

**TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KEJAKSAAN  
TINGGI KALIMANTAN TIMUR**

***STRUCTURAL DESIGN OF PROSECUTOR OFFICE  
BUILDING OF EAST KALIMANTAN***

**NIRWANA  
D011 18 1024**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG KEJAKSAAN TINGGI  
KALIMANTAN TIMUR**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**NIRWANA**

**D011 18 1024**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 18 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,



**Prof. Dr. Eng. Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng**  
NIP: 197011081994121001

Pembimbing II,



**Dr. Eng. Fakhrudin, ST, MT**  
NIP: 198702282019031005

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196805292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Nirwana, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Perencanaan Struktur Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 20 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Nirwana

NIM: D011 18 1024

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Perencanaan Struktur Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur**” yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
2. **Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. **Bapak Prof. Dr. Ir. Rudy Djamaluddin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga selesainya penulisan ini.
4. **Bapak Dr. Eng. Fakhrudin, S.T., M.Eng.**, selaku dosen pembimbing II dan **Ibu Dr.Eng. Hj. Rita Irmawaty, S.T., M.T.**, selaku dosen Laboratorium Riset Rekayasa dan Perkuatan Struktur dan Dosen Penguji I. Berkat beliau atas segala ilmu, bimbingan dan arahan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, dan nasihat-nasihat beliau yang membangun pribadi penulis serta kesabaran beliau dapat menghadapi kualitas keilmuan penulis. Semoga segala kebaikan dan kemudahan dalam hajatnya Allah limpahkan kepada beliau.
5. **Bapak Dr.Eng. Muhammad Akbar Caronge, S.T.,M.Eng.** selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan banyak masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua yang tercinta, yaitu ayahanda **A. Hamjan HS** dan ibunda **Darmawati** atas doa, kasih sayang, dan segala dukungan dan kebaikan selama ini, baik secara moral maupun material, serta seluruh keluarga besar atas sumbangsih dan dorongan yang telah diberikan.
2. **Musdalifah RM, Nurfadilah Nur, Shadqiyah Suardy, Aulia Rizki Ramadhani, Nurul Afni Nur, Nurul Arni dan Nirwana** selaku sahabat yang selalu memberikan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. **Ummi Sakinah** sebagai teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir.
4. Saudara-saudara seperjuangan **Nadia, Ica, Fitri, Yuyun, Ipa, Upe, Yusriah, Asihana, Melani, Fiqih, Radix, Charlie, Fikri** yang senantiasa banyak memberikan bantuan dan dukungan, serta saling mengingatkan menuju ke jalan kebaikan.
5. Kanda **Teguh Priono, S.T.**, dan **Nur Fikri RA** yang senantiasa membantu penulis dan juga membimbing penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Rekan-rekan di **Laboratorium Riset Perkuatan Struktur, Inna, Hari, Yuqni, Fitri, Kinah, Fikri, Radix, Fiqih, Fahmy, Riswan, Imran, Farhan dan Kaleb** yang senantiasa membantu selama proses penelitian serta memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Saudara-saudari **TRANSISI 2019**, teman-teman Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin **Angkatan 2018** yang senantiasa memberikan warna yang begitu indah, dukungan yang tiada henti, semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa setiap karya buatan manusia tidak akan pernah luput dari kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kepada pembaca kiranya dapat memberi sumbangan pemikiran demi kesempurnaan dan pembaharuan tugas akhir ini.

Akhirnya semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan berkat dan karunia-Nya kepada kita dan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat, khususnya dalam bidang Teknik Sipil.

Gowa, Agustus 2022



Nirwana

## ABSTRAK

Kejaksaan tinggi adalah lembaga pemerintahan yang melaksanakan kekuasaan negara di bidang penuntutan serta kewenangan lain berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan ditingkat provinsi. Gedung kejaksaan sendiri berfungsi sebagai tempat kegiatan penanganan informasi dan kegiatan manajemen ataupun pengambilan keputusan berdasarkan informasi yang telah tersedia serta dapat juga difungsikan sebagai tempat berkumpulnya beberapa orang untuk mengerjakan sesuai demi tercapainya suatu target. Mengingat fungsi dari gedung tersebut, maka diperlukan perencanaan yang aman dan mengikuti kaidah perencanaan struktur gedung.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain dimensi penulangan elemen struktur atas dan rangka atap dari bangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur sesuai dengan standar yang berlaku. Dalam perancangan elemen struktur berfokus pada elemen balok, kolom dan pelat serta profil rangka atap.

Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur terdiri atas 8 lantai dan *rooftop*. Lokasi kejaksaan tinggi masuk pada kategori desain seismik D dengan analisis gempa yang digunakan adalah analisis respon spektrum berdasarkan data dari *website* puskim PU yang mengacu pada peta gempa 2017 (SNI 1726:2019). Struktur di desain dengan material beton bertulang dan sistem struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Analisis dan desain struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS.

Adapun pengontrolan pada elemen struktur yaitu kolom, balok, pelat dan rangka atap dilakukan secara manual dan sesuai dengan ketentuan atau persyaratan yang berlaku. Secara keseluruhan, elemen struktur aman dalam memikul beban kerja.

**Kata Kunci:** Perencanaan Struktur, ETABS, Kejaksaan Tinggi

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	3
E. Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Beton Bertulang .....	6
B. Baja.....	8
C. Pembebanan Struktur .....	14
C.1. Beban Mati.....	15
C.2. Beban Hidup .....	19
C.3. Beban Air Hujan.....	26
C.4. Beban Angin .....	26
C.5. Beban Gempa.....	27
D. Perencanaan Struktur Tahan Gempa.....	28
D.1. Kategori Risiko Bangunan.....	28
D.2. Parameter Percepatan Spektral Desain .....	30
D.3. Kategori Desain Seismik .....	32
D.4. Sistem Struktur.....	33
D.4.1 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Biasa .....	33
D.4.2 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Menengah.....	33

D.4.3 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Khusus .....	34
E. Kombinasi Pembebanan .....	34
F. Faktor Reduksi Kekuatan .....	36
G. Perencanaan Elemen Struktur .....	37
G.1 Balok.....	37
G.2. Kolom.....	42
G.3. Pelat.....	43
G.4. Rangka Atap .....	44
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>54</b>
A. Gambaran Umum.....	54
B. Standar dan Rujukan Yang Digunakan.....	54
C. Bagan Alir .....	55
D. Data Perencanaan .....	57
E. Beban-Beban Yang Bekerja .....	58
E.1. Beban Mati.....	58
E.2. Beban Hidup .....	59
E.3. Beban Air Hujan .....	60
E.4. Beban Angin .....	60
E.5. Beban Gempa.....	60
F. Pemodelan Struktur.....	66
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>74</b>
A. Diagram Alir Perencanaan Elemen Struktur dan Struktur Rangka Atap.....	74
B. Preliminary Desain .....	75
B.1. Balok.....	75
B.2. Pelat.....	76
B.3. Kolom.....	78
B.4. Rangka Atap .....	80
C. Running Analysis dan Pengecekan Keamanan Struktur pada Program Etabs .....	82
D. Desain Penulangan .....	85



