

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Struktur Beton Bertulang

Beton adalah suatu material yang didapat dari campuran agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Campuran ini akan mengeras seperti batuan seiring berjalannya waktu dan juga beberapa jenis *admixture* atau bahan kimia yang dicampurkan kedalam campuran beton dengan tujuan mempengaruhi sifat-sifat dari beton, seperti antara lain meningkatkan kelecakan, keawetan dan waktu pengerasan beton. kuat tekan yang dimiliki beton tinggi namun kuat tariknya rendah. Sehingga beton digabungkan dengan batang-batang baja yang memberikan kuat tarik seperlunya yang tidak dimiliki beton (Wang, 1993). Gabungan ini dinamakan dengan beton bertulang yang bekerja secara bersamaan untuk memikul beban yang ada.

Proses desain suatu struktur secara garis besar dilakukan melalui dua tahap: (1) menentukan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut dengan menggunakan metode-metode analisis struktur yang tepat dan (2) menentukan dimensi atau ukuran dari tiap elemen struktur secara ekonomis dengan mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, kemampuan, serta fungsi dari struktur tersebut (Setiawan, 2016).

2.2 Elemen Struktur Beton Bertulang

Setiap struktur bangunan direncanakan dan dibangun oleh ahli teknik sipil sesuai dengan fungsi bangunan yang berfungsi dengan baik selama bangunan digunakan. Bangunan menjadi semakin menuntut fungsi gedung, selain memenuhi fungsi layannya, bangunan harus memiliki bentuk yang menarik dan efisien serta ekonomis untuk dibangun dan dioperasikan. Agar struktur beton bertulang berfungsi dengan baik, insinyur struktur harus merancang komponennya dengan presisi dan tepat.

Setiap elemen struktur memiliki fungsi dan sifat yang berbeda. Pada sistem struktur, elemen penyusun struktur memiliki mekanisme distribusi beban dari atas ke bawah (sistem pondasi) (Nasution, 2009). Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur bangunan gedung terdiri dari struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Substruktur adalah bagian dari struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Ada beberapa elemen struktur yang umum digunakan dalam konstruksi bangunan beton bertulang :

1. Balok adalah elemen horizontal atau sejenis yang panjang dengan lebar dan tinggi terbatas. Balok bertanggung jawab untuk mentransfer beban dari pelat.
2. Kolom adalah elemen vertikal yang memikul beban balok dan pelat. Kolom hanya mendukung beban aksial, tetapi kolom juga dapat dirancang untuk mendukung kombinasi beban aksial dan lentur.
3. Pelat adalah elemen horizontal utama yang mentransmisikan beban bergerak dan statis ke balok, kolom, dan panel dinding.
4. Dinding adalah pelat vertikal yang mampu menahan beban yang disebut dinding geser.
5. Fondasi adalah elemen pendukung kolom dan mendistribusikannya dalam lapisan tanah padat.

2.3 Standar Perencanaan

Peraturan desain struktur beton diatur dalam SNI 2847:2019 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, yang disusun dengan mengacu pada peraturan ACI. Konsep perencanaan yang dianut SNI adalah berbasis kekuatan, atau yang lebih sering dikenal sebagai metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain sebagai berikut :

$$\text{Kuat Rencana} \geq \text{Kuat Perlu} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\phi (\text{Kuat Nominal}) \geq U \dots\dots\dots (2.2)$$

Kuat nominal menggambarkan tingkat kekuatan elemen struktur yang dapat dihitung dengan metode-metode konservatif yang telah distandarkan dalam

peraturan, sedangkan kuat perlu, U , dihitung dengan mempertimbangkan faktor beban sesuai jenis beban yang bersangkutan, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, atau beban gempa. Persamaan 2.1 berlaku secara umum untuk setiap elemen struktur yang dihitung.

2.4 Komponen Atas Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang merupakan gabungan dari beberapa komponen yang saling berkaitan untuk menampung beban yang ada. Untuk menciptakan struktur bangunan yang aman, nyaman, ekonomis dan fungsional, setiap komponen harus dirancang dengan cermat sesuai dengan peraturan yang berlaku. Struktur beton bertulang pada umumnya terdiri dari beberapa komponen berupa balok, kolom, pelat, tangga dan dinding geser

2.5 Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama konstruksi bangunan dan pada umumnya dipasang mendatar/melintang. Sebagai elemen struktural utama, balok terhubung ke kolom, sehingga mendukung beban gravitasi dan seismik sebagai rangka yang stabil. Fungsi utama balok adalah untuk mendistribusikan beban berat yang berasal dari pelat lantai.

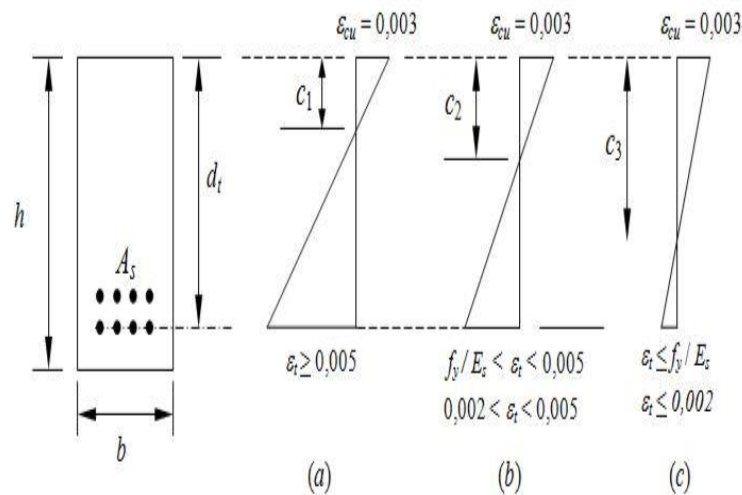
Selanjutnya mendistribusikannya ke elemen kolom dalam bentuk gaya dan momen. Metode yang digunakan dalam proses analisis balok beton bertulang adalah metode perencanaan kekuatan (*Strength Design Method*) atau yang dikenal dengan metode ultimit (Setiawan, 2016). asumsi-asumsi diberikan sebagai berikut:

1. Regangan pada beton berbanding lurus dengan jaraknya dari sumbu netral penampang.
2. Nilai modulus elastisitas, E_s , tulangan baja dianggap sebesar 200.000 Mpa, dan tegangan yang timbul pada tulangan baja dalam daerah elastis sama dengan nilai regangan dikalikan dengan E_s .
3. Kuat tarik dari beton diabaikan karena hanya 10 % dari kuat tekan.
4. regangan maksimum yang terjadi pada serat tekan beton terluar memiliki besaran 0,003.

2.5.1 Batasan Regangan

Dalam SNI 2847:2019, konsep regangan yang terjadi pada penampang beton dan tulangan baja. Terdapat 3 macam jenis penampang yang didefinisikan sebagai berikut:

1. Kondisi regangan seimbang (*balanced strain condition*). Kondisi ini terjadi pada suatu penampang dimana tulangan tarik mencapai regangan luluh, ε_y , sedangkan gaya tekan pada beton mencapai regangan ultimitnya sebesar 0,003. Penampang seperti ini disebut sebagai penampang seimbang.
2. Penampang terkendali tekan (*compression controlled section*). Ini terjadi apabila regangan tulangan tarik terluar sama atau kurang dari batasan regangan yang diizinkan, sedangkan beton mencapai regangan ultimit sebesar 0,003. Untuk tulangan baja dengan $f_y = 400$ Mpa, batasan regangan tekan sama dengan 0,002. Umumnya terjadi pada komponen struktur kolom yang menerima gaya aksial dan momen lentur.
3. Penampang terkendali tarik (*tension controlled section*). Ini terjadi ketika regangan baja mencapai 0,005 atau lebih, yang terjadi ketika beton mencapai regangan ultimitnya sebesar 0,003.



