# BAB II TINJAUAN PUSTAKA

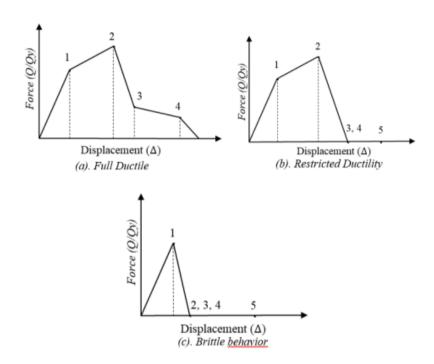
#### 2.1 Definisi Beton Bertulang

Secara umum, beton terbentuk dari campuran semen, pasir (agregat halus), kerikil (agregat kasar) dan air. Proses kimiawi yang terjadi dalam campuran tersebut akhirnya menghasilkan material yang dikenal dengan istilah beton. Beton merupakan material yang sangat kuat khususnya dalam menerima tekan. Namun dibalik kelebihan tersebut, beton sangat mudah retak atau pecah bila mengalami tegangan Tarik. Sehingga untuk menutup kelemahan terhadap Tarik tersebut kemudian ditambahkan baja tulangan kedalam beton. Karena pada dasarnya, baja adalah 'material yang sangat kuat terhadap Tarik. Kerjasama anatara dua material yang berbeda ini membentu sebuah material komposit yang sekarang dikenal dengan istilah beton bertulang (reinforced concrete). Dengan kata lain, beton bertulang merupakan Kerjasama anatara dua material, yaitu beton beton dan baja tulangan. Pada saat beton bertulang memikul tegangan tekan, maka material beton akan mengambil porsi yang lebih besar, sedangkan disaat beton bertulang mengalami tegangan Tarik, maka tulangan baja yang akna berperan besar dalam memikul beban tersebut. Kombinasi yang lebih baik inilah yang menyebabkan beton bertulang menjadu material yang sangat penting dibidang konstruksi.

#### 2.2 Daktilitas Struktur Beton Bertulang

Daktilitas adalah kemampuan element struktur (balok, kolom, wall) untuk berdeformasi hingga melewati batas elastisnya (mencapai batas plastis) tanpa mengalami keruntuhan. Semakin tinggi tingkat daktilitas suatu struktur maka semakin daktail struktur tersebut dan sebaliknya semakin rendah tingkat daktilitas maka struktur tersebut semakin getas (hancur secara tiba-tiba tanpa ada peringatan visual). Adapun force-displacement terkait perilaku daktilitas sebuah struktur dapat

dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Force-displacemet relationship

Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa
Beton Bertulang, Yuda Lesmana(2021)

Pada gambar 2.1 (a) terlihat hubungan perilaku daktilitas penuh (fill ductility) pada struktur bangunan gedung, pada kurva terlihat garis 0-1 yang mengandung arti bahwa struktur pada kondisi tersebut masih dalam perilaku elastis. Perilaku ini ditandai dengan kembalinya struktur gedung ke posisi semula saat beban gempa telah berakhir dan tidak terjadi kerusakan pada struktur uatama. Bila beban gempa terus bertambah, aka struktur akan masuk dlaam fase berikutnya yang ditandai garis 1-2 yang berupa fase plastis (non-elastis). Pada fase ini element struktur mengalami perilaku plastis dan mengalami permanent driftakibat beban gempa. Hal ini berarti bila beban gempa telah berakhir, struktur tidak akan Kembali keposisi semula atau telah terjadi kerusakan pada elemen struktur uatama ayang berfungsi memikul beban lateral. Setelah struktur memasuki fase plastis, struktur akan memasuki fase selanjutnya yaitu terlihat pada garis 2-3. Pada fase ini struktur mengalami penurunan kekuatan dalam menahan beban lateral dan beban gravitasi dikarenakan telah terjadi kerusakan permanen pada elemen struktur. Selanjutnya

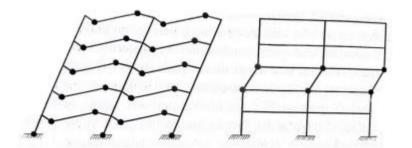
struktru akan memasuki fase garis 3-4 yang dimana dalam kondisi ini struktur sudah tidak memiliki kekuatan dalam memikul beban lateral namun masih mampu memikul beban gravitasi. Fase terakhir adalah garis 4-5 yang merupakan fase kuruntuhan. Dalam fase ini struktur sudah tidak memiliki kekuatan untuk memikul beban gravitasi atau kehilangan kekuatan untuk memikul beban vertical, sehingga struktur sudah dinyatakan runtuh. Dengan perilaku seperti ini, struktur dikategorikan dengan daktilitas penuh (full ductility) dengan nilai daktilitas (displacemet ductility) sebesar  $\mu = 3.5 - 8.0$ .

Pada gambar 2.1 (b) terlihat perilaku struktur yang termasuk kategori restricted ductility (daktilitas terbatas). Pada fase ini, perilaku masih bersifat daktai yang terdiri dari fase elastis dan plastis. Dengan kata lain, perilaku pada gambar 2.1 (b) hampir sama dengan gambar 2.1 (a). namun yang menjadi perbedaan adalah setelah fase plastis yaitu struktur langsung kehilangan kekuatan menahan beban lateral dan beban gravitasi. Sehingga struktur berangsur0angsur kehilangan kekuatan dan kemudian runtuh (titik 3, 4, 5). Dengan perilaku seperti ini, struktur dikategorikan dengan daktilitas terbatas (restricted ductility) dengan nilai daktilitas (restricted ductility) sebesar  $\mu = 1,5-3,5$ .