D.1. Kolom.....	85
D.2. Balok.....	92
D.3. Kontrol Strong Column Weak Beam.....	114
D.4. Pelat.....	121
D.5. Baja Profil Struktur Rangka Atap .....	128
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	136
A. Kesimpulan .....	136
B. Saran .....	136
DAFTAR PUSTAKA.....	138

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Kurva Hubungan Tegangan ( $\sigma$ ) dan Regangan ( $\epsilon$ ).....	9
<b>Gambar 2.</b> Bagian Kurva Tegangan-Regangan yang Diperbesar.....	10
<b>Gambar 3.</b> Nilai kc dengan ujung-ujung ideal .....	47
<b>Gambar 4.</b> Lokasi Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur .....	54
<b>Gambar 5.</b> Bagan Alir Perencanaan Struktur .....	56
<b>Gambar 6.</b> Baja Profil WF .....	58
<b>Gambar 7.</b> PGA. Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia periode ulang 100 tahun.....	62
<b>Gambar 8.</b> Grafik Spektrum Respon Desain .....	62
<b>Gambar 9.</b> Input Data Jumlah Lantai dan Ketinggian Lantai.....	66
<b>Gambar 10.</b> Input Data Jarak Grid Bangunan .....	67
<b>Gambar 11.</b> Input Data Properti Material .....	68
<b>Gambar 12.</b> Pendefinisian Tumpuan sebagai Jepit .....	69
<b>Gambar 13.</b> Input Data Penampang.....	69
<b>Gambar 14.</b> Beban yang Bekerja pada Struktur Gedung .....	70
<b>Gambar 15.</b> Tampak Depan Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur .....	70
<b>Gambar 16.</b> Tampak Samping Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur.....	71
<b>Gambar 17.</b> Tampak Perspektif Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur.....	71
<b>Gambar 18.</b> Denah Lantai 1 Elv +2,5 m .....	72
<b>Gambar 19.</b> Denah Lantai 2 Elevasi +5,5.....	72
<b>Gambar 20.</b> Denah Lantai 3-8.....	72
<b>Gambar 21.</b> Denah <i>Roof</i> Elv. +33,45 m.....	73
<b>Gambar 22.</b> Diagram Alir Perencanaan Tulangan dan Rangka Atap.....	74
<b>Gambar 23.</b> Pelat Yang Ditinjau .....	76
<b>Gambar 24.</b> Pendefinisian Frame Hasil Preliminary Design .....	80
<b>Gambar 25.</b> Pendefinisian Pelat Hasil Preliminary Design .....	81
<b>Gambar 26.</b> Hasil <i>Assign</i> Dimensi Kolom Preliminary Design Pada Salah Satu Potongan.....	81
<b>Gambar 27.</b> Hasil <i>Assign</i> Dimensi Kolom Preliminary Design .....	82
<b>Gambar 28.</b> Pengecekan Struktur Atap.....	83

<b>Gambar 29.</b> Verifikasi Struktur Atap .....	83
<b>Gambar 30.</b> Pengecekan Struktur Bangunan .....	84
<b>Gambar 31.</b> Verifikasi Struktur Bangunan .....	84
<b>Gambar 32.</b> Plot Diagram Interaksi Kolom .....	87
<b>Gambar 33.</b> Penulangan Balok B1 .....	114
<b>Gambar 34.</b> Konsep <i>Strong Column Weak Beam</i> .....	115
<b>Gambar 35.</b> Diagram Alir <i>Pengecekan Strong Column Weak Beam</i> .....	115
<b>Gambar 36.</b> Pengecekan Strong Column Weak Beam pada Joint Balok-Kolom .....	116
<b>Gambar 37.</b> Verifikasi Struktur Rangka Atap .....	129
<b>Gambar 38.</b> Lokasi Batang Tekan Maksimum .....	130
<b>Gambar 39.</b> Lokasi Batang Tarik Maksimum .....	131
<b>Gambar 40.</b> Konfigurasi Sambungan Baut .....	134
<b>Gambar 41.</b> Konfigurasi Sambungan Baut Base Plate .....	135

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Sifat Mekanis Baja Struktural Berdasarkan Mutu Baja .....	11
<b>Tabel 2.</b> Sifat Mekanis Baja Tulangan .....	12
<b>Tabel 3.</b> Beban Mati Tambahan .....	15
<b>Tabel 4.</b> Beban Hidup.....	20
<b>Tabel 5.</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa.....	28
<b>Tabel 6.</b> Klasifikasi Situs.....	31
<b>Tabel 7.</b> Koefisien Situs, $F_a$ .....	31
<b>Tabel 8.</b> Koefisien Situs, $F_v$ .....	32
<b>Tabel 9.</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{DS}$ .....	32
<b>Tabel 10.</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....	33
<b>Tabel 11.</b> Faktor Reduksi Kekuatan .....	36
<b>Tabel 12.</b> Tabel Minimum Balok .....	38
<b>Tabel 13.</b> Nilai $\beta_1$ untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen .....	40
<b>Tabel 14.</b> Ambang batas torsi untuk penampang solid .....	42
<b>Tabel 15.</b> Tipe-Tipe Baut .....	49
<b>Tabel 16.</b> Dimensi Lubang Nominal.....	50
<b>Tabel 17.</b> Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Standar ke Tepi Bagian yang Disambung, mm .....	52
<b>Tabel 18.</b> Beban Mati Tambahan .....	59
<b>Tabel 19.</b> Beban Hidup.....	59
<b>Tabel 20.</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa Kategori Risiko II .....	60
<b>Tabel 21.</b> Faktor Keutamaan Gempa.....	61
<b>Tabel 22.</b> Parameter Desain Spektra.....	62
<b>Tabel 23.</b> Koefisien Situs $F_a$ .....	63
<b>Tabel 24.</b> Koefisien Situs $F_v$ .....	63
<b>Tabel 25.</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{DS}$ .....	64
<b>Tabel 26.</b> Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....	64

