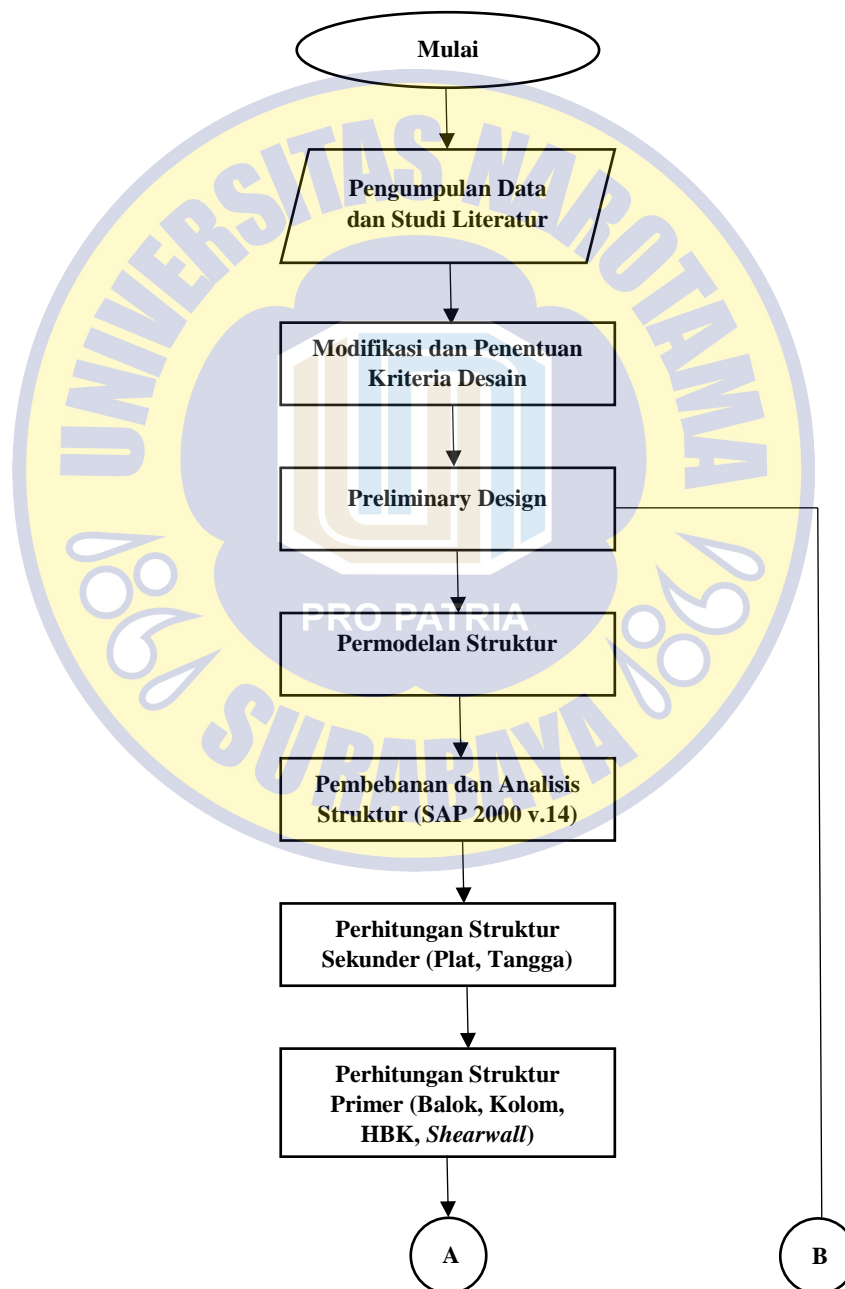
