalah sambungan momen resistif yang dibuat dengan menggunakan persyaratan kekuatan ACI 318-02.

2. Pada pembalikan deformasi ke dalam rentang inelastis, member rangka Tipe 2 dimaksudkan untuk mempertahankan kekuatannya. Deformasi member pada sambungan yang diimplikasikan oleh kondisi beban desain menentukan persyaratan sambungan. Komponen yang diperlukan untuk membuang energi dengan membalikkan deformasi ke rentang inelastis terdapat pada sambungan tipe 2. Standar ACI 318-02 diikuti dalam desain sambungan pada rangka tahan.

Sambungan dibedakan berdasarkan model sambungan yang diantisipasi dalam menahan beban dengan kondisi elastis hingga inelastis:

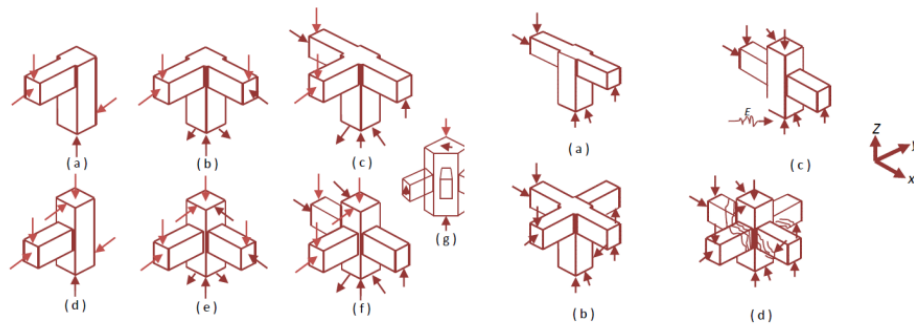
1. Sambungan kolom balok *Elastik* dan *Inelastik*

Sebisa mungkin, sambungan harus tetap lentur. Ketika gempa menghantam sebuah struktur, diantisipasi bahwa sambungan plastis akan terbentuk di sepanjang muka balok. Jelas bahwa deformasi juga akan terjadi pada sambungan balok-kolom setelah beberapa siklus deformasi inelastis pada balok. Hal ini disebabkan oleh regangan leleh yang bocor melalui sambungan balok-kolom pada baja tulangan, terutama jika baja mengalami “pengerasan regangan” pada sambungan plastis di sebelah muka kolom dan dikategorikan sebagai sambungan balok-kolom inelastis. Sambungan balok-kolom dianggap “elastis” jika terdapat tulangan yang memadai dan tidak ada deformasi inelastis yang terjadi pada balok dan kolom di sebelah sambungan.

2. Sambungan balok-kolom khusus

Tulangan yang kuat diperlukan untuk sambungan balok-kolom ini, tetapi pelaksanaannya sering kali menantang, terutama pada sambungan balok-kolom internal. Tiga jurusan tulangan melintasinya, dan terdapat angkur pada sambungan balok-kolom sudut (eksternal) dan sambungan portal tepi. Untuk menyiasatnya,

sebuah bagian balok diteruskan dari balok-kolom sudut ke portal tepi, dengan memperbesar balok (Voute) secara horisontal di sekitar sambungan balok-kolom.



Gambar 2.4 Jenis Sambungan Balok Kolom Exterior dan Interior Joint
(Sumber : (Anggraini, 2019))

2.4.2. Jenis Keruntuhan Balok - Kolom

Beban yang diterapkan pada bagian krusial harus didukung oleh sambungan antara balok dan kolom. Titik sambungan pada sambungan antar rangka adalah area krusial dalam distribusi beban. Bagian krusial diasumsikan berbatasan langsung dengan sambungan dalam saran desain. Sambungan digambarkan sebagai sebuah benda dengan gaya-gaya yang bekerja pada bagian krusial pada Gambar 2.4. Gaya gempa meningkatkan gaya geser yang masuk ke dalam sambungan balok-kolom.