<b>Tabel 27.</b> Faktor R, $\Omega_0$ , dan $C_d$ untuk Sistem Penahan Gaya Gempa .....	65
<b>Tabel 28.</b> Dimensi Balok Induk .....	75
<b>Tabel 29.</b> Dimensi Balok Anak .....	75
<b>Tabel 30.</b> Perhitungan Nilai $\alpha_1$ .....	77
<b>Tabel 31.</b> Perhitungan Nilai $\alpha_2$ .....	77
<b>Tabel 32.</b> Perhitungan Nilai $\alpha_3$ .....	77
<b>Tabel 33.</b> Perhitungan Nilai $\alpha_3$ .....	78
<b>Tabel 34.</b> Perhitungan Tebal Pelat .....	78
<b>Tabel 35.</b> Hasil Perhitungan Beban Kolom Tiap Lantai .....	78
<b>Tabel 36.</b> Dimensi Kolom Rencana .....	79
<b>Tabel 37.</b> Kontrol Dimensi Kolom Rencana .....	79
<b>Tabel 38.</b> Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS .....	85
<b>Tabel 39.</b> Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom .....	89
<b>Tabel 40.</b> Rekapitulasi Analisis Penampang Kolom .....	90
<b>Tabel 41.</b> Rekapitulasi Perhitungan Tulangan Kolom .....	92
<b>Tabel 42.</b> Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Tumpuan .....	93
<b>Tabel 43.</b> Rekapitulasi Hasil Analisa ETABS di Lapangan .....	93
<b>Tabel 44.</b> Tabel Rekapitulasi Tulangan Longitudinal Balok .....	104
<b>Tabel 45.</b> Kontrol Hasil Analisis Balok .....	109
<b>Tabel 46.</b> Tabel Tulangan Geser .....	110
<b>Tabel 47.</b> Tabel Rekapitulasi Tulangan Geser Balok .....	113
<b>Tabel 48.</b> Tabel Rekapitulasi Tulangan Torsi Balok .....	113
<b>Tabel 49.</b> Rekapitulasi Tulangan Balok .....	114
<b>Tabel 50.</b> Hasil Rekapitulasi .....	120
<b>Tabel 51.</b> Cek Strong Column Weak Beam .....	121
<b>Tabel 52.</b> Momen Terfaktor pada Pelat .....	121
<b>Tabel 53.</b> Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pelat .....	128

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman disegala bidang semakin membuat beragamnya tindak kriminal di lingkungan sosial masyarakat. Peningkatan angka tindakan kriminal ini harus diimbangi dengan tersedianya sarana dan prasarana hukum yang memadai untuk menindak dan memproses kasus-kasus kriminal yang terjadi tak terkecuali di daerah Kalimantan Timur. Dengan melihat kondisi tersebut maka dibangunlah gedung Kejaksaan Tinggi sebagai prasarana untuk memproses tindak kriminal ataupun masalah sengketa di tingkat provinsi.

Kejaksaan tinggi adalah lembaga pemerintahan yang melaksanakan kekuasaan negara di bidang penuntutan serta kewenangan lain berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan ditingkat provinsi. Gedung kejaksaan sendiri berfungsi sebagai tempat kegiatan penanganan informasi dan kegiatan manajemen ataupun pengambilan keputusan berdasarkan informasi yang telah tersedia serta dapat juga difungsikan sebagai tempat berkumpulnya beberapa orang untuk mengerjakan sesuai demi tercapainya suatu target. Mengingat fungsi dari gedung tersebut, maka diperlukan perencanaan yang aman dan mengikuti kaidah perencanaan struktur gedung.

Perencanaan struktur bertujuan untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti keekonomisan dan kemudahan dalam pelaksanaan. Suatu struktur disebut

stabil bila struktur tersebut tidak mudah terguling, miring atau tergeser selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur dikatakan cukup kuat dan mampu layan bila kemungkinan terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan kemampuan layan selama masa yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima.

Suatu bangunan harus didesain sehingga memenuhi kriteria bangunan yang kuat, aman dan nyaman tetapi tetap ekonomis. Untuk mencapai tujuan perencanaan tersebut, perencanaan struktur harus mengikuti peraturan perencanaan yang ditetapkan oleh pemerintah berupa Standar Nasional Indonesia (SNI).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis membuat suatu alternatif perencanaan yang kemudian disusun menjadi tugas akhir yang berjudul "**Perencanaan Struktur Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur**".

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat dibuat rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah bagaimana mendesain struktur atas dari bangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur sesuai dengan standar yang berlaku.

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai adalah mendesain dimensi dan penulangan struktur atas dari bangunan Gedung Kejaksaan Tinggi Kalimantan Timur sesuai dengan standar yang berlaku.

### **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan struktur atas dengan fokus pada perencanaan kolom, balok, pelat dan rangka atap.
2. Untuk elemen struktur atas (kolom, balok dan pelat) direncanakan dengan struktur beton bertulang, sedangkan rangka atap direncanakan dengan struktur baja.
3. Perhitungan gaya-gaya pada komponen struktur dihitung menggunakan program aplikasi CSI ETABS V18.
4. Beban yang ditinjau adalah beban mati (DL), beban hidup (LL) dan beban gempa (E) dengan menggunakan metode respon spektrum.
5. Dalam perencanaan ini, digunakan klasifikasi kelas situs SE (tanah lunak).
6. Material yang digunakan adalah beton dengan mutu ( $f'c$ ) 30 MPa, tulangan dengan kelas baja yaitu BjTS 280, BjTS 420A dan BjTP 280, sedangkan untuk baja structural digunakan baja WF dengan mutu BJ 41.



## **E. Sistematika Penulisan**

Agar tulisan ini lebih terarah, sistematika penulisan yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga produk yang dihasilkan lebih sistematis. Sistematika penulisan penelitian ini dapat diurutkan yaitu:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam bab ini, pokok-pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini diuraikan secara sistematis tentang teori-teori yang relevan dengan perencanaan struktur. Bab ini juga memberikan kerangka dasar mengenai konsep dan teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Dalam bab ini dijelaskan gambaran umum, data perencanaan, standar yang digunakan dan beban-beban yang bekerja pada struktur.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini disusun hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari ETABS serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Merupakan bab yang menyimpulkan hasil dari analisis dan memberikan saran-saran dan rekomendasi penelitian.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Beton Bertulang

Material beton merupakan salah satu material penting yang sering digunakan pada pembangunan infrastruktur di Indonesia. Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive* (Adi, 2013).