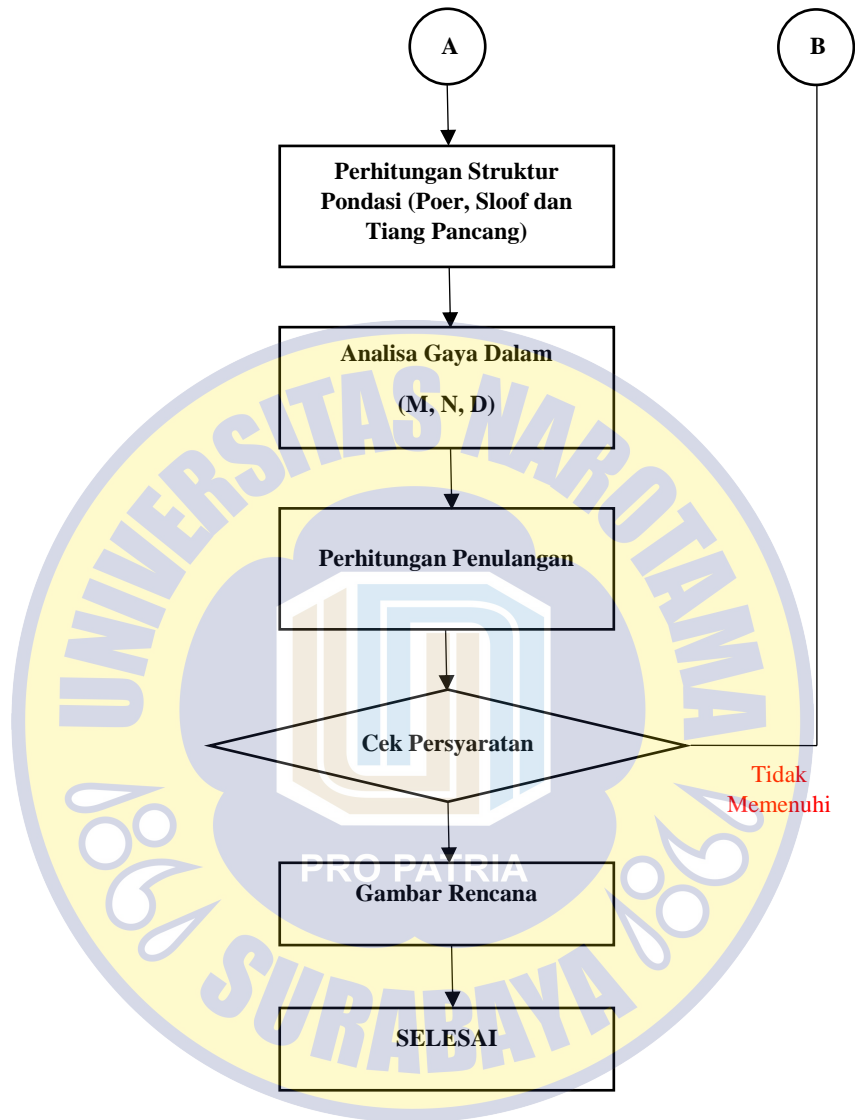