Berbeda dengan dua perilaku sebelumnya, pada gambar 2.1 (c), struktur berperilaku getas (brittle) atau tidak daktail, (non-ductile). Perilaku seperti ini diharapkan tidak penah terjadi pada struktur bangunan. Hal ini dikarenakan struktur akan mengalami keruntuhan secara tiba-tiba tanpa adanya peringatan berupa lendutan atau deformasi berlebih pada elemen struktur yang terlihat secara visual (kasat mata). Hal ini bisa dilihat pada garis 0-1 yang dimana struktur masih dikategorikan aman. Namun bila beban bertambah, maka fase selanjutnya adalah fase keruntuhan (1-2, 3, 4, 5). Secara tiba-tiba struktur langsung kehilangan kekuatan dalam memikul beban lateral dan gravitasi. Dalam fase tersebut, kondisi struktur sudah dipastikan dalam keadaan runtuh secara tiba-tiba karena tidak memiliki fase plastis.

Pada struktur rangka (yang terdiri dari balok dan kolom serta hubungan balok kolom sebagai komponen struktur primer), konsep daktilitas diwujudkan berupa 9 adanya sendi plastis pada ujung-ujung balok, kolom dan shear wall.

Dengan kata lain, sendi plastis ini yang akan berperan pada struktur bangunan gedung, seperti terlihat dalam gambar 2.2



Gambar 2. 2 Pola sendi plastis; (a). pola keruntuhan yang diharapkan; (b).
Fenomena soft story terjadi pada struktur gedung.

Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang, Yuda Lesmana(2021)

Pada struktur beton bertulang, mekanisme sendi plastis diwujudkan dengan cara mendesaiin ujung-ujung komponen struktur primer dengan memasang tulangan transversal dan tulangan longitudinal sesuai standar yang disyaratkan oleh SNI 2847-2019. Salah satu perbedaan mendasar konsep SRPMK (daktilitas tinggi) dibandingakn dengan desain konsep SRPMB atau SRPMM adalah kuantitas tulangan transversal (tulangan geser) pada SRPMK lebih banyak dan lebih rapat. Hal ini dilakukan guna memberikan efek kekangan yang cukup pada daerah sendi plastis agar saat terjadi gempa, struktur tidak mengalami kegagalan dan mampu menyerap energi gempa. Dengan kata lain, peran tulangan transversal yang rapat dapat mencegah terjadinya buckling pada tulangan longitudinal akibat beban gempa.

# 2.3 Konsep Elemen Struktur Tahan Gempa

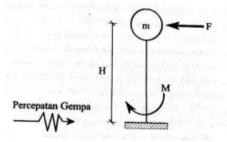
#### 2.3.1 Konsep Balok Struktur Tahan Gempa

Balok adalah emelen horizontal ataupun miring yang Panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai, sehingga akan memebentuk balok penampang T pada balok interior dan balok penampang L pada balok-balok tepi.

Dalam perencanaan gedung tahan gempa, peran balok tidak saja memikul beban gravitasu, namun juga memikul beban lateral (gempa) yang diterima oleh struktur gedung. Kondisi ini mengharuskan adanya penyesuaian pada elemen balok guna mengantisipasi distribusi momen pada alok yang berubah secara drastic. Perubahan distrubusi momen ini terjadi dikarenakan beban gempa yang berlangsung sangat cepat dan bergerak bolak balik. Bila fenomena beban bolak balik dari gempa tidak diantisipasi, maka dapat dipastikan belok yang di desain akan hancur meskipun balok tersebut mempu memikul beban gravitasi. Maka dari itu, desain struktur tahan gempa pada elemen balok sangat diperlukan dalam proses dedain struktur gedung.

#### 2.3.2 Konsep Umum Kolom Struktur Tahan Gempa

Kolom adalah elemen struktur yang menerima gaya gempa paling besar dibandingkan dengan elemen lainnya. Hal ini mengingatkan bahwa posisi kolom yang tegak lurus dengan arah gempa dan memilki peran sebagai tumpuan utama dari masa bangunan. Sehingga di saat terjadi gaya gempa yang tegak lurus dengan sumbu batangnya, maka akan bekerja sebuah gaya yang berpusar pada setiap massa lantai yang seolah-olah membentuk gaya momen dengan Panjang lengan gaya setinggi kolom itu sendiri, seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Mekanisme dasar terbentuknya momen pada kolom akibat gaya lateral gempa

Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang, Yuda Lesmana(2021)

Selain memikul beban gempa pada arah lateral, kolom juga sebagai elemen struktur vertical yang menyalurkan beban ke pondasi. Beban yang dipikul berasal dari struktur yang menumpu pada kolom, yang berupa elemen struktur lentur (balok). Secara umum, beban dari pelat ditransfer ke dalam elemen balok kemudian

dari balok akan dilanjutkan ke elemen kolom. Beban yang ditransfer oleh balok tergantung bagaimana balok itu dikekang kedalam kolom. Bila balok hanya diletakkan begitu saja pada kolom tanpa ada kekangan yang berarti, maka yang diterima oleh kolom hanya berupa beban aksial (perletakan sendi/rol). Namun bila balok dikekang dengan kuat kedalam kolom dengan mekanisme jepit, maka bukan saja gaya vertical yang ditransfer namun juga ada besaran momen yang dibebankan pada ujung elemen struktur kolom. Pada kondisi umum, sifat hubungan balok dan kolom pada struktur gedung adalah bersifat jepit, sehingga pada elemen kolom pada struktur gedung memikul kombinasi gaya dalam yaitu gaya aksial dan momen.