Beton bertulang merupakan kombinasi antara beton dengan baja tulangan. Beton mempunyai perilaku keruntuhan getas, yaitu keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba jika beban yang bekerja sudah melampaui kekuatan bahan. Sementara baja mempunyai perilaku keruntuhan daktail, yaitu adanya peristiwa kelelahan sebelum bahan runtuh akibat pembebanan yang diberikan. Beton bertulang mempunyai sifat sesuai dengan sifat bahan penyusunnya, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan.

Beban tarik pada beton bertulang ditahan oleh baja tulangan, sedangkan beban tekan cukup ditahan oleh beton. Sukses beton bertulang sebagai bahan konstruksi yang universal cukup mudah dipahami jika dilihat dari banyaknya kelebihan yang dimilikinya. Kelebihan tersebut antara lain (McCormac, 2004) :

1. Beton memiliki kuat tekan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan yang lain.

2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air.
3. Struktur beton bertulang sangat kokoh.
4. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
5. Dibandingkan dengan bahan lain beton memiliki usia layan yang sangat panjang. Dalam kondisi-kondisi normal, struktur beton bertulang dapat digunakan sampai kapan pun tanpa kehilangan kemampuannya untuk menahan beban.
6. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi tapak, dinding, basement, tiang tumpuan jembatan, dan bangunan-bangunan semacam itu.
7. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk sangat beragam, mulai dari pelat, balok, dan kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
8. Di sebagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.
9. Keahlian buruh untuk membangun konstruksi beton bertulang lebih rendah bila dibandingkan dengan bahan lain seperti baja struktur.

Di samping kelebihan-kelebihan beton bertulang sebagai suatu bahan struktur, beton bertulang juga mempunyai berbagai kekurangan dan kelemahan. Kelemahan-kelemahan tersebut antara lain adalah (McCormac, 2004) :

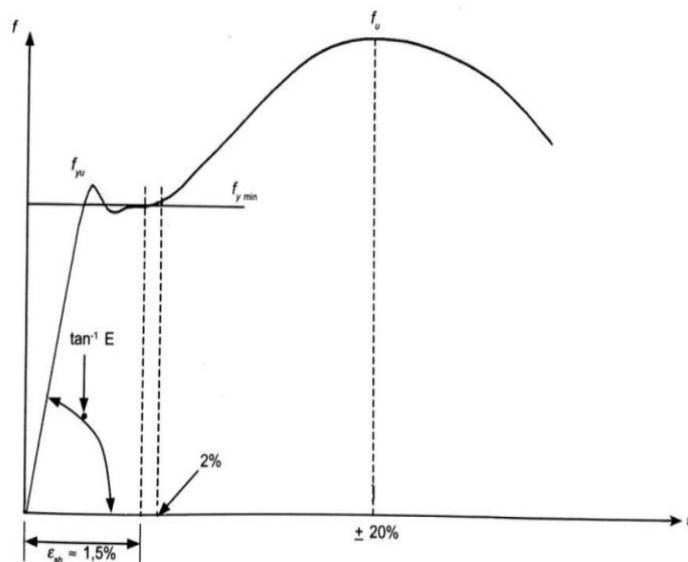
1. Beton mempunyai kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap di tempatnya sampai beton tersebut mengeras. Selain itu, penopang atau penyangga sementara mungkin diperlukan untuk menjaga agar bekisting tetap berada pada tempatnya, misalnya pada kolom, dinding, atap, dan struktur-struktur sejenis, sampai bagian-bagian beton ini cukup kuat untuk menahan beratnya sendiri.
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat.
4. Rendahnya kekuatan persatuan volume akan mengakibatkan beton akan berukuran relatif lebih besar. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi-campuran dan pengadukannya.

## **B. Baja**

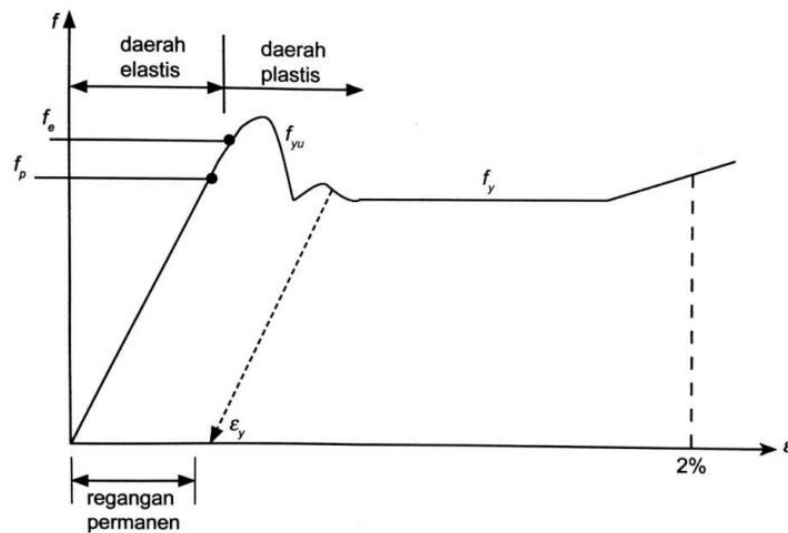
Baja merupakan elemen penting di dalam dunia konstruksi saat ini. Baja memiliki kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur. Baja juga memiliki sifat elastis dan daktilitas yang cukup tinggi sehingga dapat menerima tegangan tarik yang cukup besar. Kemudahan

pengerjaan konstruksinya dan kemudahan penyambungan antarelemen yang satu dengan yang lainnya, menggunakan alat sambung las atau baut, menjadi pertimbangan tersendiri baja sering digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan, juga menjadi salah satu keunggulan material baja (Setiawan, 2008).

Kekuatan material baja dalam menerima beban sangat ditentukan oleh sifat mekanisnya. Sifat mekanis suatu bahan adalah kemampuan bahan tersebut dalam memberikan perlawanan terhadap beban yang bekerja pada bahan tersebut. Sifat mekanis material baja struktural yang diperlukan dalam perencanaan meliputi tegangan leleh, tegangan putus (tegangan ultima), modulus elastisitas, modulus geser, Poisson, serta koefisien pemuaian. Hubungan tegangan dan regangan baja terlihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Kurva Hubungan Tegangan ( $\sigma$ ) dan Regangan ( $\epsilon$ )



**Gambar 2.** Bagian Kurva Tegangan-Regangan yang Diperbesar

Keterangan:

$f_p$  = batas proporsional

$f_e$  = batas elastis

$f_{yu}, f_y$  = batas leleh atas dan bawah

$f_u$  = tegangan putus

$\epsilon_{sh}$  = regangan saat mulai terjadi efek *strain hardening* (penguatan regangan)

$\epsilon_u$  = regangan saat tercapainya tegangan putus

Titik-titik penting ini membagi kurva tegangan-regangan menjadi beberapa daerah, yaitu:

- Daerah linear antara 0 dan  $f_p$ , dalam daerah ini berlaku Hukum Hooke, kemiringan dari bagian kurva yang lurus disebut sebagai Modulus Elastisitas atau Modulus Young,  $E = f/\epsilon$ .