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam Desain Struktur Bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa Di Jakarta Menggunakan SRPMK dan *Shearwall*:





### 3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan dan pencarian data untuk keperluan desain gedung, meliputi:

1. Gambar arsitektur dan gambar struktur bangunan sebagaimana terlampir.
2. Data tanah untuk perencanaan sebagaimana terlampir.

### 3.2 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan dan peraturan-peraturan yang dipakai pada perencanaan struktur gedung, antara lain:

1. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
2. Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847-2019).
3. Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung (SNI 03-1726-2012).
4. Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2019).
5. Badan Standarisasi Nasional. 2013. Beban minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013).
6. Badan Standarisasi Nasional. 2019. Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2018).
7. Iswandi Imran dan Fajar Hendrik. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung: ITB.
8. Rachmat Purwono. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS Press.

### 3.3 Modifikasi dan Penentuan Kriteria Desain

#### 3.3.1 Modifikasi Struktur

Pada Bangunan Rusunawa yang ditinjau yaitu Bangunan Rusunawa Nagrak akan dimodifikasi sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan Modifikasi

Uraian	Eksisting	Modifikasi
Sistem Rangka	Sistem Ganda	Sistem Ganda
Jumlah Lantai	16 Lantai	11 Lantai
Jenis Struktur Utama	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Jenis Struktur Atap	Atap Dek Beton	Atap Dek Beton
Total Luas Area	$\pm 812,5 \text{ m}^2$	$\pm 578,5 \text{ m}^2$
Tinggi Bangunan	56,4 m	44 m

#### 3.3.2 Penentuan Kriteria Desain

Modifikasi Bangunan Rusunawa Tower A Jakarta ini berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung, dengan data sebagai berikut:

- Tipe Bangunan : Bangunan Gedung Beton Bertulang  
Klasifikasi Situs Tanah : Tanah Lunak (SE)  
Kategori Desain Seismik : KDS D

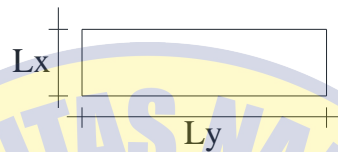
Untuk sistem struktur di atas harus didesain menggunakan penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing khusus atau memiliki tingkat daktilitas penuh, sehingga Bangunan Rusunawa Tower A Jakarta ini dimodifikasi menjadi struktur dengan Sistem Ganda yaitu SRPMK dan *Shearwall*.

### 3.4 Preliminary

#### 3.4.1 Preliminary Ketebalan Plat

##### 3.4.1.1 Preliminary untuk plat satu-arah

Pelat satu arah terjadi apabila  $L_y/L_x > 2$ ; dimana  $L_x$  : bentang pendek dan  $L_y$  : bentang panjang yang digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Dimensi Bidang Plat

Tebal minimum berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 7.3.1.1 dan Tabel 7.3.1.1, berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

**Tabel 3.2** Tebal Minimum Plat Satu-arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

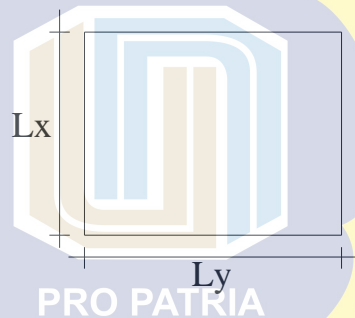
Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu-arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$
CATATAN:				

Panjang bentang dalam mm;  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$  diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09
- Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$

### 3.4.1.2 Preliminary untuk plat dua-arah

Pelat dua arah terjadi apabila  $L_y/L_x < 2$ ; dimana  $L_x$  = bentang pendek dan  $L_y$  = bentang panjang yang digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 3.2** Dimensi Bidang Plat

Tebal plat minimumnya harus memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2019 Pasal R8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut:

- Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan SNI 2847-2019 Pasal R8.3.1.2.
- Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2,0$  maka nilai  $h$  tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

- Untuk  $\alpha_m > 2,0$  maka ketebalan plat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\text{Ln} \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha_f$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan SNI 2847-2019 Pasal 8.3.1.2.1 harus dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

$$\alpha = \frac{E \text{ balok} \cdot I \text{ balok}}{E \text{ plat} \cdot I \text{ plat}}$$

$$\beta = \frac{\text{Ln}}{\text{Sn}}$$

$$I \text{ balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$I \text{ plat} = L_y \times \frac{(hf)^3}{12}$$

Dimana nilai K adalah:

$$K = \frac{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \left( \frac{hf}{hw} \right) \times \left[ 4 - 6 \left( \frac{hf}{hw} \right) + 4 \left( \frac{hf}{hw} \right)^2 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \left( \frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{be}{bw} - 1 \right) \times \left( \frac{hf}{hw} \right)}$$