#### 2.4 Pembebanan Struktur

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut:

- Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2019);
- 2. Pedoman Perencanaan Pembebanan Minimum pada Gedung (SNI 1727-2013)

Berdasarkan peraturan di atas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

- 1. Beban Mati (Dead Load), dinyatakan dengan lambang DL;
- 2. Beban Hidup (Live Load), dinyatakan dengan lambang LL;
- 3. Beban Gempa (Earthquake Load), dinyatakan dengan lambang E;
- 4. Beban Angin (Wind Load), dinyatakan dengan lambang W.

#### 2.4.1 Dead Load (DL)

Beban mati dalam analisa struktur, umumnya, beban ini didefinisikan sebagai beban mati yang dimodelkan secara fisik pada software, misalkan: balok, kolom, pelat, atau dinding geser. Dengan kata lain, perencana tidak perlu menghitung secara manual, cukup memodelkan dengan benar pada software sesuai dimensi, jenis, material dan berat jenis.

#### 2.4.2 Super Imposed Dead Load (SIDL)

Beban mati tambahan (Super Imposed Dead Load) umumnya digunakan sebagai beban mati yang tidak dimodelkan secara fisik pada software, missal beban tembok, pagar, partisi, keramik, elektrikal, saluran dst. Dengan kata lain beban ini harus di input kan secara manual ke dalam model. Adapun beban Super Imposed Dead Load yang diperhitungkan dalam kasus ini adalah:

- Super Imposed Dead Load (pada Lantai)

Berat keramik (1 cm) = 24 Kg/m2

Berat Spesi (2 cm) = 42 Kg/m2

Plafon + Penggantung =  $17 \text{ Kg/m}^2$ 

Instalasi Listrik = 10 Kg/m2

Pipa Air Bersih & kotor = 10 Kg/m2

Berat Total =  $103 \text{ Kg/m}^2$ 

- Super Imposed Dead Load (pada balok)

Beban Tembok = 80 Kg/m2

#### 2.4.3 Live Load (LL)

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih bsar daripada beban hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan berdasarkan SNI 1727-2013; Tabel 4-1 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m²)	Terpusat l (kN)		
Apartemen (lihat rumah tinggal)				
Sistem lantai akses				
Ruang Kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)		
Ruang Komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)		
Gedung persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)			
Ruang Pertemuan				
Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)			
Lobi	100 (4,79)			
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)			

Panggung pertemuan	100 (4,79)	
Lantai podium	150 (7,18)	
	1,5 kali beban hidup	
	Untuk daerah yang	
Balkon dan dek	dilayani. Tidak perlu	
Bulkon dan dek	melebihi 100 psf (4,79	
	kN/m <sup>2</sup> )	
	KIN/III )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor	100 (4,79	
Lantau Pertama	Sama seperti pelayanan	
Lantai lain	hunian kecuali	
Lantai lain	disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100(4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (nada daerah 2 in v 2 in (50		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. (50 mmx50mm))		300 (1,33)
<i>"</i>		
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada aera 1		200 (0,89)
in. x 1 in. (25mm x 25mm))		200 (0,02)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40(1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasa 4.5	
Garasi/Parkir		
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	
Truk dan bus	(-)/	
S tl	T :hat manual 4.5	
Susuran tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Halinad	60 (2,87) tidak boleh	
Heliped	direduksi)	
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laporatorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruangan pasien	40(1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpusatakan		
Ruang baca	100 (4,79)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	50 (2,4)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		, , , ,
Ringan	125 (6,00)	1000 (8,9)
Berat	250 (11,97)	3000 (13,4)
C-11		, -, -,
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk	100 (4.70)	
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk	100 (4,79)	
	100 (4,79) 50 (2,4) 80 (3,83)	1000 (8,9)

Kantor Koridor di atas lantai pertama		1000 (8,9)
Lembaga hukum	40 (1,92)	
Blok sel	100 (4,79)	
Koridor	100 (4,77)	
Tempat rekreasi	75 (3,59)	
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama		
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79)	
Gimnasium		
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk	100 (4,79)	
tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)	10 (0,48)	
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa Gudang	20 (0,96)	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan Gudang	30 (1,44)	
Loteng yang dapat didiami dengan Gudang Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Ruang public dan koridor yang melayani mereka	(1,1.2)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung		
Atap digunakan untuk taman atap		
Atap yang digunakan untuk tujuan lain		
	20 (0,96)	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya awning	100 (4,79)	
dan kanopi	Sama seperti hunian	
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur	dilayani	
	unayam	
angka kaku ringan	dilayani	
angka kaku ringan		200 (0.89)
angka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh di	200 (0,89)
rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup		200 (0,89)
rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh di reduksi	200 (0,89)
rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup	5 (0,24) tidak boleh di	200 (0,89)
rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di	200 (0,89)
rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan	
rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung angsung dengan pekerjaan lantai	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas	
Rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung angsung dengan pekerjaan lantai Fitik panel tunggal dari batang bawah rangka atap	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (0,89)
Rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung angsung dengan pekerjaan lantai Fitik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang	
Rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur latama yang mendukung atap diatas pabrik,	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (0,89)
Rangka kaku ringan Rangka tumpu layer penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Fitik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur uatama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur uatama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka	2000 (0,89) 300 (1,33)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur latama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan Sekolah	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (0,89) 300 (1,33) 300 (1,33)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur latama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan Sekolah Ruang kelas	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (0,89) 300 (1,33) 300 (1,33)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung angsung dengan pekerjaan lantai Fitik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur atama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja bemeliharaan Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama	5 (0,24) tidak boleh di reduksi  5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka  20 (0,96)	2000 (0,89) 300 (1,33) 300 (1,33) 1000 (,45) 1000 (,45)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang berbubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur latama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan Sekolah	5 (0,24) tidak boleh di reduksi 5 (0,24) tidak boleh di reduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (0,89) 300 (1,33) 300 (1,33)

Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300
Gedung diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengencer (jika diasntisipasi menjadi Gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih		
berat)		
Ringan	125 (6,00)	
Berat	250 (11,97)	

Sumber: SNI 1727-2013; Tabel 4-1

# 2.4.4 Beban Gempa

Perencenaan bangunnan tahan gempa merupakan mempertimbangkan frekuensi rata-rata. dalam suatu daerah berdasarkan data yang ada. Untuk bangunan yang tidak lebih dari 40 m. Analisyss struktur yang ditentukan oleh seismik atau gempa. dapat dilakukan dengan metode bebann gempa statik ekivalen. Sementara untuk bangunan. yang lebih tinggi dari 40 m. Analisys beban gempa statik ekivalen perlu diverifikasi. dengan analisiis dinamik. Perencanaanbangunan tahan gempa. dibagi menjadii 2, yaitu (Nasution, 2009):

#### a. Motode Analisis Statik

Analisys pendisainann struktur bangunan.terhadap pengaruh beban gempa secara statiis, dalam prinsiPya merupakan menggantikan gaya - gaya horizontal. yang bekerja dalam struktur akiibat pergerakan tanah denganbeberapa gaya statiis yang ekivalen, dengan tujuan penyederhannaan dan kemudahan di dalam perhitungan. Metode ini diisebut Metode Gaya Lateral Ekiivalen (Equiivalent Lateral Force Method). metode yang digunakan ini diasumsiikan bahwa gaya horizontal yang ditentukan oleh gempa yang bekerja dalam suatu elemen strukturr, besarnya tingkat diitentukan berdasarkan hasil perkaliian antara konstanta berat atau masa dari elemen struktur tersebut.

#### b. Metode Analisis Dinamis

Analisis dinamis untuk pendisainan struktur tahan gempa dilakukan kalau diperlukan evaluasi dengan akurasisasi lebih dari beberapa gaya gempa yangbekerja dalam struktuur, serta untuk mengetahui perilaku dari struktur akibat pengaruh gempa.

Dalam struktur bangunan tingkat tinggi dan bentuk struktur dengan bentuk atau tidak menentunya konfigurasi yang dimiliki. sedangkan Analisis dinamis dapat kital bentuk dengan memperkirakan elastisitas. Berbagai cara elastis dibedakan Analisis Ragam Riwayat Waktu (TimeHistori Modal Analysis), dimana dalam cara tersebut diperlukan rekaman percepatan gempa dan Analisis Ragam Spektrum Respons. (Response Spectrum Modal Analysis), diimana dalam cara ini respons tertinggi dari tiap ragam getar. yang terjadi didapat darii Spektrum Respons Rencanaa (Design Spectra).

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan ketahanan gempa metode statik ekivalen untuk gedung berdasarkan.SNI 1726:2019:

# 2.4.4.1 Menentukan Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunan tahan gempa menurut SNI 03-1726-2019 adalah sebagai berikut:

MATAN

Tabel 2. 2 Kategori Resiko Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori resiko		
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, anatara lain :  - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan  - Fasilitas sementara  - Gudang penyimpanan  - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I		
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategoriI, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan			
- Rumah toko dan rumah kantor - Pasar	п		
- Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall			
- Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik			

Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :

- Bioskop
- Gedung pertemuan
- Stadion
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat
- Fasilitas penitipan anak
- Penjara III
- Bangunan untuk orang jompo

Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Pusat pembangkit listrik biasa
- Fasilitas penanganan air
- Fasilitas penanganan limbah
- Pusat telekomunikasi

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan

Sumber: SNI 03-1726-2019

Berdasarkan table di atas bangunan apartemen termasuk Kategori Resiko II.

Ш

#### 2.4.4.2 Faktor Keutamaan Gempa (Ie)

Berdasarkan pasal 12.2 SNI 1726:2019, factor keutamaan gempa pada struktur bangunna gedung apartemen, factor keutamaan gempa Ie harus diambil sebesar 1,0 yaitu dengan Ketrgori Resiko II.

Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, Ie
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.50

Sumber: SNI 1726-2019

# 2.4.4.3 Parameter Percepatan Sprektal Gempa (Ss & S1)

Nilai percepatan spectral MCE (Maximum Credible Earthquake) dengan kala ulang 2.500 tahun, pada periode pendek (Ss) dan T = 1 detik (S1) diperoleh dari gambar 15 SNI 1926 : 2019 (untuk kelas situs SB / Batuan) website Desain Spektra Indonesia (pu.go.id).

#### 2.4.4.4 Klasifikasi Situs

Penentuan kategori desain seismic suatu bangunan dan amplifikasi percepatan gempa pada suatu situs bangunan, memerlukan klasifikasi situs tersebut terlebih dahulu. Klasifikasi situs diatur dalam table 5 SNI 1726:2019.

Tabel 2. 4 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	v's (m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan luak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50

Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karateristik sebagai berikut:

- 1. Indeks plastisitas, PI > 20
- 2. Kadar air,  $w \ge 40\%$
- Kuat geser niralir su < 25 kPa</li>

SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasu geoeknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0 Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik

- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah
- Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan H > 3 m)
- Lempung berplastisitas tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas PI > 75)
- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H
   35 m dengan su < 50 kPa</li>

Sumber: SNI 03-1726-2019

# 2.4.4.5 Menetukan Parameter Percepatan Gempa (SM1 dan SMS)

= no

Jembatan Untuk menentukan renpons spectral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda (Fa) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (Fv). Parameter sprectum renspons percepatan pada perioda pendek (SMS) dan perioda 1 detik (SM1) yang

disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = Fa . S_{S}$$

$$Sm1 = Fv . S1$$

Dimana:

Ss = parameter respons sprektal percepatan gempa MCE pada periode pendek

S1 = parameter respons prektal percepatan gempa MCE pada periode 1 detik.