Gambar 2.1 Macam-macam jenis penampang
Sumber : Setiawan, 2016

Penampang lain yang berada di antara penampang terkendali tekan dan terkendali tarik, dinamakan berada pada daerah transisi. Ditambahkan pula bahwa regangan tarik, ε_t , pada kuat nominal di daerah transisi, tidak boleh kurang dari 0,004. Pada SNI 2847:2019 pasal 9.3.3.1 untuk setiap komponen struktur lentur tanpa beban aksial, ataupun bila ada beban aksial tidak melebihi $0,10 \cdot f'_c \cdot A_g$, dengan A_g adalah luas gross penampang beton.

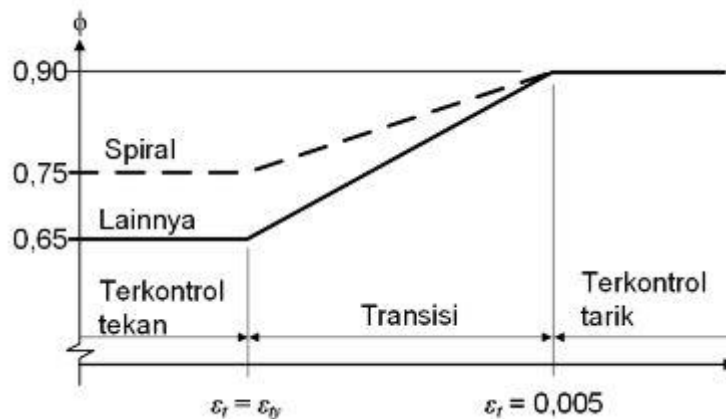
2.5.2 Faktor Reduksi Kekuatan

Kuat nominal dari komponen balok dihitung berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku, harus dikalikan dengan suatu faktor reduksi yang besarnya kurang dari satu. Hasil kali antara kuat nominal dengan faktor reduksi disebut dengan istilah kuat rencana. Menurut penggunaan faktor reduksi dilakukan dengan beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk mengantisipasi segala ketidakpastian dari kekuatan nominal penampang akibat dimensi, material, serta ketidakakuratan perhitungan dalam perencanaan.
2. Untuk merefleksikan tingkat daktilitas dan keandalan komponen struktur akibat pengaruh beban kerja.
3. Untuk merefleksikan tingkat elemen struktur.

Dalam SNI 2847:2013 pasal 9.3 digunakan beberapa nilai faktor reduksi kekuatan, ϕ , sebagai berikut :

1. Untuk penampang terkendali tarik $\phi = 0,9$
2. Untuk penampang terkendali tekan
 - a. Pada tulangan spiral $\phi = 0,75$
 - b. Pada tulangan non-spiral $\phi = 0,65$
3. Untuk geser dan puntir $\phi = 0,75$
4. Untuk tumpu pada beton $\phi = 0,65$



Gambar 2.2 Faktor reduksi kekuatan
 Sumber : SNI 2847-2019

2.5.3 Distribusi Tegangan Tekan Ekuivalen

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat diasumsikan berbentuk persegi empat, trapesium, parabola atau bentuk lain yang dapat mempresentasikan kuat lentur dari penampang. Untuk penyederhanaan dalam analisis penampang beton, maka dalam SNI 2847:2019 pasal 22.2.2.4.1, diizinkan menggunakan distribusi balok tegangan ekuivalen berbentuk empat persegi panjang untuk perhitungan kuat lentur nominal. Model blok tegangan tersebut sering dikenal dengan blok tegangan *whitney*, yang dipublikasikan pada jurnal ACI di tahun 1937. Blok tegangan didefinisikan sebagai berikut :

1. Tegangan tekan merata sebesar $0,85 f'c$ diasumsikan terdistribusi merata pada daerah tekan ekuivalen yang dibatasi oleh tepi penampang dan suatu garis lurus yang sejajar sumbu netral sejarak $\alpha = \beta_1 c$ dari serat beton yang mengalami regangan tekan maksimum.
2. Jarak c dari serat dengan regangan tekan maksimum ke sumbu netral harus diukur tegak lurus sumbu tersebut.
3. Faktor β_1 dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 pada pasal 22.2.2.4.3 :

Tabel 2.1 Faktor β_1

$f'c$, MPA	β_1
$17 \leq f'c \leq 28$	0,85
$28 < f'c < 55$	$0,85 - \frac{0,05 (f'c - 28)}{7}$
$f'c \geq 55$	0,65

sumber: SNI 2847:2019 pasal 22.2.2.4.3

Untuk suatu daerah tekan persegi dengan lebar b dan tinggi sumbu netral c , maka resultan gaya tekan yang terjadi adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot c \dots\dots\dots (2.3)$$

2.5.4 Penampang Persegi Bertulangan Tunggal

Jika tulangan baja luluh kondisi seimbang akan tercapai pada saat beton mencapai regangan ultimitnya sebesar $3 \cdot 10^{-3}$, pada saat ini tulangan baja akan mencapai regangan luluhnya, $\epsilon_y (= f_y / E_s)$. Dari diagram regangan menggunakan perbandingan segitiga akan diperoleh hubungan sebagai berikut :

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0,003}{0,003 + f_y/E_s} \dots\dots\dots (2.4)$$

Atau jika nilai E_s diambil sebesar 200.000 Mpa, maka :

$$C_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d \dots\dots\dots (2.5)$$

Selanjutnya dengan menggunakan persamaan kesetimbangan gaya, maka dituliskan sebagai berikut :

$$C = T \dots\dots\dots (2.6)$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a_b \cdot b = A_{sb} \cdot f_y$$

Atau jika dituliskan untuk nilai a_b :

$$a_b = \frac{A_{sb} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} \dots\dots\dots (2.7)$$

Presentasi tulangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan kondisi seimbang disebut sebagai rasio tulangan seimbang, ρ_b . Nilai ρ_b sama dengan luas tulangan baja dibagi dengan luas penampang efektif :

$$\rho_b = \frac{A_{sb}}{b \cdot d} (2.8)$$

Dengan :

b = lebar penampang yang tertekan

d = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan baja tarik

nilai A_{sb} disubstitusikan ke dalam persamaan 2.6 :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a_b \cdot b = f_y \cdot \rho_b \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.9)$$

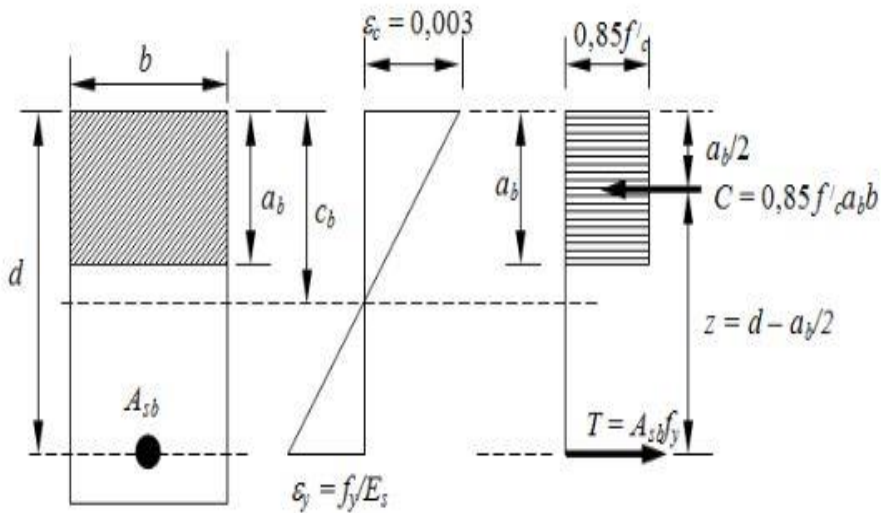
Atau

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{d \cdot f_y} a_b = \frac{0,85 \cdot f'_c}{d \cdot f_y} \cdot \beta_1 \cdot c_b \dots\dots\dots (2.10)$$

Selanjutnya nilai c_b dari persamaan 2.5, untuk mendapatkan persamaan umum rasio tulangan seimbang, ρ_b :

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \frac{f'_c}{f'_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Momen nominal dari suatu balok persegi bertulangan tunggal dihitung dengan mengalikan nilai C atau T pada Gambar dengan jarak antara kedua gaya tersebut,