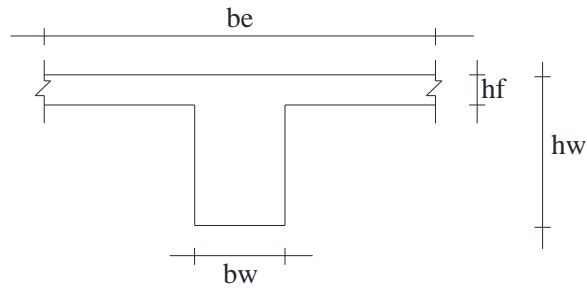
Untuk mencari lebar flens pada balok tengah sesuai SNI adalah sebagai berikut:

Nilai be:

$$be = bw + 2 (hw - hf)$$

$$be = bw + 8hf$$

dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.



**Gambar 3.3** Lebar Efektif Plat

Dimana:

- $\alpha_m$  : Nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel
- $\alpha$  : Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari plat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
- $L_n$  : Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok
- $S_n$  : Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok
- $\beta$  : Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari plat
- $b_e$  : Lebar efektif plat
- $b_w$  : Lebar balok
- $h_f$  : Tinggi plat
- $h_w$  : Tinggi balok

### 3.4.2 Preliminary Tangga

Dalam merencanakan dimensi anak tangga dan bordes, digunakan persyaratan sebagai berikut:

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

Dimana:

- $t$  = Tanjakan dengan  $t \leq 25 \text{ cm}$
- $i$  = Injakan dengan  $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$

Dalam perencanaan tangga, sudut maksimal tangga adalah  $40^\circ$



### 3.4.3 Preliminary Dimensi Balok

Untuk menentukan dimensi tinggi balok, berdasarkan SNI 2847-2019 Tabel

9.3.1.1 sebagaimana berikut ini:

**Tabel 3.3** Tebal Minimum Balok Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, <b>h</b>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
<p>CATATAN:            Panjang bentang dalam mm;            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:            (c) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), <math>w_c</math> diantara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09            (d) Untuk <math>f_y</math> selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y/700)</math></p>				

Selain itu, untuk syarat pelindung beton ditentukan berdasarkan SNI 2847-

2019 Pasal 20.6.1.3.1, sebagaimana berikut ini:

**Tabel 3.4** Syarat Pelindung Beton

Keterangan	Tebal Selimut Minimum (mm)
a. Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang D-19 hingga D-57</li> </ul>	50

<ul style="list-style-type: none"> <li>Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil</li> </ul>	40
c. Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah: Untuk plat, dinding, balok usuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>Batang D-44 dan D-57</li> <li>Batang D-36 dan yang lebih kecil</li> </ul> <u>Balok, kolom:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral</li> </ul> Komponen struktur cangkang, plat lipat: <ul style="list-style-type: none"> <li>Batang D-19 dan yang lebih besar</li> <li>Batang D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil</li> </ul>	40 20 40 20 13

### 3.4.4 Preliminary Dimensi Kolom

Untuk membuat sifat struktur menjadi “*Strong Coloumn Weak Beam*”, maka untuk preliminary dimensi kolom adalah sebagai berikut:

$$\frac{h \text{ KOLOM}}{I \text{ KOLOM}} \geq \frac{h \text{ BALOK}}{I \text{ BALOK}}$$

Dimana:  
h kolom = Tinggi bersih kolom  
h balok = Tinggi bersih balok  
I kolom = Inersia kolom ( $1/12 \cdot b \cdot h^3$ )  
I balok = Inersia balok ( $1/12 \cdot b \cdot h^3$ )

## 3.5 Perhitungan Pembebanan

### 3.5.1 Beban Mati

Menurut SNI 1727-2018, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, cladding gedung, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan terpasang lain termasuk berat plumbing.