Keruntuhan pada sambungan balok-kolom disebabkan oleh amplitudo gaya gempa ini. Pada sambungan tersebut, ada dua jenis keruntuhan, yaitu:

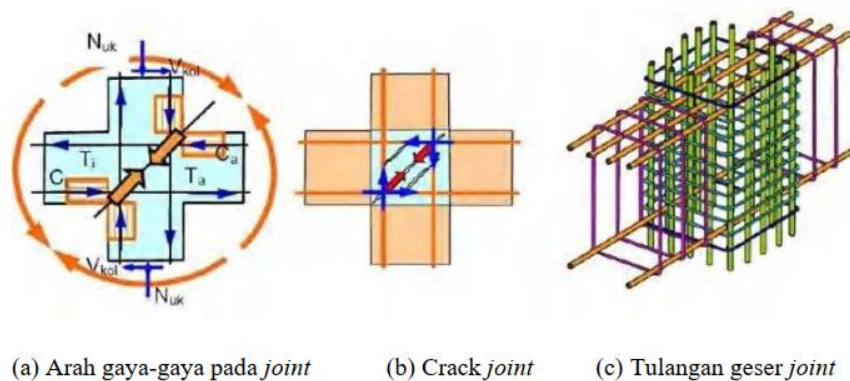
1. Keruntuhan yang Berhubungan dengan Keruntuhan Geser

Jika sambungan balok-kolom tidak memiliki tulangan geser yang cukup, tegangan geser ini dapat mengakibatkan keruntuhan diagonal tarik. Sebelum daktilitas berkembang pada sambungan plastis balok struktur rangka, keruntuhan ini dapat terjadi.

2. Keruntuhan Ikatan (*Bond*)

Keruntuhan total dapat terjadi akibat keruntuhan angkur yang disebabkan oleh penarikan tulangan pada sambungan balok-kolom bagian luar. Kekuatan struktur rangka beton bertulang dan kapasitas penyaluran energi berkurang secara signifikan pada sambungan bagian dalam akibat tergelincirnya tulangan yang melewati sambungan balok tersebut.

Menurut Widyawati (2009) dalam (Ristanto & Irianti, 2015), ketika pembebanan menyebabkan beton mencapai regangan tarik maksimumnya, maka muncullah retak pertama pada hubungan balok-kolom. Setelah retak awal, kekuatan tarik dan geser beton akan menjadi nol, yang berarti sengkang dan tulangan longitudinal akan mengambil alih kemampuan beton untuk menahan tegangan tarik dan geser.



Gambar 2.5 Pola Retak Hubungan Balok Kolom
(Sumber : www.balesio.com)

Purwanto (2013) dalam (Ristanto & Irianti, 2015) menggambarkan pola retak awal untuk benda uji sambungan balok-kolom beton berdasarkan ilustrasi pada Gambar 2.5 di atas. Retak rambut di dekat sambungan dimulai terlebih dahulu, diikuti oleh retak geser yang menyerang sambungan. Sambungan itu sendiri biasanya

mengalami kerusakan, yang menyebabkan kegagalan struktur. Oleh karena itu, diperlukan pengekangan yang tepat pada daerah sambungan.

2.4.3. Peraturan Sambungan Balok – Kolom

Menurut SNI 2847: 2019, gaya statis komponen struktur di antara muka sambungan harus ditinjau untuk menghitung gaya geser desain, V_e . Harus diasumsikan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi terfaktor sepanjang panjangnya dan momen dengan tanda berlawanan yang bekerja pada muka sambungan berhubungan dengan kekuatan momen lentur potensial, M_{pr} . SNI 2847-2019 menguraikan ketentuan-ketentuan berikut ini untuk perencanaan sambungan balok-kolom:

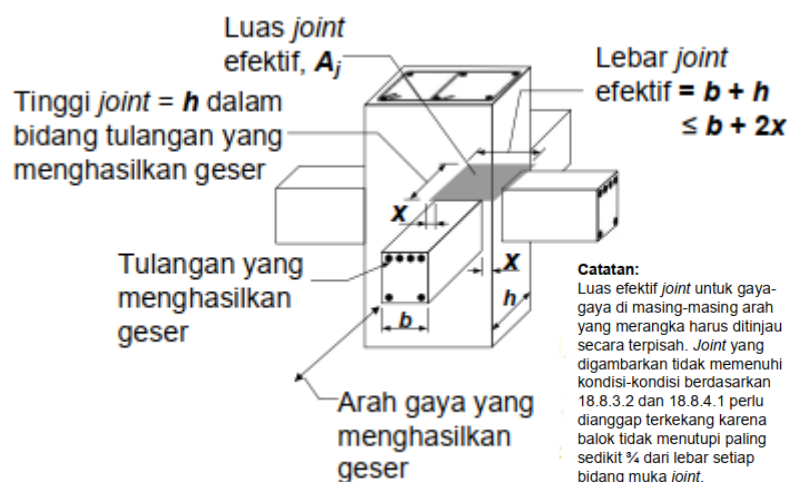
1. Dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 kali tegangan leleh tulangan ($1,25 \times f_y$), maka gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok pada muka sambungan balok-kolom akan dihitung.
2. Faktor reduksi kekuatan sebesar 0,8 harus digunakan untuk merencanakan kekuatan sambungan balok-kolom.
3. Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan longitudinal balok harus sekurang-kurangnya 20 kali diameter tulangan longitudinal balok terbesar untuk beton biasa dan sekurang-kurangnya 26 kali diameter tulangan longitudinal untuk beton ringan ketika tulangan longitudinal balok diperpanjang melalui sambungan balok-kolom.

Kuat geser nominal sambungan balok-kolom tidak dapat diasumsikan lebih tinggi dari klausul berikut ini dalam hal perencanaan kuat geser:

1. Untuk sambungan antara balok dan kolom yang terkekang pada keempat sisinya:
 $1,7\sqrt{f'_c} A_j$.

1. Untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan: $1,25\sqrt{f'c} \cdot A_j$
2. Untuk hubungan lainnya: $1,0\sqrt{f'c} \cdot A_j$

Panduan menentukan luas efektif hubungan balok-kolom, A_j , ditunjukkan dalam Gambar 2.6



Gambar 2.6 Luas Efektif Hubungan Balok Kolom
(Sumber : SNI 2847:2019)

Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok-kolom, V_u , dihitung sebagai berikut (Nawy, 2005) :

$$V_u = T_1 + C_2 - V_{kolom} \quad (1.a)$$

$$= T_1 + T_2 - V_{kolom} \quad (1.b)$$

Dengan

T_1 adalah gaya tarik pada baja tulangan di balok akibat momen negatif

T_2 adalah gaya tarik pada baja tulangan di balok akibat momen positif

C_2 adalah gaya tekan beton akibat momen positif

V_{kolom} adalah gaya geser pada kolom di sisi atas dan bawah hubungan balok-kolom

Tulangan transversal pada hubungan balok-kolom diperlukan untuk memberikan kekangan yang cukup pada beton, sehingga mampu menunjukkan perilaku daktail dan tetap dapat memikul beban vertikal akibat gravitasi meskipun telah terjadi pengelupasan pada selimut betonnya. Luas total tulangan transversal tertutup persegi tidak boleh kurang daripada (Hassoun & Manaseer, 2005) :

$$A_{sh} = 0,09.s.h_c \frac{f_{rc}}{f_y} \quad (2)$$

$$A_{sh} = 0,3.s.h_c \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_{rc}}{f_y} \quad (3)$$

Dengan

A_{sh} adalah luas tulangan transversal yang disyaratkan

s adalah jarak antar tulangan transversal

h_c adalah lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom

A_g adalah luas penampang kolom

A_{ch} adalah luas inti penampang kolom

Nilai-nilai dalam persamaan (2) dan (3) dapat diturunkan hingga 50% untuk sambungan balok-kolom jika lebar balok paling sedikit tiga perempat dari lebar kolom. Sepanjang l_o dari setiap muka sambungan balok-kolom, tulangan transversal yang diperlukan harus dipasang. Panjang l_o harus sekurang-kurangnya 500 mm, seperenam dari bentang bersih komponen struktur, atau tinggi penampang komponen struktur pada muka sambungan balok-kolom.