- b. Daerah elastis antara 0 dan  $f_e$ , pada daerah ini jika beban dihilangkan maka benda uji akan kembali ke bentuk semula. Daerah plastis yang dibatasi oleh regangan 2% hingga 1,2-1,5%, pada daerah ini regangan mengalami kenaikan akibat tegangan konstan sebesar  $f_y$ .
- c. Daerah penguatan regangan (*strain-hardening*) antara  $\varepsilon_{sh}$  dan  $\varepsilon_u$ . Untuk regangan lebih dari 15 kali hingga 20 kali regangan elastis maksimum, tegangan kembali mengalami kenaikan namun dengan kemiringan yang lebih kecil daripada kemiringan daerah elastis. Daerah ini dinamakan daerah penguatan regangan (*strain-hardening*), yang berlanjut hingga tercapainya tegangan putus. Kemiringan daerah ini dinamakan modulus penguatan regangan ( $E_{st}$ ). Sifat-sifat mekanis baja struktural disajikan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Sifat Mekanis Baja Struktural Berdasarkan Mutu Baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan leleh minimum $f_y$ (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(sumber: SNI 1729:2002 "Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural")



Sedangkan sifat mekanis baja tulangan dapat dilihat pada tabel berikut

**Tabel 2. Sifat Mekanis Baja Tulangan**

Kelas baja tulangan	Uji Tarik			Uji Lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	Kuat Tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	Sudut Leng kung	Diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	-
			12 ( $d \leq 12$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ( $d \leq 13$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ( $d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ( $22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ( $d \leq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ( $d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ( $22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ( $d > 36$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	

(sumber: SNI 2052:2017 "Baja Tulangan Beton")

Pemilihan baja sebagai elemen struktur pada bangunan didasarkan pada beberapa keunggulan yang dimiliki oleh material tersebut, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur yang secara langsung akan mengurangi berat struktur secara keseluruhan.
- b. Material penyusun baja lebih seragam dibandingkan dengan beton.
- c. Tingkat elastisitas yang tinggi dan sesuai dengan Hukum Hooke. Selain itu, momen inersia dari baja akan dapat dihitung secara akurat.
- d. Daktalitas yang cukup tinggi, dimana daktalitas adalah kemampuan material dalam menahan deformasi yang besar tanpa terjadinya keruntuhan dengan tegangan tarik yang tinggi. Pada pengujian tarik, daktalitas diperoleh dari presentase perpanjangan dibagi dengan panjang gage atau persen penurunan dari luasan.
- e. Kekerasan (*toughness*) adalah kemampuan dari material untuk menyerap energi dalam jumlah besar. Struktur baja merupakan material yang kuat karena memiliki kekuatan dan daktalitas yang tinggi. Ketika suatu baja dibebani sampai mengalami deformasi yang besar, tetap akan bisa menahan gaya yang besar. Karakteristik ini sangat penting karena baja dapat mengalami deformasi yang besar selama fabrikasi dan ereksi tetapi tidak mengalami kerusakan.
- f. Mudah dipasang atau digabungkan dengan struktur yang sudah ada sehingga mempercepat waktu pelaksanaan konstruksi.

Selain memiliki keunggulan, material baja juga memiliki beberapa kelemahan yang harus diperhatikan karena dapat menurunkan kekuatan dari struktur baja tersebut. Beberapa kelemahan baja adalah sebagai berikut:

- a. Mudah mengalami korosi apabila terpapar dengan udara dan air secara langsung sehingga harus diberikan perlakuan khusus misalkan dicat secara periodik.
- b. Terdapat biaya tambahan untuk pemberian lapisan tahan api (*fireproofing*) karena baja merupakan material penghantar panas yang sangat baik. Jika terpapar oleh api atau berada pada suhu tinggi, maka kekuatannya akan mengalami penurunan secara drastis.
- c. Mudah mengalami tekuk, terutama untuk struktur batang tekan. Oleh karena itu, jika dipakai sebagai material kolom, maka perlu diberikan tambahan pengaku baja untuk mencegah tekuk tersebut.
- d. Sifat lelah (*fatigue*) harus dipertimbangkan untuk elemen struktur dan sambungannya yang menahan beban perulangan.
- e. Keruntuhan akibat getas, dimana pada kondisi tertentu sifat daktilitas baja dapat hilang dan terjadi *brittle failure* pada bagian yang mempunyai konsentrasi tegangan yang tinggi.

### **C. Pembebanan Struktur**

Dalam merencanakan struktur bangunan, diharapkan dapat menerima berbagai macam kondisi pembebanan yang mungkin terjadi sehingga memiliki kekuatan dan kekakuan untuk memberikan stabilitas struktur, dan melindungi komponen non-struktural dan sistem. Kesalahan

dalam analisa beban merupakan salah satu faktor terjadinya kegagalan struktur. Oleh karena itu sebelum melakukan analisis dan desain struktur, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang akan bekerja pada suatu bangunan. Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2020 untuk beban mati dan hidup, sedangkan untuk beban gempa sendiri mengacu pada SNI 1726:2019.

### C.1. Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban mati adalah 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 serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material. Pada **Tabel 3** ditunjukkan beban mati tambahan sesuai dengan SNI 1727:2020.