Untuk besaran beban mati menggunakan ASCE 7-2002 Tabel C3-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Berat beton : **23,6 kN/m<sup>3</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Concrete reinforced: Stone including gravel*”)
- Beban keramik + spesi : **1,10 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Ceramic or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed*”)
- Beban penggantung langit-langit : **0,10 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)
- Beban plafond : **0,05 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Acoustical Fiberboard*”)
- Beban Mechanical Electrical (M/E) : **0,19 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Mechanical Duct Allowance*”)
- Beban lapisan waterproofing : **0,05 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Waterproofing Membranes Liquid Applied*”)
- Beban pasangan dinding ½ bata : **3,78 kN/m<sup>2</sup>** (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Clay Brick Whytches: 203mm*”)

### 3.5.2 Beban Hidup

Menurut SNI 1727-2018, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Untuk besaran beban hidup menggunakan SNI 1727-2018 Tabel 4.3-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Beban hidup untuk ruang pribadi yang melayani mereka : **1,92 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup untuk koridor dan ruang publik : **4,79 kN/m<sup>2</sup>**

- Beban hidup untuk ruang pertemuan : **4,79 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup untuk atap datar : **0,96 kN/m<sup>2</sup>**
- Beban hidup partisi : **0,72 kN/m<sup>2</sup>**

### **3.5.3 Beban Angin**

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang.

### **3.5.4 Beban Gempa**

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh gerakan tanah akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik atau vulkanik) yang mempengaruhi struktur tersebut.

#### **3.5.4.1 Gempa Rencana**

Berdasarkan SNI 1726-2019, pengaruh gempa rencana yang direncanakan ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewat terbesar selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen.

#### **3.5.4.2 Kategori Risiko Bangunan**

Kategori risiko bangunan gedung dibedakan sesuai dengan fungsi dari bangunan tersebut. Banyak faktor yang mempengaruhi dari tingkat kategori risiko bangunan seperti: tingkat risiko terhadap jiwa manusia saat terjadi kegagalan, potensi menyebabkan dampak ekonomi dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan, serta keharusan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan sesuai SNI 1726-2019 Tabel 3.

**Tabel 3.5** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non-gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung 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"> <li>– Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>– Fasilitas sementara</li> <li>– Gudang penyimpanan</li> <li>– Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	<b>I</b>
<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"> <li>– Perumahan</li> <li>– Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>– Pasar</li> <li>– Gedung perkantoran</li> <li>– Gedung apartemen / rumah susun</li> <li>– Pusat perbelanjaan / mall</li> <li>– Bangunan industri</li> <li>– Fasilitas manufaktur</li> <li>– Pabrik</li> </ul>	<b>II</b>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bioskop</li> <li>– Gedung pertemuan</li> <li>– Stadion</li> <li>– Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas penitipan anak</li> <li>– Penjara</li> <li>– Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>– Fasilitas penanganan air</li> </ul>	<b>III</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Fasilitas penanganan limbah</li> <li>– Pusat telekomunikasi</li> </ul>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bangunan-bangunan monumental</li> <li>– Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>– Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>– Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>– Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>– Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>– Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>– 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</li> </ul>	<b>IV</b>

#### 3.5.4.3 Faktor Keutamaan Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non-gedung sesuai SNI 1726-2019 Tabel 4, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan ( $I_e$ ).

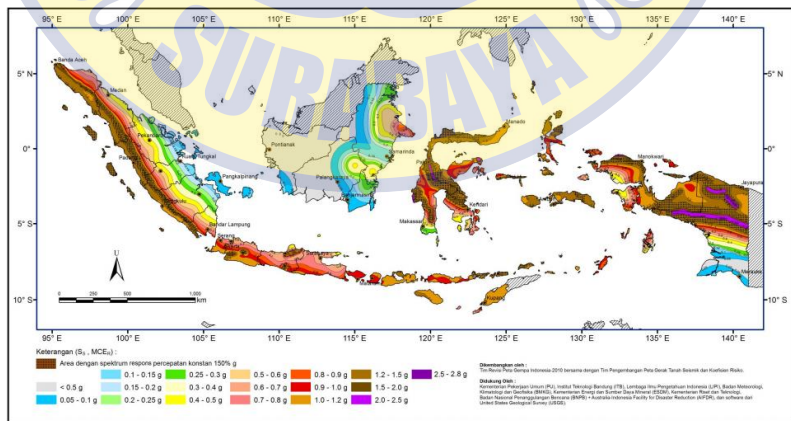
**Tabel 3.6** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