2.5. Sistem Struktur Gedung Graha 2 RSI Ahmad Yani Surabaya

Gedung Graha 2 Rumah Sakit Islam Surabaya dibangun setinggi 13 lantai telah termasuk ke dalam kategori struktur bangunan gedung tinggi, sehingga harus di desain atau direncanakan dengan benar sesuai standar peraturan agar mendapatkan suatu

gedung atau bangunan yang aman dan tahan terhadap beban gempa. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem struktur penahan gempa untuk menahan beban lateral yang terjadi akibat gempa.

Pemilihan sistem struktur penahan gempa harus direncanakan berdasarkan kebutuhan bangunan tersebut, seperti jenis bangunan, lokasi bangunan, bentuk atau model denah bangunan dan lain sebagainya. Gedung Graha 2 Rumah Sakit Islam Surabaya merupakan ruang publik yang akan digunakan oleh banyak orang, terutama pasien. Hal ini merupakan gambaran dari salah satu kriteria yang digunakan untuk memilih sistem struktur yang dapat menahan gempa. Sistem penahan gempa pada Gedung Graha 2, yang juga dikenal sebagai sistem ganda, menggabungkan struktur rangka dengan dinding geser. Untuk memastikan struktur bangunan memiliki daktilitas dan kekakuan yang cukup, sistem ganda dipilih karena kemampuannya yang besar dalam menahan gaya geser yang diakibatkan oleh beban lateral.

Salah satu elemen struktur yang menahan gaya lateral dan meningkatkan kekakuan struktur adalah dinding geser. Pada sistem struktur gedung bertingkat tinggi, dinding geser yang terbuat dari baja atau beton dimaksudkan untuk menahan tegangan lateral yang dihasilkan oleh beban hidup akibat gempa atau angin (Tangoro, 2006). Dinding inti adalah jenis dinding geser yang digunakan pada Gedung Graha 2 RSI Surabaya. Dinding geser yang dikenal dengan sebutan “*core wall*” terdapat pada bagian inti tengah bangunan, yang sering ditempati oleh shaft lift atau tangga. Bangunan bertingkat tinggi sering menggunakan dinding geser di area inti pusat karena mereka melayani berbagai tujuan dan dipandang sebagai pilihan yang hemat biaya.

Gedung Graha 2 menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk sistem rangkanya. Sistem rangka ruang yang dikenal dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) memiliki sambungan dan elemen struktur yang mampu menahan gaya-gaya yang terjadi akibat gerakan aksial, geser, dan lentur. Tingkat ketahanan gempa yang sangat tinggi merupakan salah satu keunggulan SRPMK karena perilaku strukturnya yang sangat daktil. Untuk mencapai tingkat daktilitas yang tinggi, SRPMK memiliki persyaratan yang sangat spesifik yang harus dipenuhi dalam hal detail penulangan. Desain balok pada SRPMK harus memperhitungkan terciptanya sendi plastis pada penampang balok yang dekat dengan muka kolom tanpa menyebabkan kegagalan sambungan. Hanya ujung balok dan pangkal kolom yang harus memiliki sendi plastis ketika bangunan bertingkat direncanakan dengan pendekatan SRPMK. Akan terjadi deformasi inelastis yang signifikan pada kolom bangunan jika sendi plastis ditemukan di tempat lain, seperti pada kolom, dan terfokus pada satu tingkat (mekanisme satu lantai).

Pemilihan sistem struktur penahan gempa serta perhitungan analisa kekuatan struktur bangunan gedung yang baik akan sia – sia saja jika tidak disertai dengan proses pengawasan yang baik pada saat pelaksanaan konstruksi. Pengawasan yang baik dilakukan agar mendapatkan hasil kerja berupa gedung yang optimal sesuai dengan perencanaan dan persyaratan yang ditetapkan.