**Tabel 3.** Beban Mati Tambahan

Komponen	Beban (kN/m <sup>2</sup> )
<b>CEILINGS</b>	
Acoustical fiberboard	0,05
Gypsum board (per mm thickness)	0,008
Mechanical duct allowance	0,19
Plaster on tile or concrete	0,24
Plaster on wood lath	0,38
Suspended steel channel system	0,10
Suspended metal lath and cement plaster	0,72
Suspended metal lath and gypsum plaster	0,48
Wood furring suspension system	0,12
<b>COVERINGS, ROOF, AND WALL</b>	
Asbestos-cement shingles	0,19

Komponen	Beban (kN/m <sup>2</sup> )
Asphalt shingles	0,10
Cement tile	0,77
Clay tile ( for mortar add 0.48 kN/m <sup>2</sup> )	
Book tile, 51 mm	0,57
Book tile, 76 mm	0,96
Ludowici	0,48
Roman	0,57
Spanish	0,91
Composition:	
Three-ply ready roofing	0,05
Four-ply felt and gravel	0,26
Five-ply felt and gravel	0,29
Copper or tin	0,05
Corrugated asbestos-cement roofing	0,19
Deck, metal, 20 gauge	0,12
Deck, metal, 18 gauge	0,14
Decking, 51-mm wood (Douglas fir)	0,24
Decking, 76-mm wood (Douglas fir)	0,38
Fiberboard, 13 mm	0,04
Gypsum sheathing, 13 mm	0,10
Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Cellular glass	0,0013
Fibrous glass	0,0021
Fiberboard	0,0028
Perlite	0,0015
Polystyrene foam	0,0004
Urethane foam with skin	0,0009
Plywood (per mm thickness)	0,006
Rigid insulation, 13 mm	0,04
Skylight, metal frame, 10-mm wire glass	0,38
Slate, 5 mm	0,34
Slate, 6 mm	0,48
Waterproofing membranes:	
Bituminous, gravel-covered	0,26
Bituminous, smooth surface	0,07

Komponen	Beban (kN/m <sup>2</sup> )		
Liquid applied	0,05		
Single-ply, sheet	0,03		
Wood sheathing (per mm thickness)			
Plywood	0,0057		
Oriented strand board	0,0062		
Wood shingles	0,14		
<b>FLOOR FILL</b>			
Cinder concrete, per mm	0,017		
Lightweight concrete, per mm	0,015		
Sand, per mm	0,015		
Stone concrete, per mm	0,023		
<b>FLOORS AND FLOOR FINISHES</b>			
Asphalt block (51 mm), 13-mm mortar	1,44		
Cement finish (25 mm) on stone–concrete fill	1,53		
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13-mm mortar bed	0,77		
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25-mm mortar bed	1,10		
Concrete fill finish (per mm thickness) 0.023	0,023		
Hardwood flooring, 22 mm 0.19	0,19		
Linoleum or asphalt tile, 6 mm 0.05	0,05		
Marble and mortar on stone–concrete fill 1.58	1,58		
Slate (per mm thickness) 0.028	0,028		
Solid flat tile on 25-mm mortar base 1.10	1,10		
Subflooring, 19 mm 0.14	0,14		
Terrazzo (38 mm) directly on slab 0.91	0,91		
Terrazzo (25 mm) on stone–concrete fill 1.53	1,53		
Terrazzo (25 mm), 51-mm stone concrete 1.53	1,53		
Wood block (76 mm) on mastic, no fill 0.48	0,48		
Wood block (76 mm) on 13-mm mortar base 0.77	0,77		
<b>FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)</b>			
<b>DOUBLE WOOD FLOOR</b>			
Joint sizes (mm):			
305-mm spacing	406-mm spacing		
610-mm spacing			
(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )		
(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )		
51 × 152	0.29	0.24	0.24
51 × 203	0.29	0.29	0.24
51 × 254	0.34	0.29	0.29

Komponen					Beban (kN/m <sup>2</sup> )
51 x 305	0.38	0.34	0.29		
<b>FRAME PARTITIONS</b>					
Movable steel partitions					0,19
Wood or steel studs, 13-mm gypsum board each side					0,38
Wood studs, 51 x 102, unplastered					0,19
Wood studs, 51 x 102, plastered one side					0,57
Wood studs, 51 x 102, plastered two sides					0,96
<b>FRAME WALLS</b>					
Exterior stud walls:					
51 mm x 102 mm@406 mm, 16-mm gypsum, insulated, 10-mm siding					0,53
51 mm x 152 mm@406 mm, 16-mm gypsum, insulated, 10-mm siding					0,57
Exterior stud walls with brick veneer					2,30
Windows, glass, frame, and sash					0,38
Clay brick wythes:					
102 mm					1,87
203 mm					3,78
305 mm					5,51
406 mm					7,42
Hollow concrete masonry unit wythes:					
Wythe thickness (in mm)	102	152	203	254	305
Density of unit (16.49 kN/m <sup>3</sup> ) with grout spacing as follows:					
No grout	1.05	1.29	1.68	2.01	2.35
1,219 mm		1.48	1.92	2.35	2.78
1,016 mm		1.58	2.06	2.54	3,02
813 mm		1.63	2.15	2.68	3,16
610 mm		1.77	2.35	2.92	3,45
406 mm		2.01	2.68	3.35	4,02
Full grout		2.73	3.69	4.69	5,70
Density of unit (19.64 kN/m <sup>3</sup> ) with grout spacing as follows:					
No grout	1.25	1.34	1.72	2.11	2,39
1,219 mm		1.58	2.11	2.59	2,97
1,016 mm		1.63	2.15	2.68	3,11
813 mm		1.72	2.25	2.78	3,26
610 mm		1.87	2.44	3.02	3,59

Komponen					Beban (kN/m <sup>2</sup> )
406 mm		2.11	2.78	3.50	4,17
Full grout		2.82	3.88	4.88	5,89
Density of unit (21.21 kN/m <sup>3</sup> ) with grout spacing as follows:					
No grout	1.39	1.68	2.15	2.59	
1,219 mm		1.70	2.39	2.92	3,02
1,016 mm		1.72	2.54	3.11	3,45
813 mm		1.82	2.63	3.26	3,69
610 mm		1.96	2.82	3.50	3,83
406 mm		2.25	3.16	3.93	4,12
Full grout		3.06	4.17	5.27	4,69
Solid concrete masonry unit					6,37
Wythe thickness (in mm)	102	152	203	254	
Density of unit (16,49 kN/m <sup>3</sup> )	1,53	1,70	3,21	4,02	305
Density of unit (16,49 kN/m <sup>3</sup> )	1,82	2,82	3,78	4,79	4,88
Density of unit (16,49 kN/m <sup>3</sup> )	1,96	3,02	4,12	5,17	5,79
Density of unit (16,49 kN/m <sup>3</sup> )					6,27

## C. 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan



konstruksi di Indonesia. Pada **Tabel 4** menunjukkan beban hidup sesuai dengan hunian atau penggunaannya sesuai yang tercantum pada SNI 1727:2020.