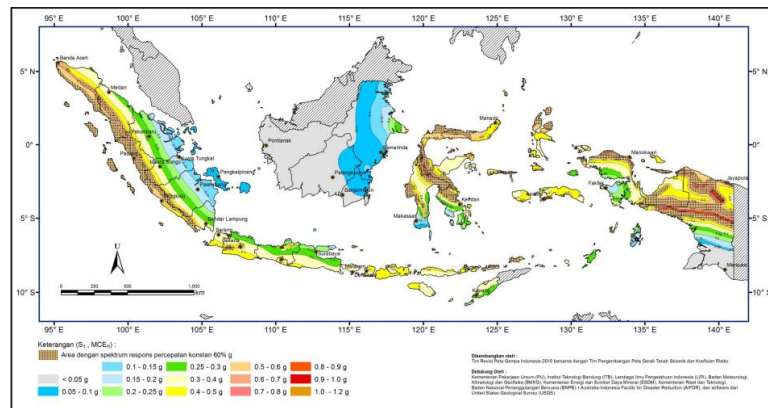
**3.5.4.4 Wilayah Gempa dan Struktur Respons**

**1. Parameter Percepatan Terpetakan**

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan persen terlampaui dalam 50 tahun (SNI 1726-2019 Gambar 15 dan Gambar 16). Pada peta-peta tersebut, terdapat berbagai macam warna yang dimana setiap warna tersebut nantinya memiliki nilai  $S_s$  dan  $S_1$  yang berbeda-beda sesuai daerah yang ditinjau.



**Gambar 3.4**  $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget



Gambar 3.5 S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-tertarget

## 2. Klasifikasi Situs

Setelah menemukan titik yang sesuai berdasarkan daerah yang ditinjau (Jakarta), maka langkah selanjutnya adalah mengklarifikasi situs, dimana klasifikasi kelas situs tersebut terbagi menjadi: SA, SB, SC, SD, SR, dan SF. Kelas situs nantinya untuk mengklasifikasi suatu situs untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Nantinya profil tanah di situs harus di klasifikasikan sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 5.3 dan Tabel 5, berdasarkan profil tanah lapisan 30m paling atas.

Tabel 3.7 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		
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
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 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: – Indeks plastisitas, $PI > 20$ ,		



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>- Kuat geser niralir <math>\bar{S}_U &lt; 25</math> kPa</li> </ul>
SF (Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti SNI 1726-2012 pasal 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math>m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math>m dengan Indeks plastisitas <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{S}_U &lt; 50</math> kPa</li> </ul>

### 3. Koefisien Situs dan Parameter Respons Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko tertarget ( $MCE_R$ )

Percepatan respons spektrum MCE untuk periode singkat ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dihitung berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 6.2 pers.7 dan pers.8, yaitu sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,42 \cdot 0,672 = 0,9542$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 3,03 \cdot 0,254 = 0,7696$$

Keterangan:

$S_s$  : Parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek

$S_1$  : Parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1,0 detik

Untuk koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti SNI 1726-2019 Pasal 6.2 Tabel 6 dan Tabel 7.