Gambar 2.3 Diagram tegangan pada balok

Sumber : Setiawan,2016

Maka :

$$M_n = C \cdot z = T \cdot z$$

Atau

$$M_n = 0,85 f'_c \cdot a \cdot b \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Nilai a , dihitung lebih dahulu dari persamaan 2.7. untuk mendapatkan besarnya kuat rencana, ϕM_n , maka kuat momen nominal, M_n , harus direduksi dengan cara dikalikan dengan faktor reduksi ϕ :

$$\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 f'_c \cdot b} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Karena $A_s = \rho b d$, maka persamaan 2.13 dapat dituliskan kembali dalam variabel rasio tulangan sebagai berikut :

$$\phi M_n = \phi f_y \cdot \rho \cdot b \cdot d \left(d - \frac{\rho \cdot b \cdot d \cdot f_y}{1,7 f'_c \cdot b} \right) = \phi \rho \cdot f_y \cdot b \cdot d^2 \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,7 f'_c} \right) \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan ini dapat dituliskan secara ringkas menjadi :

$$\phi M_n = R_u \cdot b \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

$$R_u = \phi \rho \cdot f_y \left(1 - \frac{\rho \cdot f_y}{1,7 f'_c} \right) \dots\dots\dots (2.16)$$

Selanjutnya akan ditinjau batasan presentase tulangan baja yang diizinkan dalam suatu komponen struktur lentur, balok persegi bertulangan tunggal yang dianut dalam SNI 2847:2019 pasal 9.3.3.1 diisyaratkan bahwa nilai ϵ_t pada kondisi seimbang ditunjukkan dalam gambar, dari hubungan yang sudah diturunkan sebelumnya diperoleh :

$$c_b = \frac{a_b}{\beta_1} = \frac{A_{sb} \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot \beta_1 \cdot b} = \frac{\rho_b \cdot f_y \cdot d}{0,85 f'_c \cdot \beta_1} \dots\dots\dots (2.17)$$

Diperoleh pula hubungan :

$$C = \frac{A_{sb} \cdot f_y \cdot d}{0,85 f'_c \cdot \beta_1} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dari kedua persamaan tersebut dapat dinyatakan perbandingan antara c dan c_b :

$$\frac{c_b}{d} = \frac{\rho}{\rho_b} \dots\dots\dots (2.19)$$

Apabila kedua ruas dibagi dengan d , maka diperoleh :

$$\frac{c}{d} = \frac{\rho}{\rho_b} \cdot \frac{c_b}{d} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dari gambar dengan menggunakan perbandingan segitiga, didapatkan persamaan :

$$\frac{c}{d} = \frac{0,003}{0,003 + \epsilon t} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dan didapatkan pula :

$$\frac{c_b}{d} = \frac{0,003}{0,003 + f_y/E_s} \dots\dots\dots (2.22)$$

Selanjutnya dari persamaan 2.20 dan 2.22 :

$$\frac{c}{d} = \frac{\rho}{\rho_b} \cdot \frac{c_b}{d} = \frac{\rho}{\rho_b} = \left(\frac{0,003}{0,003 + f_y/E_s} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

Persamaan 2.23 disubstitusikan ke dalam persamaan 2.21, dan disusun kembali persamaannya sehingga diperoleh hubungan berikut :

$$\frac{\rho}{\rho_b} = \frac{0,003 + f_y/E_s}{0,003 + \epsilon t} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dalam hal desain balok atau komponen struktur lentur lainnya, batas maksimum rasio tulangan dapat diambil dengan menggunakan nilai $\epsilon t = 0,005$, sehingga dari persamaan 2.24 dapat dirumuskan :

$$\rho_{maks} = \left(\frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right) \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.25)$$

Jika tulangan baja mempunyai $f_y = 400$ Mpa dan $E_s = 200.000$ MPa, maka $\rho_{maks} = 0,625\rho_b$ dengan menggunakan batasan tersebut, maka penampang akan dikategorikan sebagai penampang terkendali tarik, dan nilai faktor reduksi ϕ dapat diambil sebesar 0,9. Sedangkan balok atau komponen struktur dengan $\rho > \rho_{maks}$, akan menghasilkan ϵt tidak boleh kurang dari 0,004, untuk menjamin tingkat daktilitas serta memperlihatkan tanda-tanda yang nampak secara visual sebelum terjadi keruntuhan. Bila nilai ϵt diambil sebesar 0,004, maka persamaan 2.24 akan menjadi :

$$\frac{\rho}{\rho_b} = \frac{0,003 + f_y/E_s}{0,007} \dots\dots\dots (2.26)$$

Untuk $f_y = 400$ Mpa dan $E_s = 200.000$ MPa, maka $\rho_{maks} = 0,714\rho_b$. Namun faktor reduksi ϕ , tidak dapat diambil sebesar 0,9 karena penampang berada pada daerah transisi. Apabila momen terfaktor yang bekerja pada balok cukup kecil, sehingga

luas tulangan baja yang dibutuhkan juga sedikit, maka dalam peraturan (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1) disyaratkan perlunya memberikan tulangan minimum, yang besarnya :

$$A_{s \min} = \sqrt{\frac{f'_c}{4f_y}} b_w d \geq \frac{1,4}{f_y} b_w d \dots\dots\dots (2.27)$$

Atau jika dinyatakan sebagai rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{untuk mutu beton } f'_c \leq 30 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{f'_c}{4f_y} \quad \text{untuk mutu beton } f'_c \geq 30 \text{ MPa}$$

Suatu penampang dikatakan cukup apabila kuat momen rencana penampang, ϕM_n , tersebut sama atau lebih besar daripada momen terfaktor eksternal, M_u , yang bekerja pada penampang tersebut, atau secara matematis dapat dikatakan $\phi M_n \geq M_u$, prosedur pemeriksaan kecukupan penampang dapat dilakukan dengan urutan sebagai berikut :

1. Hitung besarnya momen terfaktor, M_u
2. Hitung ϕM_n , dengan urutan :
 - a. Periksa apakah $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$
 - b. Hitung $a = A_s \cdot f_y / (0,85 f'_c \cdot b)$, dan periksa nilai ϵ_t dan ϕ .
 - c. Hitung $\phi M_n = \phi A_s \cdot f_y / (d - a/2)$.
3. Jika $\phi M_n \geq M_u$, maka penampang dikatakan mencukupi.

2.5.5 Penampang Persegi Bertulangan Rangkap

Tulangan balok beton bertulang didesain memiliki tulangan tarik dan tulangan tekan. Balok demikian dinamakan sebagai balok bertulangan rangkap. Penggunaan tulangan tekan sering dijumpai pada daerah momen negatif dari suatu balok menerus atau di tengah bentang dari suatu balok yang cukup panjang dan memikul beban yang berat serta persyaratan kontrol lendutan cukup ketat. Dalam masalah analisis balok beton bertulangan rangkap, biasanya terdapat dua kasus yang berbeda tergantung pada kondisi tulangan tekan. Tulangan tekan sudah luluh atau belum. Syarat tulangan tekan sudah luluh :

$$(\rho - \rho') \geq 0,85 \beta_1 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{d'}{d} \right) \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

Apabila nilai $(\rho - \rho')$ lebih besar daripada nilai di sisi kanan persamaan, maka tulangan tekan dapat dinyatakan sudah luluh. Dan syarat tulangan tekan belum luluh :

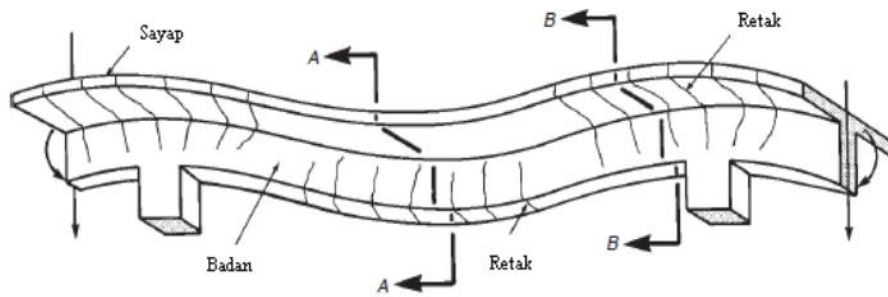
$$(\rho - \rho') < 0,85 \beta_1 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{d'}{d} \right) \left(\frac{600}{600 - f_y} \right) \dots\dots\dots (2.29)$$