**Tabel 4.** Beban Hidup

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Apartemen (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Sistem lantai akses</b>					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang computer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
<b>Gudang persenjataan dan ruang latihan</b>	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Ruang pertemuan</b>					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	(4,79) 150	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	(7,18) 100	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Tribun penonton	(4,79) 60 (2.87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)					
Ruang pertemuan lainnya	100 (4.79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Jalur untuk akses pemeliharaan</b>	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
<b>Koridor</b>					

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Ruang makan dan restoran</b>	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Dudukan mesin elevator</b> (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
<b>Konstruksi pelat lantai finishing ringan</b> (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-	200 (0,89)	
<b>Jalur penyelamatan saat kebakaran</b> Hunian satu keluarga saja	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tangga permanen</b>		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	
<b>Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)</b> Mobil penumpang saja					
Truk dan bus	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
<b>Pegangan tangga dan pagar pengaman</b>	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1	
<b>Helipad (Lihat Pasal 4.11)</b> Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat 4.5.2  Lihat Pasal 4.11.2	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
<b>Rumah sakit</b>					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	4.13
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)	
<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Perpustakaan</b>					
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)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Pabrik</b>					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	3.000 (13,35)	
<b>Gedung perkantoran</b>					
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian					
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
<b>Lembaga hukum</b>					
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tempat rekreasi</b>	75 (3,59)				
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis		Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Ruang dansa dan ballroom Gimnasium	100 (4,79) 100 (4,79)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)		
<b>Rumah tinggal</b>					
Hunian satu dan dua keluarga	10 (0,48)				
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan Gudang	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)				
Ruang pribadi dan koridornya	100 (4,79) 100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik		Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Atap</b>					4.8.1
Atap datar, berbubung, dan lengkung	Sama dengan	Ya (4.8.2)	-		
Atap yang digunakan penghuni	penggunaan yang dilayani 100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
			-		
Atap untuk tempat berkumpul Atap vegetatif dan atap lansekap	20 (0,96)	Ya (4.8.3)	-		
Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	Sama dengan	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	penggunaan yang dilayani 5 (0,24)	Ya (4.8.3)	-		

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
Awning dan kanopi Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2) Tidak (4.8.2)	- -	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja	20 (0,96)	Ya (4.8.2)		2000 (8,90)	4.8.1
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel					
Semua komponen struktur atap utama lainnya		- -	- -	300 (1,33) 300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan					

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Sekolah</b>					
Ruang kelas	40 (1,92)				
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)				
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</b>		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>	250 (11,97)			200 (0,89)	
		Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		4.15
<b>Tangga dan jalan keluar</b>					
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79)			8.000 (35,60)	
	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.16
<b>Gudang diatas langit-langit</b>					
		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
<b>Gudang penyimpanan dan pekerja</b> (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)	20 (0,96)				
Ringan		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Berat	125 (6,00)				
<b>Toko</b>	250 (11,97)				
Eceran		Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
Lantai pertama		Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
Lantai diatasnya					
Grosir, di semua lantai	100 (4,79)				
	75 (3,59)				
<b>Penghalang kendaraan</b>	125 (6,00)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
		Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
<b>Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)</b>	60 (2,87)				
<b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	Lihat Pasal 4.5.3	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_e$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

### C.3. Beban Air Hujan

Setiap bagian dari atap harus dirancang untuk mampu menahan beban dari air hujan yang terakumulasi apabila sistem drainase primer pada bagian tersebut terhambat ditambah beban merata akibat kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran desainnya. Apabila sistem drainase sekunder terdiri dari beberapa saluran, saluran-saluran tersebut dan titik pembuangannya harus dipisahkan dari saluran primer.

Beban air hujan harus didasarkan pada tinggi total yakni, tinggi statis [ds] ditambah kepala hidraulik [dh] yang terkait dengan laju aliran desain untuk sistem drainase dan saluran sekunder yang ditetapkan. Tinggi total yang sesuai dengan laju aliran desain untuk saluran yang ditetapkan harus berdasarkan pada data uji hidraulik.

### C.4. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin diturunkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan

negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang telah ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang telah ditentukan dalam peraturan ini.

### **C.5. Beban Gempa**

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Kejutan yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dan gerakan.

Beban gempa direncanakan mengacu pada SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Pembebanan akibat dari pengaruh gerakan tanah dapat dimodelkan dengan beban statik ataupun beban dinamik. Analisis gempa dinamik yang biasa digunakan adalah analisis respon spektrum atau analisis riwayat waktu (*time history*). Pada tugas akhir ini analisis yang digunakan adalah analisis respon spektrum.



## D. Perencanaan Struktur Tahan Gempa

### D.1. Kategori Risiko Bangunan

Kategori risiko bangunan gedung adalah kategori yang membedakan tiap-tiap gedung berdasarkan fungsinya dari resiko kerugian yang diterima akibat kegagalan struktur baik kerugian materi maupun kerugian jiwa serta dampaknya. Bangunan tahan gempa dibagi menjadi empat kategori risiko berdasarkan fungsi atau jenis pemanfaatan dari bangunan tersebut. Pembagian kategori risiko bangunan terdapat pada SNI 1726:2019 seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <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>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <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>	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<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 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"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <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
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan 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 ibadah</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, tsunami, 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> </ul>	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>- 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> <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	

## D.2. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain adalah parameter yang akan dimasukkan dalam perencanaan koefisien respons seismik dan kategori desain seismik. Terdapat 2 parameter percepatan spektral desain yang diperlukan yaitu periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan untuk periode 1 detik ( $S_{D1}$ ). Kedua parameter tersebut ditentukan oleh lokasi dan kelas situs tanah dari bangunan yang direncanakan.

1. Percepatan gempa di batuan dasar pada perioda pendek ( $S_s$ ) dan pada perioda 1 detik ( $S_1$ ) diperoleh dari peta Gambar 15 dan Gambar 16 SNI 1726:2019 atau dari situs <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>.
2. Kelas situs ditentukan berdasarkan kondisi tanah tempat bangunan didirikan dan telah diatur pada SNI 1726:2019 tentang klasifikasi situs sesuai dengan **Tabel 6** dibawah ini. Dari kelas situs tersebut, dapat ditentukan koefisien situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ) berdasarkan **Tabel 7** dan **Tabel 8** yang terdapat pada SNI 1726:2019.

**Tabel 6. 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	$\geq 100$
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 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat geser nilair <math>\bar{s}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
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: <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> </ul>		

**Tabel 7. Koefisien Situs,  $F_a$** 

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertirbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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					

**Tabel 8.** Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas situs	Parameter respons spectral 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	$SS^{(a)}$					

### D.3. Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik adalah kategori yang menentukan jenis sistem rangka yang akan digunakan pada perencanaan sesuai dengan nilai  $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$  dan kategori resiko gedungnya. Setelah mendapat kategori risiko dan nilai percepatan spectral desain dari bangunan yang direncanakan, bangunan tersebut diklasifikasin dalam kategori desain seismic. Kategori desain seismic ditentukan berdasarkan nilai  $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$ , dan kategori risiko bangunan yang dapat ditentukan dengan melihat pada **Tabel 9** dan **Tabel 20** yang diambil dari SNI 1726:2019.

