

TUGAS AKHIR

**“PEMERIKSAAN KEKUATAN ELEMEN STRUKTUR
ATAS BETON BERTULANG PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RUKO SIP STATIONERY DI
MANADO”**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Leonard Togo

12 012 004



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

TUGAS AKHIR

**“PEMERIKSAAN KEKUATAN ELEMEN STRUKTUR
ATAS BETON BERTULANG PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RUKO SIP STATIONERY DI
MANADO”**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada Program Studi
Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Leonard Togo

12 012 004

Dosen Pembimbing

Ir. Franky Tombokan, M.Eng
NIP.19621018 199303 1 001

Djoige Onibala, ST, MT
NIP. 19621124 199003 1002



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Struktur Bangunan

Struktur bangunan merupakan suatu susunan yang terdiri dari komponen-komponen yang saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya agar mendapatkan konstruksi yang stabil. Pada prinsipnya, elemen struktur berfungsi untuk mendukung keberadaan elemen nonstruktur yang meliputi elemen tampak, interior, dan detail arsitektur sehingga membentuk satu kesatuan. Setiap bagian struktur bangunan tersebut juga mempunyai fungsi dan peranannya masing-masing.

Kegunaan lain dari struktur bangunan gedung yaitu meneruskan beban bangunan dari bagian bangunan atas menuju bagian bangunan bawah, lalu menyebarkannya ke tanah. Perancangan struktur harus memastikan bahwa bagian-bagian sistem struktur ini sanggup mengizinkan atau menanggung gaya gravitasi dan beban bangunan, kemudian menyokong dan menyalurkannya ke tanah dengan aman.

Ditinjau dari sisi susunannya, struktur bangunan gedung dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu sebagai berikut:

2.1.1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri dari kolom, pelat, dan balok. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur.

2.1.2. Struktur Bawah (*Lower Structure*)

Struktur bawah suatu gedung adalah pondasi, yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak dibawah permukaan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di atas permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan yang ada di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya

sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti tekanan angin gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan.

2.2. Elemen Struktur Atas

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang optimal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

2.2.1. Balok

Balok merupakan salah satu pekerjaan beton bertulang. Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai *rangka penguat horizontal*. Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser dan momen lentur. Pendirian konstruksi balok pada bangunan umumnya mengadopsi konstruksi balok beton bertulang.

2.2.2. Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996). Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban hembusan angin. Kolom berfungsi sangat penting, agar bangunan tidak mudah roboh. SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal

dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

2.2.3. Pelat Lantai

Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Ketebalan plat lantai ditentukan oleh besar lendutan yang diinginkan, lebar bentangan atau jarak antara balok-balok pendukung dan bahan konstruksi dan plat lantai

2.3 Peraturan – Peraturan

Perhitungan konstruksi gedung ini memperhatikan ketentuan – ketentuan yang berlaku yang terdapat pada buku – buku pedoman antara lain :

- a. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2002, diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Beberapa ketentuan yang diambil dari Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 03 – 1726 – 2002, dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Cara – cara analisis gempa
- 2) Faktor respon gempa (C)
- 3) Faktor keutamaan (I)
- 4) Faktor jenis struktur (K)
- 5) Wilayah / zone gempa

b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983

Beberapa ketentuan yang diambil dari Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Berat sendiri bahan bangunan
 - 2) Beban hidup lantai gedung
- c. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (beta version,. (SNI 03 – 2847 – 2002).

2.3.1. Kategori Gedung

Bangunan yang direncanakan haruslah diketahui apakah termasuk dalam salah satu dari 5 kategori gedung yang disebut pada SNI – 03 – 1726 – 2002 pasal 4.1 tabel 1, yang mencantumkan faktor keutamaan I untuk berbagai kategori gedung dan bangunan yang dipakai untuk menghitung beban gempa nominal (V).

Tabel 1 Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I ₃
Gedung umum seperti penghunian, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monument dan bangunan monumental.	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk penyimpanan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara.	1,5	1,0	1,5

(Standar perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, hal 12)

Sedangkan bentuk suatu gedung dikategorikan sebagai gedung beraturan dan tidak beraturan, berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002, pasal 4.2, beberapa syarat struktur gedung ditetapkan sebagai gedung beraturan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun ada tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar bangunan denah struktur dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.