#### 2.4.4.6 Parameter Percepatan Sprektal Desain

Parameter percepatan sprektal desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SD1), ditentukan dengan menggunkaan persamaan berikut,

$$SDS = \frac{2}{3} \cdot SMS$$

# $SD1 = \frac{1}{3} \cdot SM1$

# 2.4.4.7 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic suatu struktur diatur oleh pasal 6.5 SNI 1726-2019, dimana penentuan kategori desain seismic berdasarkan nilai SDS, SD1, dan kategori resiko struktur. Kateori desain seismic yang digunkan adalah yang kategori desain seismic tertinggi yang ditentukan berdasarkan SDS dan SD1.

**Tabel 2. 5** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan pada Perioda Pendek

	1 chack				
Nilai Sps	Kategori Resiko				
	I atau II atau III	IV			
$S_{DS} < 0.167$	A	A			
$0.167 \le S_{DS} \le 0.33$	В	C			
$0.33 \le S_{DS} < 0.50$	C	D			
$0.50 \le S_{DS}$	D	D			

Sumber: SNI 03-1726-2019

Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Percepatan pada Perioda 0,1 detik

Nilai Spi	Kategori Resiko		
	I atau II atau III	IV	
$S_{D1} < 0.167$	A	A	
$0.167 \le S_{D1} \le 0.33$	В	C	
$0.33 \le S_{D1} < 0.50$	C	D	
$0.50 \le S_{D1}$	D	D	

Sumber: SNI 03-1726-2019

#### 2.4.4.8 Spektrum Respons Desain

Langkah awal dalam menetukan spektrum respons desain adalah mementukan T0 dan TS, yang dapat diperoleh melalui persamaan,

$$T0 = 0.2 \, \frac{SD1}{SDS} \, .$$

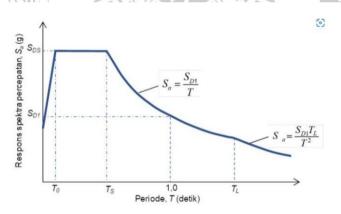
$$TD = \frac{SD1}{SDS}.$$

Kurva spktrum respons desain dikembangkan berdasarkan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) Untuk periode yang lebih kecil dati T), spektrum respons percepatan desain, Sa diambil berdasarkan persamaan, Sa = SDS .  $(0.4 + 0.6 \ T\ T0)$
- b) Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T0 dan lebih kecil dari atau dengan Ts, Sa sama dengan SDS.
- c) Untuk periode lebih besar dari TL, respons sprektal percepatan desainm Sa, diambil.

Berdasarkan persamaan,

$$Sa = \frac{SD1.TL}{T2}$$



Gambar 2. 4 Spektrum Respons Desain

Sumber: SNI 03-1726-2019

#### 2.4.4.9 Penentuan Periode Fundamental (Mode Pertama)

Periode fundamental struktur dalam arah yang diuji harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang diuji. Periode fundamental pendekatan, Ta, diperoleh berdasarkan persamaan,

Tamin = Cr . hn x

Tamax = Cu . Ta

Dimana, hn = ketinggian struktur (m). St dan Cu ditentukan berdasarkan Tabel 17 dan Tabel 18 SNI 1726-2019.

Tabel 2. 7 Koefisien Untuk Batas atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien Cu
≥ 0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤ 0,1	1,7

Sumber: SNI 03-1726-2019

**Tabel 2. 8** Nilai Parameter Perioda Pendekatan *Ct* dan *x* 

Tipe Struktur	Ct	X
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka		
memikul 100% gaya seismic yang disyaratkan dan		
tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan		
komponen yang kebih kaku dan akan mencegah		
rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismic:		
- Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
- Rangka betin oemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap	0,0731	0,75
tekuk		
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber: SNI 03-1726-2019

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan (Ta) dalam detik, dari permasaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sendikit 3m:

Ta = 0.1 N

Dimana, N = Jumlah tingkat

#### 2.4.4.10 Nilai R, Cd, dan $\Omega$ 0

Nilai R (koefisien modifikasi respons), Cd (factor pembesaran defleksi), dan  $\Omega 0$  (factor kuat lebih sistem) ditentukan berdasarkan Tabel 12 SNI 1726-2019 dengan mengacu pada jenis penahan gaya seismic yang digunakan. Perencanaan Apartemen Green Laur menggunakan sistem rangka pemikul momen rangka beton bertulang pemikul momen khusus, sehingga kombinasi sistem perangkai dalam arah yang berbeda sebagai berikut:

Tabel 2. 9 Faktor (R), (Ω<sub>o</sub>), (C<sub>d</sub>) Untuk Penahan Gempa

1								
	Koefisien modifikasi respons,	Faktor kuat lebih sistem.	Faktor pembesaran defleksi,	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
Sistem pemikul gaya seismik				Kategori desain seismik				
	Ra	$\Omega_0^{b}$		В	С	De	Ee	Ff
C. Sistem rangka pemikul momen								
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	51/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	41/2	3	4	TB	TB	10 <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>	TI <sup>k</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	31/2	3	3	TB	TB	TI <sup>/</sup>	TI <sup>/</sup>	TI'
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus <sup>m</sup>	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	41/2	ТВ	ТВ	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	21/2	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	51/2	ТВ	ТВ	ТВ	ТВ	ТВ
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	41/2	ТВ	ТВ	TI	TI	TI
10.Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11.Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	ТВ	TI	TI	TI	TI
12.Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan <sup>n</sup>	3½	3°	3½	10	10	10	10	10