**Tabel 3.8** Koefisien Situs, Nilai Fa dicari dengan cara interpolasi bila tidak tercantum pada tabel di bawah

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**Tabel 3.9** Koefisien Situs, Nilai Fv dicari dengan cara interpolasi bila tidak tercantum pada tabel di bawah

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

#### 4. Parameter Percepatan Spektral Desain & Parameter Struktur

Parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat ( $S_{DS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) dihitung sesuai SNI 1726-2019 Pasal 6.3 pers.9 dan pers.10, yaitu sebagai berikut:

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

$$SD1 = \frac{2}{3} \times SM1$$

## 5. Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori desain seismik dari struktur yang ditinjau diambil berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 6.5 Tabel 8 dan Tabel 9, dimana diambil berdasarkan nilai  $S_{DS}$  dan kategori risiko bangunan yang ditinjau.

$$0,50 \leq SDS = 0,50 \leq 0,6362$$

$$0,20 \leq SD1 = 0,20 \leq 0,5131$$

Berdasarkan Tabel 3.10 dan Tabel 3.11, maka termasuk Kategori Risiko II dan Kategori Desain Seismik D.

**Tabel 3.10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek

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

**Tabel 3.11** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	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

## 6. Spektrum Respons Desain

Bila spektrum respon diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI 1726-2019 Pasal 6.4 Gambar 3 dan mengikuti ketentuan berikut:

- Untuk perioda lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan:

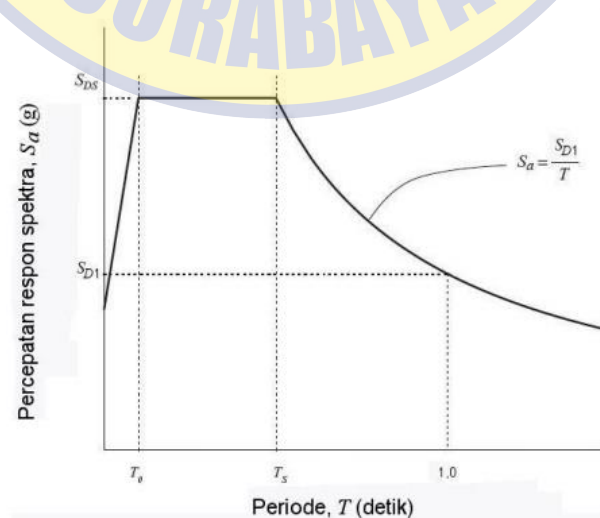
$$S_a = SDS \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain  $S_a$ , sama dengan  $S_{DS}$
- Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Keterangan:

- $S_{DS}$  : Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek
- $SD1$  : Parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1,0 detik
- $T$  : Periode getar fundamental struktur
- $T_0$  :  $0,2 \frac{SD1}{SDS}$
- $T_s$  :  $\frac{SD1}{SDS}$



**Gambar 3.6** Grafik Respons Spektrum

### 3.5.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen-elemen struktur, dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian sehingga kuat rencananya sama dengan atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai SNI 1726-2019 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

1.  $1,4 D$
2.  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3.  $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
4.  $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5.  $1,2 D + 1,0 E + L$
6.  $0,9 D + 1,0 W$
7.  $0,9 D + 1,0 E$

### 3.6 Analisa Gaya Dalam (M, N, D)

#### 3.6.1 Analisa Gaya Dalam Plat

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada plat berdasarkan pada tabel 13.3.1 dan 13.3.2 pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971.

#### 3.6.2 Analisa Gaya Dalam Kolom

Untuk membantu dalam perhitungan reaksi gaya dalam yang terjadi pada kolom, penulis menggunakan program PCACOL 4.5

### 3.7 Perhitungan Struktur

#### 3.7.1 Penulangan Plat

1. Rasio kekakuan balok terhadap plat:

$$\alpha = \frac{E_c \text{ balok} \cdot I_{\text{balok}}}{E_c \text{ plat} \cdot I_{\text{plat}}} > 1$$

Dimana:

- Ec balok : Modulus elastisitas beton untuk balok  
Ec plat : Modulus elastisitas beton untuk plat  
I balok : Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok  
I plat : Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto plat

## 2. Rasio penulangan plat

- $p_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$
- $p_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $p_b = 0,75 \times P_b$
- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$
- $p_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$

Jika  $p_{\text{perlu}} < p_{\min}$ , maka  $p_{\text{perlu}}$  dinaikkan 30%, sehingga:

- $p_{\text{perlu}} = 1,3 \times p_{\text{perlu}}$
- $A_s = p_{\text{perlu}} \times b \times d$

### 3.7.2 Penulangan Tangga

Penulangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat yang telah dibahas di subbab sebelumnya.