2.3.2. Daktilitas Struktur

Dalam SNI 1726 sekarang memakai 2 parameter daktilitas struktur gedung yaitu factor daktilitas simpangan μ dan factor reduksi gempa R . Kalau μ menyatakan rasio simpangan diambang keruntuhan δ_m dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama, maka R adalah rasio beban gempa rencana dan beban gempa nominal. R ini merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai μ dan R tercantum disamping berbagai jenis struktur yang diuraikan pada tabel dibawah ini

Tabel 2 Parameter Daktilitas Struktur Gedung

Taraf kinerja struktur gedung	μ	R
Elastisitas penuh	1,0	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4
	2,2	3,2
	2,5	4
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
Daktilitas penuh	5,3	8,5

(Standar perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002, hal 15)

2.3.3 Perencanaan Elemen Struktur

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SK SNI T-15-1991-03, yang merupakan suatu perencanaan pendahuluan untuk menaksir atau memperkirakan dimensi dari struktur (balok, kolom dan pelat) sehingga didapat suatu dimensi yang imbal, tidak terlalu kuat juga tidak terlalu lemah (*over design and under design*).

2.3.3.1. Balok

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” Tabel 3.2.5 (a) dan Pasal; a). Ayat 1.

Syarat minimum :

$$h_{min} = \frac{L}{18.5} \text{ untuk balok dengan satu ujung menerus}$$

$$b_{min} = 250 \text{ mm dan } \frac{b}{h} \geq 0,3$$

Dimana :

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok

L = panjang bentang balok, diukur dari pusat ke pusat (mm)

Pers. (2.1) dan (2.2) berlaku untuk mutu baja dengan $f_y = 400 \text{ MPa}$. Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$

2.3.3.2. Kolom

Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. “SNI – 2847 – 2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” pasal 10.8.1. Dalam perencanaan struktur atas bangunan ini ditentukan dengan rumus :

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan beton dengan $f_c = 21 \text{ MPa}/3 = 7 \text{ MPa}$

P = Total beban yang dipikul kolom paling bawah

A = luas penampang kolom rencana

2.3.3.3. Pelat

Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*” Pasal 3.2.5 Ayat 3.

1. Menentukan $l_{n1}, l_{n2}, \beta, h_{maks}, h_{min}$

l_{n1} = bentang bersih terpanjang, diukur dari muka kolom dan atau balok

l_{n2} = bentang bersih terpendek, diukur dari muka kolom dan atau balok

$$\beta = \frac{l_{n1}}{l_{n2}}$$

$$h_{min} = l_{n1} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36}$$

$$h_{maks} = l_{n1} \frac{(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

Dimana :

β = rasio panjang bentang terpanjang dengan panjang bentang terpendek

f_y = tegangan leleh baja (MPa)

h = tebal pelat (mm)

2. Menentukan jarak titik berat, inersia balok dan inersia pelat

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times y_i)}{\sum A}$$

$$I_b = \left(\frac{1}{2} \times b \times h_b^3 \right) + (A \times d^2)$$

$$I_p = \frac{1}{2} \times L \times h_p^3$$

Dimana :

$\bar{y}$ = jarak titik berat penampang (mm)

A = luas penampang (mm²)

y = jarak titik berat penampang keserat terluar (mm)

I_b = momen inersia balok (mm⁴)

I_p = momen inersia plat (mm^4)

b = lebar penampang balok (mm)

h_b = tinggi penampang balok (mm)

h_p = tinggi penampang pelat (mm)

L = lebar pelat, dari pusat ke pusat (mm)

d = jarak titik berat penampang ke titik beratnya (mm)

3. Menentukan α_m

$$\alpha_i = \frac{I_{bi}}{I_{pi}}$$

$$\alpha_m = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{E_{bi} \times I_{bi}}{E_{pi} \times I_{pi}} \right)}{4}$$

Dimana :

α_i = rasio kekakuan lentur balok terhadap kekuatan lentur pelat

α_m = harga rata-rata dari perbandingan kekakuan lentur balok terhadap kekakuan lentur pelat pada keempat sisinya, dengan syarat tebal minimum pelat :

I_{bi}, I_{pi} = momen inersia balok dan pelat yang ditinjau (mm^4)

E_{bi}, E_{pi} = modulus elastisitas beton = $4700 \sqrt{f'c}$

4. Control terhadap tebal minimum

Tebal pelat yang digunakan harus lebih dari :

$$h \geq \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[\alpha_m - 0,12 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]}$$

2.3.4 Tulangan Lentur

Tiap komponen lentur harus cukup detail dan cukup efisien mentransfer momen ke kolom. Kolom-kolom yang terkena momen dan hanya kena beban aksial terfaktor $< 0.10 f_c'$ Ag boleh didesain sebagai komponen lentur.