Sumber: SNI 03-1726-2019

# 2.4.4.11 Koefisien Renspons Seismik (Cs) dan Gaya Dasar Seismik (V)

- 1. Koefisien Respons Seismik (Cs) Untuk menentukan nilai (Cs) ditentukan dengan persamaan berikut ini:
  - CS = SDs(RIe)
  - CSmax = SDs T (R Ie) CSmin < CS < CSmax
  - CSmin = 0.044.SDS.Ie  $\ge 0.01$

Keterangan:

SDS = parameter percepatan spktrum dalam rentang periode 0.2 detik

SD1 = Parameter percepatan spektrum dalam rentang periode 1,0 detik R = Faktor modefikasi respons Ie = Faktor Keutamaan Gempa

T = Periode fundamental pendekatan

2. Gaya Dasar Seismik (V)

Setelah nilai Cs didapatkan, maka gaya geser seismic dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V = Cs.W$$

Keterangan:

Cs = Koefisien respons seismic

W = Berat bobot bangunan (kN)

#### 2.4.4.12 Distribusi Vertikal Gaya Gempa (Fx)

Gaya gempa lateral (Fx) (kN) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$Fx = Cvx \cdot V$$

Dimana;

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_i^n W_i h_i^k}$$

Keterangan:

Cvx = Faktor distribusi vertical

V = Gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

wi dan wx = bagian dari berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

- k = 1, untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 detik atau kurang
- k = 2, untuk struktur yang mempunyai perioda 2,5 detik atau lebih
- k harus sebesar 2 atau harus diinterpolasi linier 1 dan 2, i = untuk struktur yang mempunyai perioda 0,5 dan 2,5 detik

#### 2.4.5 Beban Kombinasi

Struktur, komponen, dan pondasi harus direncanakan sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari bahan terfaktor dalam kondisi berikut:

- 1.1,4D
- 2. 1.2D + 1.6L + 0.6 (L atau S atau R)
- 3.1,2D + 1,6L (L atau S atau R) + (L atau 0,5W)
- 4. 1.2D + 1.02 + L + 0.5 (L atau S atau R)
- 5.1,2D + 1,0E + L + 0,5S
- 6.0,9D + 1,0E
- 7.0,9D + 1,0E

#### 2.5 Sistem Penahan Gempa

Sistem rangka pemikul momen atau Momen Resisting Frame merupakan suatu beban lateral khususnya beban gempa ditransfer melalui mekanisme lentur antara balok dan kolom. Peran balok, kolom dan sambungan sangat penting, yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipiul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3 yaitu:

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

Dalam perencanaan bangunan ini digunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang akan di bahas pada subbab berikut.

#### 2.5.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem Rangka pemikul Momen Khusus adalah sistem pemikul khusus dimana struktur rangka beton bertulang direncanakan berperilaku daktail penuh artinya semua kapasitas daktalitas strukturnya dikerahkan secara maksimal dan harus digunakan untuk bangunan yag dikenakan KDS D, E, F (Kategori Desain Struktur D, E, F).

#### 2.5.1.1 Ketentuan Perencanaan Struktur Pemikul Momen Khusus

Ketentuan perencanaan struktur pemikul momen khusus (SRPMK) diatur dalam SNI 2847-2019; pasal 18.6; Hal-376. Adapun poin-poin penting tang terkandung didalam pasal tersebut adalah sebagai berikut:

- Ketentuan batasan dimensi balok
   Ketentuan Batasan dimensi balok SRPMK diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 18.6.2.1; Hal-377. Pada pasal tersebut dimensi balok harus memnuhi (a) hingga (c):
  - a) Bentang bersih harus  $\ln \ge 4d$ .
  - b) Lebar balok harus sekurangnya nilai terkecil dari 0,3h atau 250mm.
  - c) Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi terkecl dari c2 dan 0,75c1 pada masing-masing sisi kolom.
- Ketentuan tulangan longitudinal balok SRPMK Ketentuan tulangan longitudinal balok SRPMK diatur dalam SNI 2847- 2019; pasal 18.6.3; Hal-378. Beberapa poin penting yang diatur pada pasal tersebut adalah:
  - a) Balok-balok SRPMK harus memiliki setidaknya dua batang tulangan menerus pasa sisi atas dan bawah penampang.
  - b) Rasio tulangan maksimum, baik untuk tulangan atas maupun bahwa adalah 0,025 atau 25%.
  - c) Kekuatan momen positif M(+) pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif M(-) pada muka joint tersebut atau dapat dinyatakan dalam bentuk:  $M(+) \ge 1/2 M(-)$
  - d) Kekuatan momen positif (+) dan momen negative M (-) pada semua penampang disepanjang bentang balok tidak boleh kurang dari seperempa momen maksimum pada kedua tumpuan atau dapat dinyatakan dalam bentuk: M (+) atau M (-)  $\geq \frac{1}{4}$  MMAX
  - e) Sambungan lewatan sambungan longitudinal balok diijinkan jika Sengkang pengekang dipasang sepanjang sambungan lewatan. Jarak tulangan Sengkang pda daerah ini tidak boleh melebih nilai terkecil dari d/4 dan 100 mm.
  - f) Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada lokasi tertentu yaitu: didalam HBK, didaerah sendi plastis (2h) dan dalam jarak dua kali tinggi

balok dari penampang kritis dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akbat deformasi yag melampaui perilaku elastik.