Maka tulangan baja belum luluh, tulangan baja tarik akan luluh sebelum mencapai regangan maksimumnya sebesar 0,003, dan regangan pada tulangan tekan, ϵ'_s , belum mencapai ϵ_y pada saat terjadi keruntuhan. Luluhnya tulangan tekan juga dipengaruhi oleh letaknya terhadap serat terluar, d' . Semakin tinggi rasio d'/c berarti tulangan tekan semakin dekat dengan sumbu netral, maka semakin kecil kemungkinan tulangan tekan mencapai kuat luluhnya. Berikut adalah langkah-langkah dalam analisis balok bertulangan rangkap (Setiawan, 2016) :

1. Hitung $R_{u \text{ maks}}$
2. Hitung $M_{u1} = R_{u \text{ maks}} b d^2$
3. Jika $M_{u1} > M_u$, maka tidak perlu A_s'
4. Jika $M_{u1} < M_u$, maka dapat dipasang A_s'
5. Hitung $M_{u2} = M_u - M_{u1}$
6. Hitung $A_{s2} = \phi A_{s2} \cdot f_y (d - d')$
7. Hitung $A_s = A_{s \text{ maks}} + A_{s1}$

2.5.6 Balok penampang T

Pada sistem pelat satu arah, pelat diasumsikan memikul beban dalam salah satu arah dan disalurkan oleh balok dalam arah tegak lurus nya. Pelat dapat berfungsi sebagai sayap atas dari balok. Pada balok tengah, sayap akan terbentuk di kedua sisi dari balok, dan menghasilkan penampang balok T. Suatu balok penampang T yang mengalami lentur, pada bagian lapangan (potongan A) terjadi momen positif, sisi bawah balok mengalami tarik dan sisi atas balok mengalami tekan. Maka sayap balok akan berfungsi sebagai daerah tekan beton.



Gambar 2.4 Lentutan pada balok penampang T
 Sumber : Setiawan,2016

Cara analisis balok penampang T hampir serupa dengan balok persegi. Distribusi tegangan tekan pada balok T mengikuti blok tegangan *whitney*. Prosedur analisis kuat momen nominal, M_n untuk suatu penampang T atau dapat dibedakan, menjadi 2 macam kategori :

1. Tinggi efektif blok tegangan *whitney*, a , kurang atau sama dengan tebal sayap tekan, $h_f (a \leq h_f)$
2. Tinggi efektif balok tegangan *whitney*, a , lebih besar dari tebal sayap penampang ($a \geq h_f$)

Dalam hal analisis penampang balok T, maka lebar sayap yang diperhitungkan dalam analisis dihitung berdasarkan lebar efektif, b_e , yang dalam SNI 2847:2019 pasal 6.3.2.1 :

Tabel 2.2 Lebar sayap efektif penampang balok T

Lokasi sayap	Lokasi sayap efektif, di luar penampang balok	
Kedua sisi balok	Sekurangnya :	8h
		sw/2
		ln/8
Satu sisi balok	Sekurangnya :	6h
		sw/2
		ln/12

sumber : SNI 2847:2019 pasal 6.3.2.1

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menganalisis balok T (Setiawan, 2016) :

1. Asumsikan $\alpha = \beta_1 \cdot c < h_f$
2. Asumsikan $\epsilon_s > \epsilon_y$

3. Hitung $a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot b}$
4. Periksa apakah $a \leq h_f$
5. Periksa kembali apakah $\varepsilon_t > \varepsilon_y$
6. Hitung M_n dengan rumus $M_n = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$

2.6 Kolom

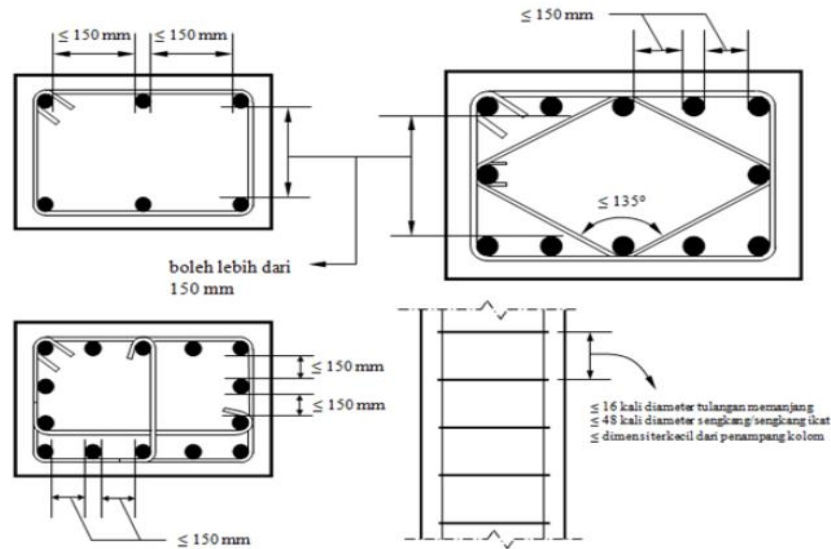
Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Pada struktur bangunan bertingkat dengan material beton bertulang, balok, kolom dan pelat. Bangunan bertingkat tidak memungkinkan menjamin kevertikalan secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Beban eksentris ini akan menimbulkan momen lentur. Jadi pada struktur bangunan beton bertulang, sangat jarang dijumpai elemen kolom yang murni memikul beban aksial saja. Namun dapat diasumsikan bahwa beban aksial bekerja secara eksentrisitas, e , yang cukup kecil sekitar 0,1h atau kurang diukur dari pusat kolom.

2.6.1 Persyaratan peraturan SNI 2847:2013 untuk kolom

Peraturan SNI 2847:2013 memberikan banyak batasan untuk dimensi, tulangan, kekangan lateral dan beberapa hal lain yang berhubungan dengan analisis kolom beton. Beberapa persyaratan dirangkum sebagai berikut :

1. Pasal 9.3.2.2, memberikan batasan untuk faktor reduksi, ϕ , yaitu sebesar 0,65 untuk sengkang persegi dan $\phi = 0,75$ untuk sengkang spiral. Sengkang spiral diberikan nilai faktor reduksi yang lebih tinggi karena mampu menunjukkan perilaku yang lebih daktail dibandingkan sengkang persegi. Nilai faktor reduksi yang diberikan untuk elemen kolom jauh lebih kecil daripada faktor reduksi untuk elemen balok (yang diperbolehkan hingga $\phi = 0,9$). Hal ini disebabkan karena elemen kolom yang dominan terhadap gaya tekan menunjukkan tingkat daktilitas yang lebih kecil dibandingkan elemen balok. Kolom juga sensitif terhadap mutu atau kuat tekan dari beton.

2. Pasal 10.9.1, mensyaratkan bahwa persentase minimum tulangan memanjang adalah 1% dengan nilai maksimum 8%, terhadap luas total penampang. Batas minimum 1% diperlukan untuk memberikan tahanan terhadap momen lentur yang mungkin muncul, serta mengurangi pengaruh rangkaiak dan susut akibat beban tekan jangka panjang. Sedangkan batas atas 8% diberikan untuk menjaga agar tulangan dapat diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu berdesakan pada penampang kolom. Dan juga apabila tulangan memanjang terlalu banyak, proses pengecoran beton kolom akan lebih sulit.
3. Pasal 10.9.2, menyatakan bahwa minimal harus dipasang empat buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang persegi dan untuk penampang segitiga minimal harus dipasang tiga buah tulangan memanjang serta minimal enam buah tulangan memanjang untuk kolom dengan sengkang spiral.
4. Pasal 7.10.4, sengkang spiral harus memiliki diameter minimum 10 mm dan jarak bersihnya tidak lebih dari 75 mm, namun tidak kurang dari 25 mm. Untuk penyambungan batang spiral ulir tanpa lapisan dapat digunakan sambungan lewatan sepanjang $48d_b$ atau tidak kurang dari 300 mm, sedangkan untuk batang spiral polos diambil sepanjang $72d_b$ atau 300 mm.
5. Pasal 7.10.5.1, tulangan sengkang harus memiliki diameter minimum 10 mm untuk mengikat tulangan memanjang dengan diameter 32 mm atau kurang, sedangkan untuk tulangan memanjang dengan diameter diatas 32 mm harus diikat dengan sengkang berdiameter minimum 13 mm.
6. Pasal 7.10.5.2, jarak vertikal sengkang atau sengkang ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan memanjang, 48 kali diameter sengkang / sengkang ikat, atau dimensi terkecil dari penampang kolom.