SNI-03-2847-2002 pasal 12.3

Untuk komponen struktur non prategang dengan tulangan sengkang pengikat, kuat tekan aksial terfaktor ϕP_n tidak boleh diambil lebih dari :

$$\phi P_n (\max) = 0,80 \cdot \phi [0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y]$$

SNI 03-2847-2002 pasal 23.10

Bila beban aksial tekan terfaktor $\phi P_n \leq 0,10 f_c' A_g$

Maka persyaratan pada pasal 23.10.5 harus dipenuhi kecuali bila dipasang tulangan spir. Pasal 23.10.5 adalah mengenai persyaratan jarak tulangan sengkang yang akan dibahas pada pendetailan tulangan geser.

SNI-03-2847-2002 pasal 12.5

Tulangan lentur A_s minimum tidak boleh kurang dari :

$$A_s \min = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_c} b \cdot d$$

dan tidak boleh lebih kecil dari :

$$A_s \min = \frac{1,4 \cdot b \cdot d}{f_y}$$

Dimana :

b = lebar balok

d = tinggi balok efektif (tinggi balok-selimut beton)

f_c' = kuat tekan beton

f_y = tegangan leleh baja

2.3.5 Tulangan Geser

Tulangan geser harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kegagalan oleh lentur. Kebutuhan tulangan geser harus dibandingkan dengan kebutuhan tulangan pengekangan untuk dipakai yang lebih banyak agar memenuhi kebutuhan keduanya.

Perhitungan tulangan untuk tulangan geser yang berada pada wilayah gempa 5 dan 6 harus memenuhi persyaratan SNI-03-2847-2002 pasal 13 dan 23.10.

SNI-03-2847-2002 pasal 13 :

Perencanaan penampang untuk menahan geser

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_s + V_s$$

$$\phi (V_c + V_s) \geq V_u$$

Dimana :

ϕ = faktor reduksi kuat geser senilai 0,75

V_u = gaya geser terfaktor

V_n = kuat geser nominal

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

2.4 Pembebanan

Berdasarkan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, 1983, struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan-pembebanan sebagai berikut :

2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu (*PPIUG 1983 – pasal 1.0. ayat 1*).

Beban mati yang direncanakan pada Tugas Akhir ini diambil dari table 2.1. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Beban finishing (keramik) | = 24 kg/m ² |
| 2. Plester 2.5 cm (2.5 x 21 kg/m ²) | = 53 kg/m ² |
| 3. Beban ME | = 25 kg/m ² |
| 4. Beban plafond dan penggantung | = 18 kg/m ² |
| 5. Beban dinding bata | = 250 kg/m ² |

Beban material bangunan tergantung dari jenis bahan bangunan yang dipakai. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPIUG 1983 adalah :

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Baja | = 7850 kg/m ³ |
| 2. Batu alam | = 2600 kg/m ³ |
| 3. Beton bertulang | = 2400 kg/m ³ |
| 4. Pasangan batu merah | = 1700 kg/m ³ |

2.4.2. Beban Hidup

Adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari beban-beban yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan lantai tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetic) butiran air (*PPIUG 1983 – pasal 1.0. ayat 2*). Beban hidup yang direncanakan pada Tugas Akhir ini diambil dari Tabel 3.1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

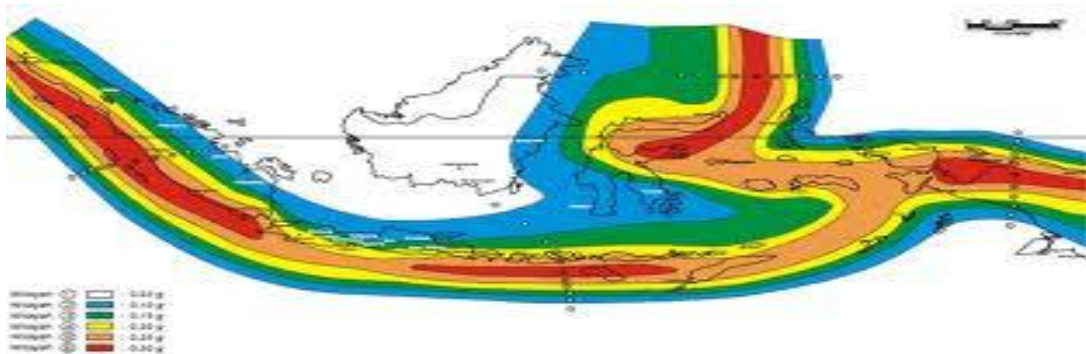
- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| - Parkir | = 400 kg/m ² |
| - Parkir lantai bawah | = 800 kg/m ² |
| - Lantai kantor | = 250 kg/m ² |
| - Lantai sekolah | = 250 kg/m ² |
| - Ruang pertemuan | = 400 kg/m ² |
| - Ruang dansa | = 500 kg/m ² |
| - Lantai olahraga | = 400 kg/m ² |
| - Tangga dan bordes | = 300 kg/m ² |

2.4.3. Beban Gempa

Struktur bangunan bertingkat tinggi harus dapat memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, diantaranya beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Berdasarkan SNI 1726-2002 Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Pembagian wilayah gempa ini, didasarkan

atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk tiap wilayah gempa ditetapkan dalam tabel 3.