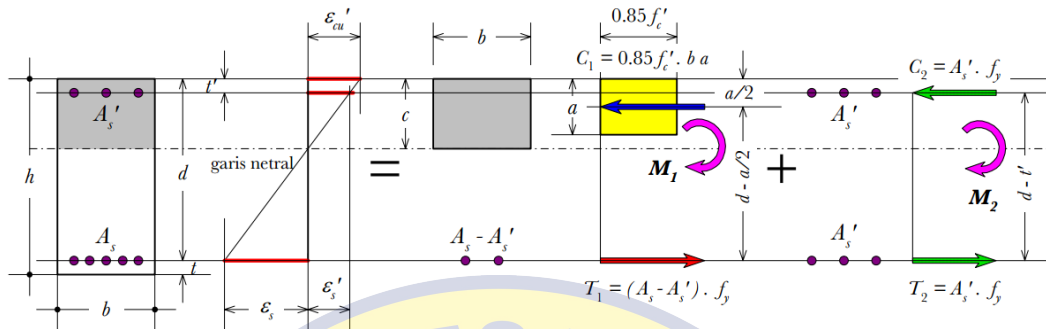
### 3.7.3 Penulangan Balok

#### 1. Perhitungan Tulangan Lentur dengan Tulangan Rangkap

Lentur tulangan rangkap merupakan salah satu cara perencanaan tulangan lentur yang mana kemampuan penampang untuk memikul lentur merupakan kombinasi dari tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ ).

Adapun langkah pengerjaannya bisa dilakukan dengan melakukan coba-coba garis netral ( $x$ ) sampai dengan tulangan tarik tidak mampu lagi untuk memikul momen akibat beban diluar, sehingga diperlukan adanya tulangan tekan. Pada

gambar 3.5 merupakan diagram tegangan yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan balok.



**Gambar 3.7** Diagram Regangan-Tegangan pada Tulangan Rangkap

Pada perancangan tulangan rangkap ini pada prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan cara membuat posisi garis netral yang letaknya lebih mendekati pada tulangan tekan ( $A_s'$ ) dengan tetap memperhatikan komponen tulangan tarik ( $A_s$ ) dan tulangan tekan ( $A_s'$ ).

Adapun langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut:

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu SAP 2000 v.14.
- Diberikan nilai  $f_c'$ ,  $f_y$ , diameter tulangan lentur, dan momen ultimate.
- Ambil suatu harga  $X$ , dimana  $X \leq 0,75 X_b$
- Ambil  $A_{sc}$  berdasarkan  $X$  rencana

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

- Menghitung  $M_{nc}$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left( d - \beta_1 \cdot \frac{X}{2} \right)$$

- Menghitung  $M_n$  (SNI 2847-2019 Pasal 7.5.1.1)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

g. Menghitung  $M_n - M_{nc}$

Apabila:  $M_n - M_{nc} > 0$ , maka perlu tulangan tekan  
 $M_n - M_{nc} < 0$ , maka tidak perlu tulangan tekan

h. Tulangan tekan

- Apabila perlu tulangan tekan maka:

$$C_s' = T_2 = \frac{M_u - M_{nc}}{d - d''}$$

- Apabila tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan tulangan tekan praktis

i. Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \cdot 600 \geq f_y \quad \text{Sudah leleh}$$

$$f_s = \left(1 - \frac{d''}{x}\right) \cdot 600 \leq f_y \quad \text{Belum leleh}$$

j. Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_{ss}' = \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 \cdot f_c'}$$

$$A_{sc} = \frac{T_2}{f_y}$$

k. Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s' = A_{ss}'$$