Gambar 2.5 Persyaratan detailing kolom
 Sumber : Setiawan, 2016

2.6.2 Desain kolom dengan beban aksial

Apabila beban aksial tekan diberikan pada suatu kolom pendek beton bertulang, maka beton akan berperilaku elastis hingga batas tegangan mencapai sekitar $1/3 f'_c$. Apabila beban pada kolom ditingkatkan hingga mencapai batas ultimit, beton akan mencapai kekuatannya maksimumnya dan tulangan baja akan mencapai kuat luluhnya, f_y . Kapasitas beban nominal, P_o dapat dituliskan menjadi persamaan :

$$P_o = 0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} . f_y \dots\dots\dots (2.30)$$

Dengan A_g adalah luas total penampang kolom dan A_{st} adalah tulangan baja. Karena kolom yang vertikal sempurna tidak dijumpai dalam praktek nyata, serta dengan mengasumsikan adanya sedikit eksentrisitas, maka P_o harus direduksi. Dalam sni 2847:2013 pasal 10.3.6 dinyatakan persamaan desain untuk kolom dengan sengkang spiral dan sengkang persegi. Untuk kolom dengansengkang persegi, maka kuat aksial desainnya adalah :

$$\phi P_n = \phi(0,80) [0,85 f'_c . A_g + A_{st} (f_y - 0,85 f'_c)] \dots\dots\dots (2.31)$$

Sedangkan untuk kolom dengan sengkang spiral :

$$\phi P_n = \phi(0,85) [0,85 f'_c . A_g + A_{st} (f_y - 0,85 f'_c)] \dots\dots\dots (2.32)$$

Dengan :

$\emptyset = 0,65$ untuk sengkang persegi

$\emptyset = 0,75$ untuk sengkang spiral

$A_g =$ luas total penampang kolom

$A_{st} =$ luas total tulangan kolom

2.6.3 Asumsi desain dan faktor reduksi kekuatan

Dalam perencanaan elemen kolom, ada beberapa asumsi desain yang diisyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 10.2 antara berikut :

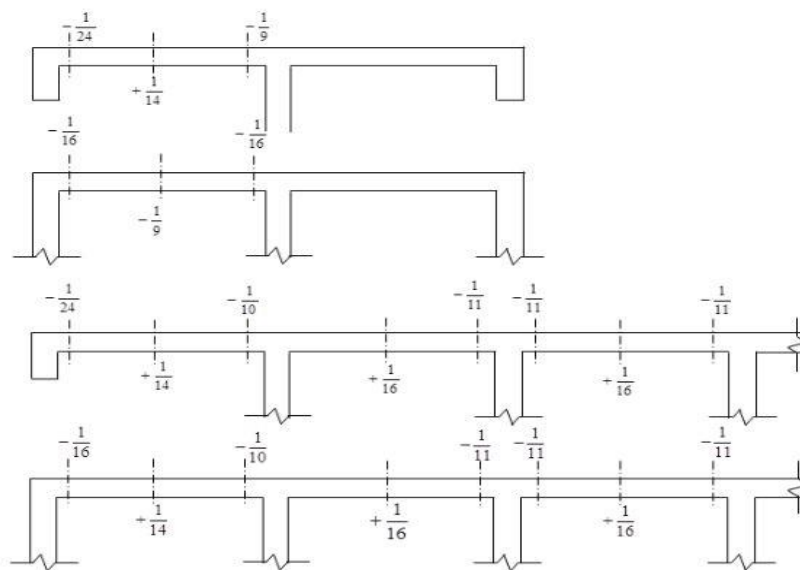
1. Regangan pada beton baja dianggap proporsional terhadap jarak ke sumbu netral.
2. Kesetimbangan gaya dan kompatibilitas regangan harus dipenuhi.
3. Regangan tekan maksimum pada beton dibatasi sebesar 0,003.
4. Kekuatan beton di daerah tarik dapat diabaikan.
5. Tegangan pada tulangan baja adalah $f_s = \varepsilon E_s < f_y$
6. Blok tegangan beton dianggap berbentuk persegi sebesar $0,85 f'_c$ yang terdistribusi merata dari serat tekan terluar hingga setinggi $a = \beta_1 \cdot c$, dengan c adalah jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral penampang.

2.7 Pelat

Pelat beton (*concrete slabs*) merupakan elemen struktural yang menerima beban hidup dan beban mati pada lantai yang selanjutnya akan disalurkan ke balok dan kolom sampai ke struktur bawah. Pelat beton mempunyai peranan yang penting pada bangunan gedung bertingkat, baik sebagai pelat lantai dan pelat bordes ataupun pelat dak pada atap. Nawy (1990), pelat lantai adalah elemen horisontal utama yang menyalurkan beban hidup maupun beban mati ke kerangka pendukung vertikal dari suatu sistem struktur. Elemen-elemen tersebut dapat dibuat sehingga bekerja dalam satu arah atau bekerja dalam dua arah.

2.7.1 Desain pelat satu arah

Pelat akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3-6 meter. Dengan beban hidup sebesar 2,5-5 kN/m². Pelat beton yang memiliki perbandingan panjang antara bentang panjang terhadap bentang pendek lebih atau sama dengan 2 dikategorikan sebagai pelat satu arah. Jika pelat hanya terdiri dari satu bentangan saja, dengan anggapan tertumpu sederhana di kedua sisinya, maka momen lentur yang timbul akibat beban q yang terdistribusi merata adalah $M = q \cdot L^2/8$, dengan L adalah panjang bentang antara kedua tumpuan. Bila pelat yang sama tertumpu pada beberapa tumpuan, maka akan timbul momen positif dan momen negatif pada pelat yang dapat dihitung melalui prosedur analisis struktur, atau dapat juga menggunakan koefisien momen yang diberikan dalam SNI 2847:2019, pasal 6.5.2



Gambar 2.6 Nilai koefisien momen

Sumber : Setiawan, 2016

Nilai koefisien momen dapat digunakan jika :

1. Beda panjang bentang tidak terlalu jauh, dengan batasan panjang bentang tidak boleh melebihi 20% dari bentang terpendek.
2. Beban yang bekerja adalah beban merata.
3. Beban hidup tidak melebihi 3 kali beban mati

Peraturan SNI memberikan beberapa batasan dalam hal desain pelat satu arah sebagai berikut :

1. Desain dilakukan dengan menggunakan asumsi lebar 1 meter.
2. Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan $f_y = 400$ Mpa sesuai SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1 ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Ketebalan minimum pelat satu arah

Kondisi Tumpuan	h Minimum
Tumpuan sederhana	L/20
Satu ujung menerus	L/24
Kedua ujung menerus	L/28
Kantilever	L/10

Sumber : SNI 2847:2019 Tabel 7.3.1.1

Untuk f_y selain 400 MPa, maka nilai dalam tabel harus dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$.