Gambar 2. Pembagian Wilayah Gempa Untuk Indonesia

Tabel 3. Percepatan Puncak Batuan untuk Masing-masing Wilayah Gempa

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar ('g')	Percepatan puncak muka tanah A_0 ('g')			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Gaya gempa vertikal harus diperhitungkan untuk unsur-unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi dari dua atau lebih tingkat di atasnya serta balok beton pratekan berbentang panjang. Sedangkan gaya gempa lateral bekerja pada setiap pusat massa lantai.

Beban gempa nilainya ditentukan oleh 3 hal, yaitu oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh tingkat daktilitas struktur yang mengalaminya, dan oleh kekuatan lebih yang terkandung didalam struktur tersebut. Peluang terlampauinya beban nominal tersebut dalam kurun waktu umur gedung 50 tahun adalah 10% dan gempa yang menyebabkannya adalah gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun.

2.4.4 Kombinasi pembebanan

Agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban.

Kombinasi pembebanan yang dipakai dalam mendesain struktur dalam Tugas Akhir ini dirangkum sebagai berikut :

1. 1,4 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1.2 DL + 0.3 LL + 1.6 QL
4. 1.2 DL + 0.3 LL - 1.6 QL
5. 0.9 DL + 1.6 QL
6. 0.9 DL - 1.6 QL

Dimana : DL adalah beban mati

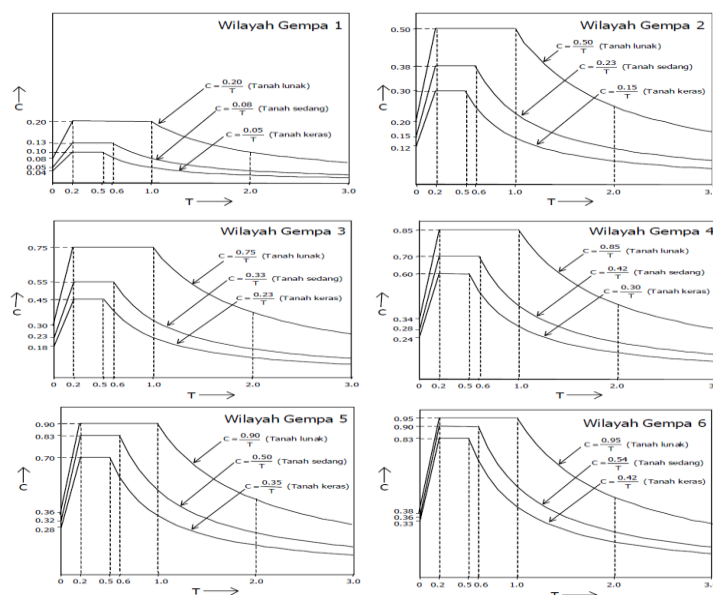
LL adalah beban hidup

QL adalah beban gempa

2.4.5 Faktor respons gempa (C)

Faktor respons gempa C dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya tergantung pada waktu getar alami struktu gedung dan kurvanya dicantumkan dalam spectrum respons gempa rencana.

Faktor respons gempa ditunjukkan pada gambar 2 SNI-03-1726-2002. dalam gambar tersebut C adalah faaktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung yang dinyatakan dalam detik.



Gambar 3. Diagram Respons Spectrum Gempa Rencana

2.4.6. Taksiran waktu getar alami struktur

PerhitungantaksiranwaktusecaraempirissesuaيدenganMethod A dari UBC Section 1630.2.2, adalah :

$$T_{1/e} = C \times (h_n)^{3/4}$$

Dimana:

C = Koefisien untuk bangunan beton bertulang (0,0731)

h_n= Tinggi gedung dalam m,diukur dari taraf penjepitan

2.4.7. Pembatasan waktu getar alami fundamental T₁

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T₁ dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ζ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n .

$$T_1 = \zeta \times n$$

Dimana :

ζ = Koefisien yang tergantung wilayah gempa

n = Jumlah tingkat gedung yang tinjau

Tabel 4. Koefisien yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur Gedung

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

2.4.8. Beban gempa nominal static ekuivalen/beban geser dasar

BerdasarkanSNI 03 – 1726 – 2002.Pasal 6.1.2., Struktur gedung dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah tersebut.