- Ketentuan tulangan transversal balok SRPMK. Ketentuan tulangan Sengkang pada balok: SRPMK diatur dalam SNI 2847- 2019; Pasal 18.6.4; Hal-380. Pada pasal tersebut dinyatakan bahwa:
  - a) Sengkang pengengkang harus dipasang sepanjang jarak yang sama dengan dua kali ringgi balok (2h) yang diukur dari muka kolom penumpu kearah tengah bentang dikedua ujung balok.
  - Sengkang pertama pada daerah 2h harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka kolom penumpu.
  - c) Jarak tulangan Sengkang sepanjang 2h tidak boleh melebihi nilai terkecil dari:

 $\frac{d}{4}$ 

6d; (d merupakan diameter tulangan utama balok)

- d) Sengakang harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari d/2 disepanjnag bentang balok. Umumnya ini dipasang di luar sendi plastis.
- Ketentuan kekuatan geser balok SRPMK Ketentuan kekuatan geser balok SRPMK diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 18.6; Hal-376. Adapun poin-poin penting yang terkandung didalam pasal tersebut adalah sebagai berikut:
  - a) Gaya geser desain (Ve) harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya pada bagian balok diantara kedua muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang berkaitan dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi (Mpr), harus diasumsikan bekerja pada mukamuka joint. Selain itu, balok diperhitungkan dengan beban gravitasi tributary terfaktor disepanjang bentangnya.

$$V_{e} = \frac{M_{pr1}(\pm) + M_{pr2}(\pm)}{l_{n}} \pm \frac{w_{u} l_{n}}{2}$$

Dimana:

Vu = Gaya geser desain elemen balok.

Mn1 = Momen nominal balok ujung sebelah kiri (left)

Mn2 = Momen nominal balok ujung sebelah kanan (right)

Wu = Beban gravitasi (1,2D + 1,0L)

ln = Bentang bersih balok.

- b) Tulangan geser sepanjang daerah 2h harus didesain untuk menahan h=geser dengab mengansumsikan nilai Vc = 0, bila kedua syarat berikut terpenuhi:
  - Gaya geser akibat gempa yang dihitung dengan persamaan (3.14) mewakil setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum dalambentang tersebut.
  - Gaya tekan aksial terfaktor pada elemen balok (termasuk pengaru gempa) harus kurang dari Agf'c/20.
  - Ketentuan Batasan dimensi kolom SRPMK. Ketentuan bahwa dimensi kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 18.7.2.1; Hal -385. Pada pasal tersebut diatur bahwa dimensi kolom harus memenuhi (a) dan (b):
- a) Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak kurang dari 2300 mm.
- b) Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya tidak kurang dari 0,4.
  - Ketentuan kekuatan lentur minimum kolom SRPMK Ketentuan kekuatan lentur minimum kolom SRPMK diatur dalam bahwa kekuatan lentur kolom harus memenuhi syarat persamaan:

 $\sum Mnc \ge 1,2 \sum Mnb$ 

Dimana:

 $\sum Mnc$  = Jumlah kekuatan lentur nominal kolom-kolom yang merangka kedalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

 $\sum Mnb$  = Jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka kedalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

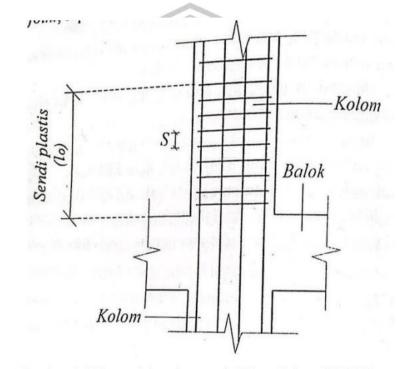
Ketentuan pada pasal ini umumnya dikenal dengan istilah strong column weak beam. Suatu kondisi dimana perlu dipastikan bahwa kekuatan kolom lebih besar1,2 kali kekuatan balok.

• Ketentuan tulangan longitudinal kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847- 2019; Pasal 18.7.4.1; Hal -386. Pada pasal tersebut diatur bahwa

tulangan longitudinal kolom tidak boleh kurang dari 0,01Ag dan tidak lebih dari 0,06Ag, atau dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$0.01 \text{Ag} \le \rho \le 0.06 \text{Ag}$$

 Ketentuan tulangan transversal kolom SRPMK. Ketentuan tulangan transversal kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847- 2019; Pasal 18.7.5.1; Hal -386. Pada pasal tersebut diatur bahwa tulangan transversal harus dipasang sepanjang 10 dari masing-masing muka joint, seperti yang terlihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Sengkang pada Ujung Kolom SPRMK

Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa

Beton Bertulang, Yuda Lesmana(2021)

Adapun panjang 10 (Gambar 2.5) tidak boleh dari nilai terbesar antara:

- a) Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang, dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi
- b) iyaa1/6 tinggi bersih kolom.
- c) Sebesar 450 mm.

Selain itu jarak tulangan sengkang pada daerah 10 diatur pada SNI 2847-2019; Pasal 18.7.5.3; Hal -389. Pada pasal tersebut diatur spesi tulangan transversal tidak melebihi nilai terkecil dani (a) hinggs (c):

- a) 1/4 diatemer dimensi terkecil penampang kolom.
- b) 6x diameter tulangan longitudinal terkecil,
- c) So yang ditentukan dengan rumus  $S_o = 100 + \frac{350 h_x}{3}$

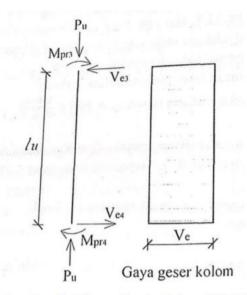
Spasi tulangan geser diluar panjang 10 diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 18.7.5.5; Hal -390, yaitu spasi tulangan geser tidak melebihi nilai terkecil dari:

- a) 6x diameter tlangan longitudinal terkecil.
- b) Sebesar 150mm.