3. Lentutan harus diperiksa apabila pelat memikul konstruksi yang akan mengalami kerusakan akibat lentutan yang besar. Batasan lentutan ditentukan sesuai SNI 2847:2019 Tabel 24.2.2

Tabel 2.4 Batasan lentutan pada pelat

Jenis komponen struktur	Kondisi	Lentutan yang diperhitungkan	Batas lentutan
Atap datar	Tidak memikul atau tidak disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural yang mungkin akan rusak akibat lentutan yang besar	Lentutan seketika akibat L_r dan R maksimum	1/180
Lantai		Lentutan seketika akibat L	1/360
Atap atau lantai	Memikul atau disatukan dengan elemen-elemen nonstruktural	Bagian dari lentutan total yang terjadi setelah pemasangan elemen nonstruktural, yaitu jumlah dari lentutan jangka panjang akibat semua beban tetap dan lentutan seketika akibat penambahan beban hidup	1/480
			1/240

Sumber : SNI 2847:2019 pasal 24.2.2

4. Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20mm, untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah.
5. Tulangan lentur minimum harus ditempatkan sedekat mungkin dengan permukaan tarik beton akibat beban. Luas tulangan minimum pelat satu arah diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 7.6.1.1

Tabel 2.5 Tulangan lentur minimum

Tipe tulangan	f_y , MPa	$A_{s,min}$	
Batang ulir	< 420	0,0020 A_g	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
			0,0014 A_g

Sumber : SNI 2847-2019 pasal 7.6.1.1

6. Jarak antar tulangan utama pada pelat tidak boleh lebih dari 3 kali ketebalan pelat (3h) atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, pasal 7.7.2.3)

2.7.2 Desain pelat dua arah

Pada sistem pelat dua arah ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke empat balok penumpu yang selanjutnya mentransfer bebannya ke kolom. Sistem pelat dua arah dengan balok dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5- 5,5 kN/m². Balok akan meningkatkan kekakuan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil. Untuk SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2 menentukan ketebalan minimum pelat dua arah untuk mencegah terjadinya lendutan berlebih dan untuk mencegah lendutan yang besar, maka ketebalan pelat dapat ditentukan menggunakan rumus empiris sebagai berikut :

Tabel 2.6 Ketebalan minimum pelat dua arah

fy, MPa	Tanpa drop panel			Dengan drop panel		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
420	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
520	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

Sumber : SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2

Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots (2.33)$$

Namun tidak kurang dari 125 mm.

Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.34)$$

Namun tidak kurang dari 90 mm.

Untuk $\alpha_{fm} < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok (Tabel 8.3.1.1 SNI 2847:2019)

dengan :

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu pelat

α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \dots\dots\dots (2.35)$$

I_b = momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada setiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, namun tidak lebih dari empat kali tebal pelat

I_s = momen inersia bruto dari penampang pelat.

Tebal minimum pelat tanpa balok seperti ditentukan dalam tabel tidak boleh kurang dari 125 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebalan panel). Dalam SNI 2847:2019 pasal 8.3.1.2.1 diisyaratkan bahwa untuk panel dengan tepi yang tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8. Atau sebagai alternatif, ketebalan maksimum yang dihitung dari persamaan 2.33 dan 2.34 harus dinaikkan minimal 10%.

SNI 2847:2019 memberikan dua buah metode pendekatan dalam melakukan analisis dan desain suatu sistem struktur pelat dua arah, yaitu :

1. Metode Desain Langsung (*Direct Design Method*) dirumuskan dalam SNI 2847:2019 pasal 8.10, merupakan prosedur pendekatan untuk analisis dan desain pelat dua arah. Metode ini dibatasi untuk sistem pelat yang dibebani oleh beban terdistribusi merata, serta tertumpu oleh kolom-kolom dalam jarak yang sama atau hampir sama. Metode perencanaan langsung ini menggunakan sejumlah koefisien untuk menentukan besarnya momen rencana pada lokasi-lokasi kritis.
2. Metode Rangka Ekuivalen (*Equivalent Frame Method*) dirumuskan dalam SNI 2847:2019 pasal 8.11, struktur bangunan dibagi-bagi menjadi beberapa rangka ekuivalen dua dimensi, pembagian tersebut dilakukan dengan cara membuat potongan sepanjang garis tengah di antara kedua kolom. Struktur

rangka dianalisis secara terpisah lantai per lantai dalam arah memanjang dan melintang.

Untuk menggunakan metode perencanaan langsung pada sistem pelat dua arah, maka SNI 2847:2019 pasal 8.10.2 memberikan beberapa batasan sebagai berikut :

1. Paling sedikit ada 3 bentang menerus dalam setiap arah
2. Panjang bentang yang bersebelahan, diukur antara sumbu ke sumbu tumpuan, dalam masing-masing arah tidak berbeda lebih dari sepertiga bentang terpanjang
3. Pelat berbentuk persegi, dengan perbandingan antara bentang panjang terhadap bentang pendek diukur sumbu ke sumbu tumpuan, tidak lebih dari 2
4. Posisi kolom boleh menyimpang maksimum sejauh 10% panjang bentang dari garis-garis yang menghubungkan sumbu-sumbu kolom yang berdekatan
5. Beban yang diperhitungkan hanyalah beban gravitasi dan terbagi merata pada seluruh panel pelat.
6. Beban hidup tidak boleh melebihi 2 kali beban mati.

2.8 Pembebanan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Penentuan besarnya beban merupakan suatu estimasi. Distribusi beban dari elemen ke elemen dalam suatu struktur pada umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada struktur telah diestimasi, maka langkah selanjutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan bekerja pada struktur tersebut. Besar beban yang bekerja pada struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Terdapat beberapa peraturan yang mengatur pembebanan pada struktur :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI -1726-2019).
2. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI - 1727-2020)

3. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG, 1987).

2.9 Beban Mati

Beban mati pada SNI 03-1727-2013 diartikan sebagai berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya. Adapun berat jenis dari bahan bangunan dan berat per satuan luas yang diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPPURG 1987) dapat dilihat di bawah ini :

1. Berat jenis beton bertulang = 2400 Kg/m^3
2. Berat jenis baja = 7850 kg/m^3
3. Dinding pasangan setengah bata merah = 250 Kg/m^2
4. Spesi lantai keramik per cm = 21 Kg/m^2
5. Plafond + penggantung = 18 Kg/m^2
6. Plumbing = 10 Kg/m^2
7. Sanitasi = 20 Kg/m^2

2.10 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan termasuk beban akibat air hujan pada atap (PPPURG, 1987). Beban hidup pada lantai gedung telah diatur didalam SNI 1727-2020.

Tabel 2.7 Besaran beban hidup sesuai fungsinya

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Rumah sakit					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)					
Perpustakaan					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	4.13
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	

Sumber : SNI 1727-2020

2.11 Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Intensitas tekanan tiup yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 25 kg/m², kecuali untuk kondisi berikut :

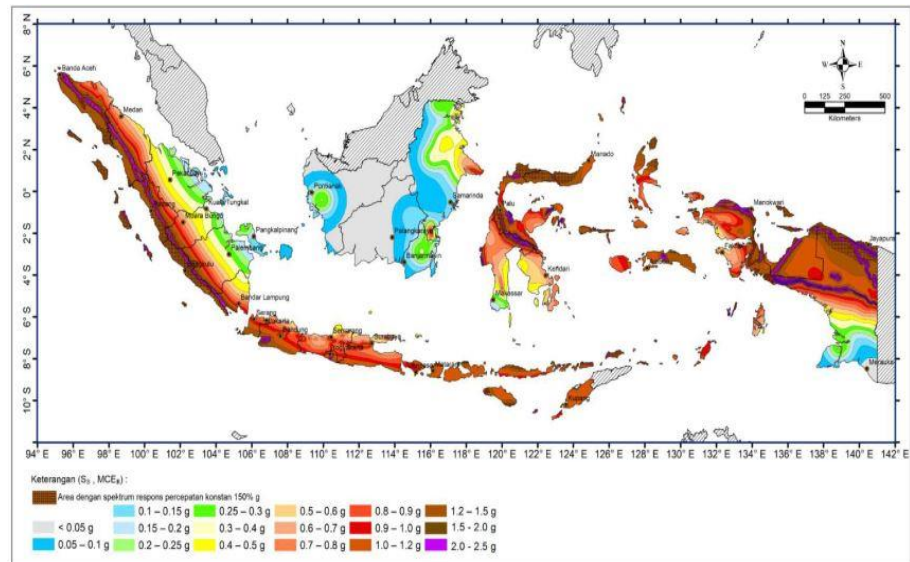
1. Tekanan tiup di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m².
2. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m², harus diambil sebesar $P = V^2/16$ (kg/m²), dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s.
3. Untuk cerobong, tekanan tiup dalam kg/m² harus ditentukan dengan rumus $(42,5 + 0,6h)$, dengan h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter

2.12 Beban gempa

Beban gempa merupakan beban dalam arah horizontal dari struktur yang ditimbulkan oleh adanya gerakan tanah akibat gempa bumi, baik dalam arah vertikal maupun horizontal. Beban gempa di indonesia diatur dalam SNI 1726-2019 tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

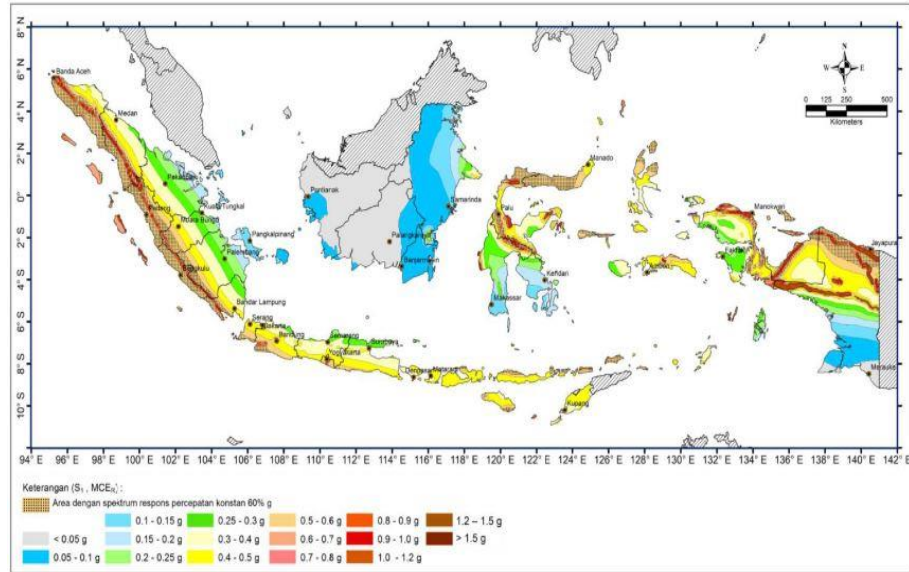
2.12.1 Peta zonasi gempa indonesia

Wilayah indonesia dipetakan berdasarkan tingkat risiko gempanya, yang ditentukan atas dasar besarnya percepatan puncak batuan dasar (*Peak Ground Acceleration*). Peta gempa indonesia terbaru dirilis pada tahun 2017 yang dikembangkan oleh Tim Revisi Peta Gempa Indonesia. Peta gempa tahun 2017 didasarkan pada gempa rencana dengan periode ulang 2500 tahun (probabilitas kejadian 2% dalam kurun waktu 50 tahun). Respon spektrum rencana dalam perhitungan beban gempa dibuat dengan berdasarkan pada peta percepatan batuan dasar periode pendek 0,2 detik (S_5), dan percepatan batuan dasar untuk periode 1 detik (S_1). Semuanya untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun, dengan redaman 5%. Peta untuk S_5 dan S_1 .



Gambar 2..7 Peta percepatan batuan dasar periode pendek 0,2 detik (S_5)

Sumber : SNI-1726-2019



Gambar 2.8 Peta percepatan batuan dasar untuk periode 1 detik (S_1)

Sumber : SNI-1726-2019

2.12.2 Kategori risiko dan faktor keutamaan gempa

Dalam SNI 1726:2019, struktur bangunan gedung dibedakan berdasarkan kategori risiko yang ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan struktur tersebut. Terkait dengan kategori risiko adalah faktor keutamaan gempa, I_e . Faktor ini digunakan untuk mengamplifikasi beban gempa rencana, sehingga beberapa struktur dengan pemanfaatan khusus tetap dapat beroperasi.

Tabel 2.8 Kategori risiko gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan nongedung, 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung 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 di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 3 halaman 24

Tabel 2.9 Kategori risiko gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 3 halaman 25

2.12.3 Menentukan kelas situs dan koefisien situs

Lapisan tanah pada lokasi suatu bangunan dapat dikategorikan menjadi beberapa kelas situs dari kelas A hingga F. Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak) dan SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bias ditentukan kelas situs, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Tabel 2.10 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (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 lunak)	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 karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 5 halaman 29

Setelah ditentukan kelas situs, maka selanjutnya berdasarkan nilai S_s dan S_1 dapat ditentukan besarnya koefisien situs, F_a dan F_v . Koefisien situs merupakan suatu faktor amplifikasi seismik yang dipakai untuk menentukan respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah. Koefisien situs F_a merupakan faktor amplifikasi getaran yang terkait percepatan pada getaran periode pendek, sedangkan koefisien situs F_v merupakan faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran periode 1 detik.

Tabel 2.11 Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_1 \leq 0,25$	$S_1 = 0,5$	$S_1 = 0,75$	$S_1 = 1,0$	$S_1 = 1,25$	$S_1 \geq 0,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 6 halaman 34

Tabel 2.12 Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 7 halaman 34

Nilai F_a dan F_v selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}), yang ditentukan sebagai berikut :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (2.36)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (2.37)$$

Selanjutnya parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} , dan untuk periode 1 detik, S_{D1} , dapat dihitung sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (2.39)$$

2.12.4 Kategori Desain Seismik

Semua jenis struktur harus ditentukan Kategori Desain Seismik (KDS). Kategori Desain Seismik dinyatakan dalam huruf A hingga F. Struktur dengan risiko gempa yang paling kecil dikategorikan ke dalam KDS A, sedangkan struktur dengan tingkat risiko gempa tinggi dikategorikan ke dalam KDS F. Semua struktur ditetapkan KDS-nya berdasarkan kategori risiko serta parameter respons spektral percepatan desain, S_{DS} dan S_{D1} .

Tabel 2.13 Kategori desain seismik SDS

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 8 halaman 37

Tabel 2.14 Kategori desain seismik SD1

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 9 halaman 37

2.12.5 Spektrum Respons Desain

Spektrum respons desain dapat dibentuk setelah nilai dari S_{DS} dan S_{D1} dihitung :

1. Untuk $T \leq T_0$, spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (2.40)$$

Dengan :

$$T_0 = 0,6 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.41)$$

2. Untuk $T_0 \leq T \leq T_S$, spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan S_{DS} dengan :

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (2.42)$$

3. Untuk periode yang lebih besar dari T_S , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.43)$$

2.12.6 Pemilihan Sistem Struktur

Sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal dipilih berdasarkan KDS-nya serta ketinggian struktur. Sistem struktur bisa dilihat pada SNI 1726-2019 tabel 12 halaman 50.

2.12.7 Periode Alami Struktur

Periode alami struktur, T , dalam arah yang ditinjau tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel dan periode alami pendekatan, T_a , yang dihitung dengan persamaan :

Tabel 2.15 Periode alami struktur

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 17 halaman 72

Periode alami pendekatan, T_a , dalam satuan detik, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n \dots \dots \dots (2.44)$$

Dengan h_n adalah ketinggian struktur (dalam meter) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, sedangkan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel berikut :

Tabel 2.16 Besar koefisien C_t

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 18 halaman 72

Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan periode alami pendekatan (T_a), dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat serta sistem penahan gaya gempa berupa rangka penahan momen beton dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0,1 N \dots\dots\dots (2.45)$$

Dengan N adalah jumlah tingkat. Apabila periode alami struktur diperoleh dari hasil analisis menggunakan software (T_c), maka periode alami struktur yang diambil (T) harus ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

1. Jika $T_c > C_u \cdot T_a$, maka $T = C_u \cdot T_a$
2. Jika $T_a < T_c < C_u \cdot T_a$, maka $T = T_c$
3. Jika $T_c < T_a$, maka $T = T_a$

2.12.8 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar akibat gempa bumi, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan :

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Besaran koefisien respons seismik, C_s , dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dengan :

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek 0,2 detik.