Apabila kategori gedung memiliki faktor keutamaan I menurut Tabel 1 dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan gempa rencana memiliki faktor reduksi R dan waktu getar alami fundamental T_1 , maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{C.I.W_t}{R}$$

Dimana :

V = Gaya geser dasar nominal

C = Faktor respons gempa

I = Faktor keutamaan gedung

W = Berat total gedung termasuk beban hidup yang bekerja

R = Faktor reduksi gempa

2.4.9. distribusi gaya geser horisontal gempa

Menurut Beban geser dasar nominal V harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_1 yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i dengan rumus : (SNI 03 – 1726 – 2002, Pasal 6.1.3)

$$F_i = \frac{W_i.z_i}{\sum_{i=1}^n W_i.z_i} = V$$

Dimana :

F_i = Gempa nominal statik ekuivalen

W_i = Berat lantai tingkat ke-i termasuk beban hidup

Z_i = Ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral

2.5 Pengertian Pelat

Pada prinsipnya, sistem penulangan pelat dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah dan perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah (Asroni, 2001). Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan teknik sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai dermaga. Beban yang bekerja

pada pelat biasanya hanya diperhitungkan terhadap beban gravitasi, yaitu berupa beban mati dan beban hidup saja, yang mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur (seperti pada balok). Bahan penyusun beton yaitu semen, pasir, kerikil dan air. Campuran semen dan air akan membentuk pasta semen, yang berfungsi sebagai bahan ikat. Sedangkan pasir dan kerikil merupakan bahan agregat yang berfungsi sebagai bahan pengisi dan sekaligus sebagai bahan yang diikat oleh pasta semen.

Pelat yang dimaksudkan dengan pelat beton bertulang, yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat inirelatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang atau lebar bidangnya. Pelat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

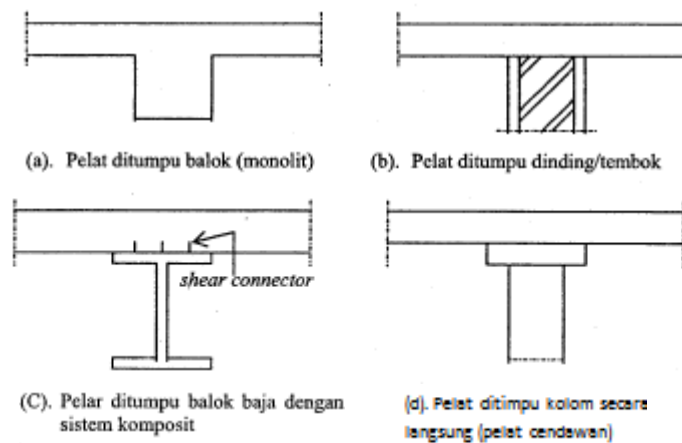
Pelat beton bertulang banyak digunakan pada bangunan sipil, baik sebagai lantai bangunan, lantai atap dari suatu gedung, lantai jembatan maupun lantai pada dermaga. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban mati dan beban hidup. Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur. Oleh karena itu pelat juga direncanakan terhadap beban lentur.

2.5.1 Tumpuan Pelat

Untuk merencanakan pelat beton bertulang yang perlu dipertimbangkan tidak hanya pembebanan saja, tetapi juga jenis perletakan dan jenis penghubung ditempat tumpuan. Kekakuan hubungan antara pelat dan tumpuan akan menentukan besar momen lentur yang terjadi pada pelat.

Untuk bangunan gedung, umumnya pelat tersebut ditumpu oleh balok-balok secara monolit, yaitu pelat dan balok dicor secara bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan, seperti disajikan pada gambar 4.(a), atau ditumpu oleh dinding-dinding bangunan seperti pada gambar 4.(b), kemungkinan lainnya, yaitu pelat didukung oleh balok-balok baja dengan

sistem komposit seperti pada gambar 4.(c), atau didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, seperti pada gambar 4.(d).



Gambar 4. Penumpu Pelat

2.5.2 Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

Kekakuan hubungan antara pelat dan konstruksi pendukungnya (balok) menjadi salah satu bagian dari perencanaan pelat. Ada 3 jenis perletakan palat pada balok, yaitu sebagai berikut :

1. Terletak bebas

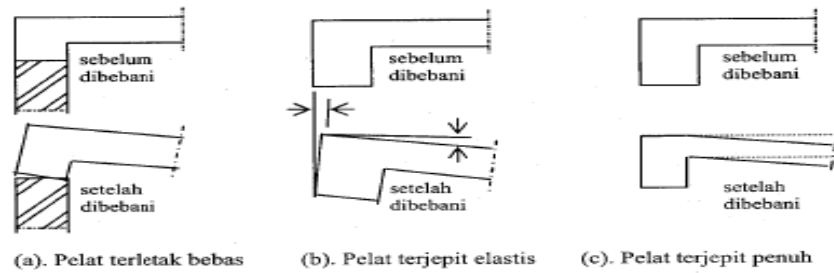
Keadaan ini terjadi jika pelat diletakan begitu saja di atas balok, atau antara pelat dan balok tidak dicor bersama-sama, sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut (lihat gambar 3.2(a)). pelat yang ditumpu oleh tembok juga termasuk dalam kategori terletak bebas.