Jumlah luasan tulangan transversal kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847-2019; Tabel 18.7.6.2.1; Hal -392, disebutkan bahwa tulangan transversal disepanjang 10 harus didesain untuk menahan geser dengan mengansumsikan nilai Vc = 0, bila memenuhi syarat a) dan b);

- a) Gaya geser akibat gempa berdasarkan Pasal 18.7.6.1 setidaknya setengah kekuatan heser maksimum disepanjang 10.
- b) Gaya tekan aksial terfaktor termasuk gempa kurang dari Agf'c/20.
- Ketentuan kekuatan geser kolom SPRMK. Ketentuan kekuatan geser pada kolom SPRMK diatur dalam SNI 2847- 2019; Pasal 18.7.6.1.1; Hal -391. Pada pasal tersebut dinyatakan bahwa:
  - a) Gaya geserdesain (Ve) harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi di muka-muka joint pada setiap ujung kolom. Gaya-gaya joint iniharus ditentukan menggunakan kekuatan lentur maksimum yang terjadi (Mpr) disetiap ujung kolom yang terkait dengan rentang beban aksial terfaktor (Pu) yang bekerja pada kolom, seperti pada Gambar 2.6. Persamaan yang bisa digunakan adalah

$$Ve = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u}$$



Gambar 2. 6 Gasar Desain Kolom SPRMK

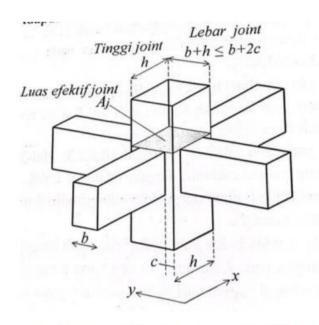
Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa
Beton Bertulang, Yuda Lesmana(2021)

- b) Gaya geser kolom (Ve) yang diperoleh dari persamaan tersebut tidak perlu melebihi nilai geser yang dihitung dari kekuatan joint berdasarkan Mpr balok yang merangka ke joint.
- c) Nilai geser kolom (Ve) tidak boleh kurang dari geser terfaktor berdasarkan analisa struktur.

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa besaran geser desain kolom dikontrol oleh dia nilai yaitu gaya geser dari pengarih balok dan gaya geser dari analisa struktur. Adapun bentuk sederhananya dapat ditulis sebagai berikut:

- Ketentuan sambungan lewatan kolom SRPMK
   Ketentuan sambungan lewatan kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 18.7.4.3; Hal -386. Pada pasal tersebut diatur bahwa sambungan lewatan diijinkan hanya dalam daerah tengah tinggi kolom dan harus didesain sebagai sambungan Tarik dan jarak tulangan sengkang terpasang sama dengan sengkang yang terpasang disepanjnag 10.
- Ketentuan HBK struktur SRPMK.
   Ketentuan sambungan balok kolom/hubungan balok0kolom (HBK) dari struktur SPRMK diatur berdasarkan SNI 287-2019; Pasal 18.8; Hal -392.
   Pada pasal tersebut disebutkan bahwa:

- a) Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka joint harus dihitung dengan mengasumsikan tegangan pada tulangan Tarik lentur sebesar 1,25fy.
- b) Tulangan longitudinal balok yang dihentikan di dalam suatu kolom harus diteruskan ke muka terjauh dari nti kolom tekekang dan harus disalurkan dalam kondisi Tarik.
- c) Merujuk pada SNI 2847-2019; Pasal 18.8.2.3; Hal -393, dimensi kolom yang parallel (searah) dengan tulangan balok, tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar terbesar balok (untuk beton normal)
- d) Tinggi joint h tidak boleh kurang dari setengah tinggi balok-balok yang merangka pada joint sebagai bagian dari sistem pemikul gaya seismik.
- e) Tulangan transversal joint harus memenuhi pasal 18.7.5.2, 18.7.5.3, 18.7.5.4 dan 18.7.5.7, kecuali sebagaimana yang dijiinkan pada pasal 18.8.3.2.
- f) Bila pada keempat sisi joint terdapat balok yang merangka kepadanya dan bila lebar dari setiap balok tersebut setidaknya tiga perempat lebar kolom, maka jumlah tulangan yang diperlukan (sesuai pasal 18.7.4.4) diijinkan untuk reduksi setengahnya, dan spasi yang disyaratkan pasal 18.7.5.3 diijinkan untuk ditingkatkan hingga 150 mm dalam ketinggian balok h yang terendah yang merangka pada joint tersebut.
- g) Kekuatan geserVn joint harus sesuai SNI 2847-2019; Tabel 18.8.4.1; Hal 395.
- h) Suatu kolom dikatakan terkekang oleh balok jka lebar balok yang merangka paling tidak tiga perempat dari lebar efektif joint.
- Perpanjangan balok yang melewati muka joint setidaknya sama dengan tinggi balok yang melewati muka joint setidaknya sama dengan tinggi balok h boleh memberikan kekangan pada muka joint tersebut.
- j) Luasan penampang efektif (Aj) dalam suatu joint (HBK), harus dihitung dari tinggi joint kali lebar joint efektif. Tinggi joint harus sebesar kolom (h). lebar efektif joint harus selebar kolom, kecuali bila ada balok yang merangka ke dalam kolom yang lebih lebar. Adapun ilistrasi dari luasan efektif seperti pada Gambar xxx.



Gambar 2. 7 Luasan Efektif pada Joint (HBK) SPRMK

Sumber: Analisa dan Desain Struktur Tahan Gempa