R = faktor modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan

Nilai C_s yang dihitung menggunakan persamaan 2.44 tidak perlu melebihi :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.48)$$

Namun tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots (2.49)$$

Untuk struktur yang memiliki lokasi pada daerah dengan nilai S_1 sama dengan atau lebih besar daripada 0,6g, C_s , tidak boleh kurang daripada :

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots (2.50)$$

Berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yaitu :

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan, minimum sebesar 25 persen beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan).
2. Jika ketentuan untuk partisi diisyaratkan dalam desain beban lantai; diambil sebagai yang terbesar diantara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0,48 kN/m².
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen
4. Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

Gaya geser dasar seismik yang telah dihitung selanjutnya didistribusikan ke semua tingkat menjadi gaya gempa lateral (F_x) yang besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$F_x = C_{vx} \cdot V \dots\dots\dots (2.51)$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_n^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (2.52)$$

Dengan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya geser dasar seismik

w_i, w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang dikenakan pada tingkat i atau x

h_i, h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur, ditentukan sebagai berikut :

1. $K = 1$, untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik
2. $K = 2$, untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik
3. $K = 2$, atau dilakukan interpolasi linier antara 1 dan 2, untuk $0,5 < T < 2,5$

Setiap elemen vertikal sistem penahan gaya seismik di tingkat yang ditinjau selanjutnya didistribusikan geser tingkat desain gempa (V_x) yang besarnya adalah :

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots\dots\dots (2.53)$$

2.13 Kombinasi Pembebanan

Setiap komponen struktur harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu memikul beban yang lebih besar daripada beban layan atau beban aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. Dalam metode perencanaan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur didesain untuk memikul beban terfaktor, yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor beban terhadap beban layan nominal. Karena beban mati dapat diestimasi secara lebih akurat, maka faktor bebannya dipilih lebih kecil daripada beban hidup. Beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi daripada beban mati. Besaran faktor beban harus cukup untuk membatasi kegagalan struktur secara tiba-tiba, namun juga harus menghasilkan struktur yang seekonomis mungkin. Berdasarkan persyaratan dalam SNI 2847:2019 pasal besarnya kuat perlu, U, yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

1. $U = 1,4 D \dots\dots\dots (2.54)$
2. $U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.55)$
3. $U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0 L \text{ atau } 0,5 W) \dots\dots\dots (2.56)$
4. $U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5(L_r \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.57)$

5. $U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$ (2.58)
 6. $U = 0,9 D + 1,0 W$ (2.59)
 7. $U = 0,9 D + 1,0 E$ (2.60)

Dengan :

D = Beban mati

L = Beban hidup

E = Beban gempa

R = Beban hujan

W = Beban angin

Pengecualian :

1. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan 2.55, 2.56, 2.57 dapat direduksi menjadi $0,5 L$, jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ (atau 500 kg/m^2). Di samping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
2. Beban angin, W , belum direduksi oleh faktor arah, maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 2.54 harus diganti menjadi $1,6$ dan dalam persamaan 2.53 diganti menjadi $0,8$.

2.14 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, tidak ditemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian ini. Namun perlu dipelajari beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian pada penelitian. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang tengah dilakukan:

2.14.1 Analisis Rumah Sakit Permata Cirebon, Saputra, 2017

Rumah Sakit Permata Cirebon merupakan salah satu rumah sakit umum yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan, dan fasilitas bagi masyarakat sekitar.

Rumah sakit ini didirikan oleh PT Raudhatussyfa Sehat Bersama, yang merupakan salah satu kelompok organisasi dokter yang berada di wilayah Cirebon. Bangunan seluas 11.399 m² dibangun di lahan seluas 1.6 hektar. Dengan adanya pembangunan Rumah Sakit Permata Cirebon ini diharapkan dapat membantu meningkatkan taraf kesehatan bagi masyarakat Kota Cirebon dan sekitarnya, sekaligus sebagai unit kegiatan usaha (baik pemerintah maupun swasta). Inti terpenting dari rumah sakit selain lokasi yang strategis adalah strukturnya memenuhi standar. Rumah Sakit harus memenuhi standar struktur dan gedung ini harus memenuhi kriteria keselamatan dan layanan yang prima untuk itu harus ada desain yang meyakinkan. Atas dasar kriteria keselamatan dan layanan prima maka proses perencanaan pembebanan harus sesuai dengan SNI 1727 - 2013 serta perencanaan struktur gedung ini harus mengacu dengan SNI -2847- 2013 beton bertulang, yang merupakan peraturan terbaru yang disesuaikan dengan perkembangan teknologi material terkini dengan mengacu pada AISC, selain itu dalam perhitungan rekayasa gempa juga harus mengacu pada SNI 1726 - 2012. Analisis struktur digunakan software ETABS, material beton digunakan untuk balok dan kolom portal serta pelat lantai. Hasil yang didapat berupa analisis dan gambar desain struktur Rumah Sakit Permata Cirebon.

2.14.2 Evaluasi Struktur Atas Pada Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan, Rahelina, 2022

Living Plaza Cemara Asri merupakan bangunan perbelanjaan, karna itu dalam pembangunan Plaza ini, diperlukan struktur bangunan yang kuat dan aman. Evaluasi dan analisis struktur bangunan dilakukan dengan cara pemodelan struktur portal dan pembebanan yang akan digunakan beserta kriterianya. Perhitungan struktur gedung ini ditinjau terhadap beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa sesuai peraturan SNI-1727-2013 dan SNI-1726-2012. Untuk analisis struktur di buat model portal 3 dimensi dengan bantuan aplikasi SAP2000 untuk mendapatkan momen, gaya geser, dan gaya aksial sehingga penulangan struktur dapat dihitung sesuai dengan peraturan SNI-2847-2013. Dari hasil perbandingan pada tiap elemen yang diperiksa yaitu plat lantai dengan tebal 120 mm untuk tumpuan arah x = Ø10-150 dan arah y = Ø10-150, tangga oprade = 11 buah spasi arah x = Ø10-150 arah y = Ø10-150, balok 500 x 700 didapatkan tulangan lentur

tumpuan atas = 9D22 bawah = 6D22 dan lapangan atas = 4D22 bawah = 8D22, geser tumpuan = \emptyset 13-100 lapangan = \emptyset 13-150 dan kolom 700 x 700 didapat tulangan lentur = 24D25 dan geser tumpuan = 4 \emptyset 13-100 lapangan = 4 \emptyset 13-150 kondisi diperoleh hasil yang selalu lebih besar dari hitungan perencanaan.

2.14.3 Analisa Perencanaan Struktur Atas Pada Apartemen Grand Jati Junction Medan di Zona A, Rahelina, 2021

Seorang perencana dituntut untuk dapat merancang dengan hasil berdaya guna tinggi, efisien, dan berestektika. Banyak aspek yang harus dipertimbangkan saat merancang suatu konstruksi, salah satunya adalah beton. Pengaruh beban gempa merupakan salah satu hal yang penting untuk dianalisis karena efek yang ditimbulkan terhadap bangunan dapat membahayakan manusia. Oleh karenanya diperlukan perancangan yang baik agar dapat mengurangi tingkat kecelakaan dan kerugian yang ditimbulkan. gedung yang di tinjau adalah gedung apartemen berlantai 30 yang merupakan apartemen terbaru yang berada di kota Medan. Perhitungan struktur mengacu pada SNI 2847-2013 untuk desain beton bertulang, SNI 1726-2012 untuk desain terhadap gempa dan SNI 1727-2013 untuk pembebanan pada struktur. Perhitungan struktur gedung ditinjau terhadap beban mati, beban hidup dan beban gempa. Perhitungan yang dilakukan meliputi elemen pelat, balok, kolom dan pondasi. Digunakan aplikasi SAP 2000 untuk membantu perhitungan gaya elemen struktur. Dari hasil perhitungan terdapat perbedaan dengan desain yang digunakan di lapangan, hal ini terjadi karena setiap perencana struktur menggunakan peraturan dan tata cara perhitungan tertentu dalam mendesain struktur. Akan tetapi perbedaan hasil hitungan analisa dengan desain di lapangan tidak terlalu signifikan perbedaannya sehingga kita dapat mengasumsikan desain balok, kolom dan pelat lantai aman digunakan.