2. Terjepit elastis

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil, sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (lihat gambar 3.2(b)).

3. Terjepit penuh

Keadaan ini terjadi jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar, sehingga mampu untuk mencegah terjadinya rotasi pelat (lihat gambar 3.2(c)).



Gambar 5. Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

2.5.3 Sistem Penulangan Pelat

Sistem perencanaan tulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi dua macam, yaitu sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah dan sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah.

2.5.3.1. Penulangan Pelat Satu Arah

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Contoh pelat satu arah adalah pelat kantilever dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar.

Karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja, yaitu searah bentang, maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah bentang tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini sering disebut tulangan bagi.

Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok dipasang dekat dengan tepi luar beton, sedangkan tulangan bagi dipasang dibagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok. Tepat pada lokasi persilangan tersebut, kedua tulangan diikat kuat dengan kawat. Fungsi tulangan bagi selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut dan perbedaan suhu pada beton.

2.5.3.2. Penulangan Pelat Dua Arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh empat sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur bekerja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang l_x dan bentang l_y maka tulangan pokok juga dipasang pada 2 arah yang saling tegak lurus, sehingga tidak perlu tulangan bagi. Tetapi pada pelat didaerah tumpuan hanya bekerja momen lentur satu arah saja, sehingga untuk daerah tumpuan ini tetap dipasang tulangan pokok dan tulangan bagi. Bentang l_y selalu dipilih $\geq l_x$, tetapi momennya M_{ly} selalu $\leq M_{lx}$.

2.5.4 Perencanaan Tulangan Pelat

2.5.4.1. Pertimbangan Dalam Perhitungan Tulangan

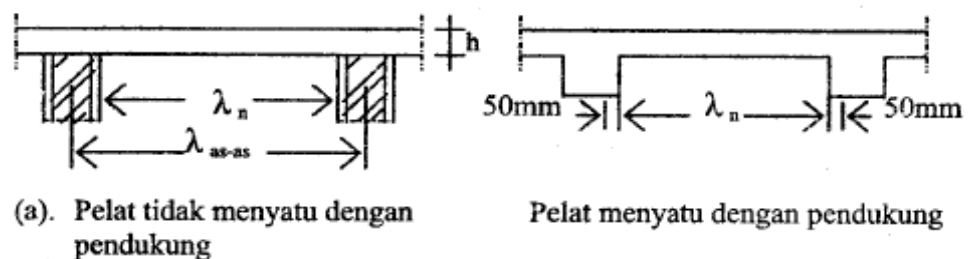
Pada perencanaan pelat beton bertulang, perlu diperhatikan beberapa persyaratan / ketentuan sebagai berikut :

1. Pada perhitungan pelat, lebar pelat diambil 1m ($b=1000\text{mm}$)
2. Panjang bentang (λ)
 - a. Pelat yang tidak menyatu dengan struktur pendukung (lihat gambar 3.3(a)):

$$\lambda = \lambda_n + h \text{ dan } \lambda \leq \lambda_{as-as}$$
 - b. Pelat yang menyatu dengan struktur pendukung (lihat gambar 3.3(b)):

Jika $\lambda_n \leq 3\text{m}$, maka $\lambda = \lambda_n$

Jika $\lambda_n > 3\text{m}$, maka $\lambda = \lambda_n + 2.50\text{mm}$



Gambar 6. Penentuan Panjang Bentang

3. Tebal minimum pelat (h) $\alpha_m = \alpha$ rata-rata, α
- Untuk pelat satu arah, tebal minimal pelat dapat dilihat pada tabel 5.
 - Untuk pelat dua arah, tebal minimal pelat bergantung pada $\alpha_m = \alpha$ rata-rata. α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{E_{cb}/I_b}{E_{cp}/I_p}$$

1. Jika $\alpha_m < 0,2$ maka $h \geq 120\text{mm}$

2. Jika $0,2 \leq \alpha_m \leq 2$ maka $h = \frac{\lambda_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5 \cdot \beta \cdot (\alpha_m - 0,2)}$ dan $\geq 120\text{mm}$

3. Jika $\alpha_m > 2$ maka $h = \frac{\lambda_n \left(0,8 - \frac{f_y}{1500} \right)}{36 - 9 \cdot \beta}$ dan $\geq 90\text{mm}$

4. Tebal pelat tidak boleh kurang dari ketentuan tabel 5, yang bergantung pada tegangan tulangan f_y . Nilai f_y pada tabel dapat diinterpolasi.

Tabel 5. Tabel Minimal Pelat Tanpa Balok Intertor

Tegangan Leleh f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir	
300	$\Lambda_n \sqrt{33}$	$\Lambda_n \sqrt{36}$	$\Lambda_n \sqrt{36}$	$\Lambda_n \sqrt{36}$	$\Lambda_n \sqrt{40}$	$\Lambda_n \sqrt{40}$
400	$\Lambda_n \sqrt{30}$	$\Lambda_n \sqrt{33}$	$\Lambda_n \sqrt{33}$	$\Lambda_n \sqrt{33}$	$\Lambda_n \sqrt{36}$	$\Lambda_n \sqrt{36}$
500	$\Lambda_n \sqrt{28}$	$\Lambda_n \sqrt{31}$	$\Lambda_n \sqrt{31}$	$\Lambda_n \sqrt{31}$	$\Lambda_n \sqrt{34}$	$\Lambda_n \sqrt{34}$

4. Tebal selimut beton minimal untuk batang tulangan $D \leq 36$, tebal selimut beton $\geq 20\text{mm}$. Untuk batang tulangan $D44 - D56$, tebal selimut beton $\geq 40\text{mm}$.

5. Jarak bersih antar tulangan $s \geq D$ dan $s \geq 25\text{mm}$
6. Jarak maksimal tulangan (as ke as)

Tulangan Pokok :

Pelat 1 arah : $s \leq 3.h$ dan $s \leq 450\text{mm}$

Pelat 2 arah : $s \leq 2.h$ dan $s \leq 450\text{mm}$

Tulangan Bagi :

$S \leq 5.h$ dan $s \leq 450\text{ mm}$

7. Luas tulangan minimal pelat

- a. Tulangan pokok

$F_c' \leq 31,36\text{Mpa}$, $A_s \geq (1,4/f_y).b.d$ dan

$F_c' > 31,36\text{Mpa}$, $A_s \geq \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} . b . d$

- b. Tulangan bagi/tulangan susut

Untuk $f_y \leq 300\text{ Mpa}$, maka $A_{sb} \geq 0,002.b.h$

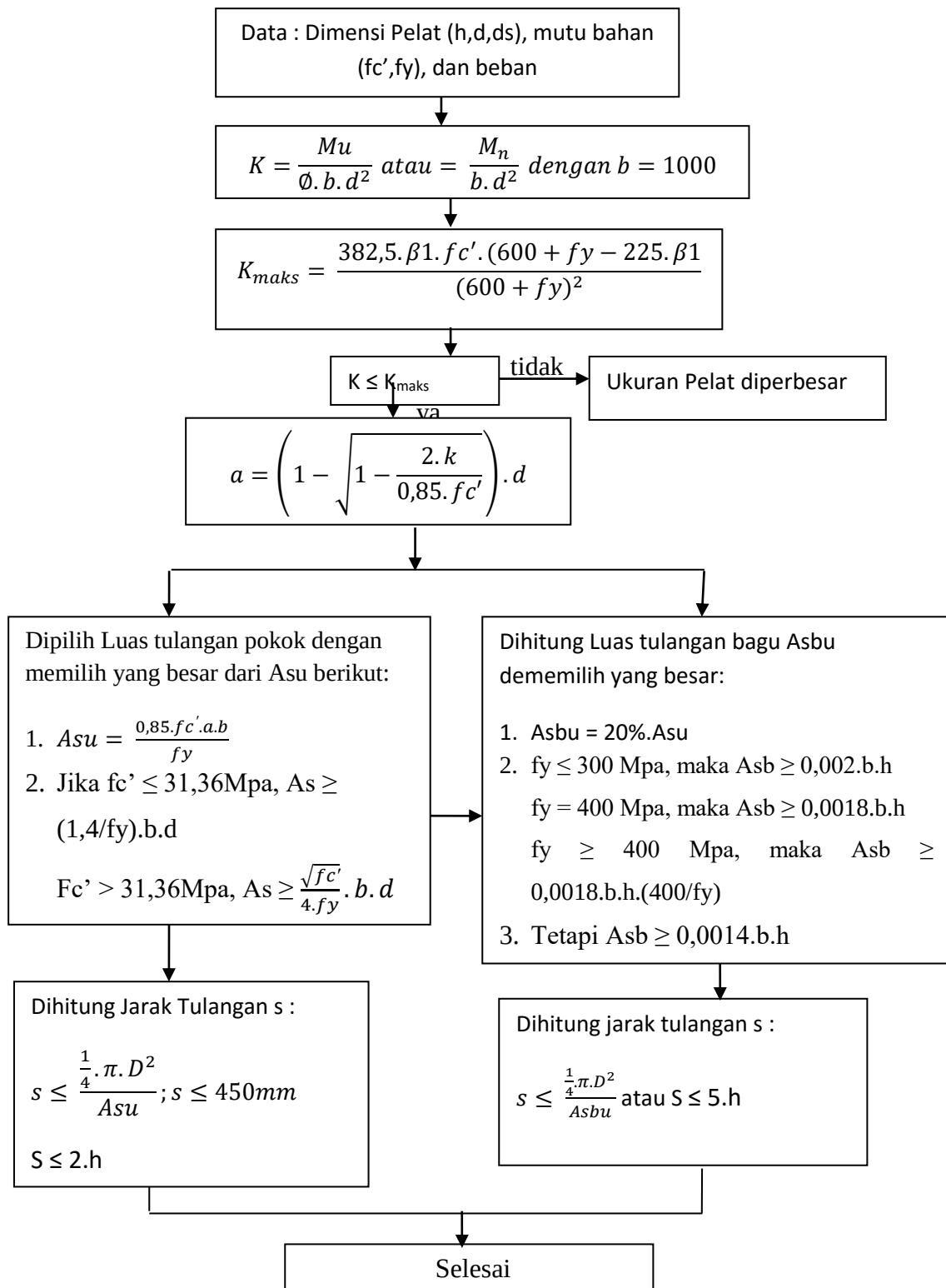
Untuk $f_y = 400\text{ Mpa}$, maka $A_{sb} \geq 0,0018.b.h$

Untuk $f_y \geq 400\text{ Mpa}$, maka $A_{sb} \geq 0,0018.b.h.(400/f_y)$

Tetapi $A_{sb} \geq 0,0014.b.h$

2.5.4.2. Skema Hitungan Pelat

Untuk mempermudah dalam perhitungan penulangan pelat, berikut ini dijelaskan tentang rumus-rumus sebagai dasar perencanaan. Skema hitungan tersebut yaitu:



Gambar 7. Skema Hitungan Tulangan Pelat

2.5.4.3. Beban Yang Bekerja Pada Pelat

1. Beban Mati

Beban mati merupakan semua berat sendiri gedung dan segala unsur tambahan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Sesuai SNI 1727:2013, yang termasuk beban mati adalah seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga dan finishing.

2. Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan oleh gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Menurut (Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983).

2.6. Penulangan

Penulangan adalah pekerjaan pada pembuatan struktur beton bertulang. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama sama dalam menahan beban.

Fungsi utama baja tulangan pada struktur beton bertulang yaitu untuk menahan gaya tarik, Oleh karena itu pada struktur balok, pelat, fondasi, ataupun struktur lainnya dari bahan beton bertulang, selalu diupayakan agar tulangan longitudinal (tulangan memanjang) dipasang pada serat-serat beton yang mengalami tegangan tarik. Keadaan ini terjadi terutama pada daerah yang

menahan momen lentur besar (umumnya di daerah lapangan/tengah bentang, atau di atas tumpuan), sehingga sering mengakibatkan terjadinya retakan beton akibat tegangan lentur tersebut.

2.7 Program ETABS Versi 9.6

Program ETABS merupakan program analisis struktur yang dikembangkan oleh perusahaan software Computers and Structures, Incorporated (CSI) yang berlokasi di Barkeley, California, Amerika Serikat. Berawal dari penelitian dan pengembangan riset oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Barkeley, Amerika Serikat, maka pada tahun 1975 didirikan perusahaan CSI oleh Ashraf Habibullah.

Program ETABS secara khusus difungsikan untuk menganalisis lima perencanaan struktur, yaitu analisis frame baja, analisis frame beton, analisis balok komposit, analisis baja rangka batang, analisis dinding geser. Penggunaan program ini untuk menganalisis struktur, terutama untuk bangunan tinggi sangat tepat bagi perencana struktur karena ketepatan dari output yang dihasilkan dan efektif waktu dalam menganalisisnya.

Program ETABS sendiri telah teruji aplikasinya di lapangan. Di Indonesia sendiri, konsultan-konsultan perencana struktur ternama telah menggunakan program ini untuk analisis struktur dan banyak gedung yang telah dibangun dari hasil perencanaan tersebut.

Dan untuk menyesuaikan program ETABS dengan kondisi di negara lain termasuk Indonesia, maka dalam perencanaan ataupun analisa dengan program ETABS haruslah berpedoman pada peraturan. Salah satunya SNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung. Juga peraturan lain yang mengatur tentang bangunan konstruksi beton maupun baja.