**Tabel 9.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{DS}$ 

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 10.** Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{D1}$ 

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

#### D.4. Sistem Struktur

Sistem struktur rangka beton pemikul momen yang berlaku untuk kategori desain seismic sesuai dengan **Tabel 12 SNI 1726:2019** terdapat tiga jenis yaitu sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa (SRPMB), sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah (SRPMM), dan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK).

##### D.4.1 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Biasa

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen biasa adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismic dengan kategori B. Kategori B itu sendiri adalah kategori desain seismic yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai  $0,167 < S_{DS} < 0,33$  serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

##### D.4.2 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Menengah

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen menengah adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul

desain seismik dengan kategori B dan C. Kategori C itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai  $0,33 < S_{DS} < 0,50$  serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III.

#### **D.4.3 Sistem Rangka Beton Pemikul Momen Khusus**

Sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus adalah struktur rangka beton bertulang yang hanya diperbolehkan untuk memikul desain seismik dengan kategori B, C, D, E dan F. Kategori D itu sendiri adalah kategori desain seismik yang dibatasi pada parameter respons percepatan periode pendek dengan nilai  $S_{DS} > 0,50$  serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Desain seismik kategori E adalah kategori dengan nilai  $S_1 > 0,75$  serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori I, II dan III. Sedangkan desain seismik kategori F adalah kategori dengan nilai  $S_1 > 0,75$  serta termasuk dalam risiko bangunan gedung kategori IV.

#### **E. Kombinasi Pembebanan**

Berdasarkan SNI 1726:2019, struktur, komponen, dan fondasi harus didesain sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek beban-beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

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

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

Untuk desain bangunan dengan kategori desain seismik B, gaya seismik desain diizinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah orthogonal dan pengaruh interaksi orthogonal diizinkan untuk diabaikan.

Pembebanan yang diterapkan pada struktur bangunan yang didesain untuk kategori desain seismik C minimal harus sesuai dengan persyaratan dalam untuk kategori desain seismic B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang tidak mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal tipe 5 harus menggunakan salah satu dari prosedur berikut:

- a. Prosedur kombinasi ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen dalam 0, prosedur analisis ragam respons spektral dalam 0, atau prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam sebarang dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat arah penerapan gaya seismik pada struktur dianggap terpenuhi jika elemen struktur dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan berikut: 100 % gaya untuk satu arah ditambah 30 % gaya untuk arah



tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.

- b. Penerapan serentak gerak tanah ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur riwayat respons waktu linier dalam 0 atau prosedur riwayat respons waktu nonlinier dalam 0, seperti diizinkan dalam 0, dengan pasangan ortogonal riwayat percepatan gerak tanah yang diterapkan secara bersemaan.

#### F. Faktor Reduksi Kekuatan

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan pada komponen struktur dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan  $\phi$ . Fungsi faktor reduksi kekuatan  $\phi$  adalah: (1) untuk memperkirakan kemungkinan kekuatan penampang tidak mencukupi (*under-strength*) karena perbedaan dimensi dan kekuatan material; (2) untuk memperkirakan ketidaktepatan pada tahap perancangan; (3) untuk merefleksikan ketersediaan daktilitas dan tingkat keandalan yang diperlukan komponen struktur relatif terhadap beban; (4) untuk menyatakan seberapa penting komponen struktur terhadap keseluruhan struktur (MacGregor 1976; Winter 1979). Pada SNI 2847:2019 telah menetapkan berbagai nilai faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk berbagai jenis besaran gaya yang didapat dari perhitungan struktur. Adapun nilai dari faktor reduksi tersebut dalam dilihat pada **Tabel 11** dibawah ini.

**Tabel 11.** Faktor Reduksi Kekuatan

Gaya atau elemen struktur		$\phi$	Pengecualian
			Di dekat ujung komponen pratarik

a)	Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65-0,90 sesuai 21.2.2	( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.3
b)	Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c)	Torsi	0,75	-
d)	Tumpu ( <i>bearing</i> )	0,65	-
e)	Zona angkur pascatarik ( <i>post-tension</i> )	0,85	-
f)	<i>Bracket</i> dan korbek	0,75	-
g)	<i>Strut, ties</i> , zona nodal, dan daerah tumpuan yang dirancang dengan <i>strut-and-tie</i> di Pasal 23	0,75	-
h)	Komponen sambungan beton pracetak terkontrol leleh oleh elemen baja dalam Tarik	0,90	-
i)	Beton polos	0,6	-
j)	Angkur dalam elemen beton	0,45-0,75 sesuai Pasal 17	-

(sumber: SNI 2847:2019 “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan”)

## G. Perencanaan Elemen Struktur

### G.1. Balok

#### a. Perencanaan Balok Terhadap Lentur

Beban-beban yang bekerja pada struktur, baik yang berupa beban gravitasi (berarah vertikal), maupun beban-beban lain, seperti beban angin (dapat berarah horizontal), atau juga beban karena susut dan perubahan temperature, menyebabkan adanya lentur dan deformasi pada elemen

struktur. Lentur pada balok merupakan akibat dari adanya regangan yang timbul karena adanya beban luar. (Edward G. Nawy, 2010)

Berdasarkan SNI 2847:2019 balok non-prategang yang tidak bertumpu atau melekat pada partisi atau konstruksi lain yang mungkin rusak akibat lendutan yang besar, ketebalan keseluruhan pelat ( $h$ ) tidak boleh kurang dari batas minimum yang telah dipersyaratkan pada **Tabel 12** seperti di bawah ini.

**Tabel 12.** Tabel Minimum Balok

<b>Kondisi Perlekatan</b>	<b>Minimum <math>h</math></b>
Perletakan Sederhana	$\ell/16$
Menerus Satu Sisi	$\ell/18,5$
Menerus Dua Sisi	$\ell/21$
Kantilever	$\ell/8$

Berdasarkan SNI 2847:2019 batasan dalam **Tabel 12** berlaku untuk keseluruhan tinggi balok komposit non-prategang ditopang perancah selama konstruksi sehingga, setelah dukungan sementara dihilangkan, beban mati ditahan oleh penampang komposit penuh. Pada konstruksi yang tidak ditopang perancah, tinggi balok tersebut bergantung pada lendutan yang terjadi sebelum atau sesudah aksi komposit yang efektif tercapai. Lendutan tambahan akibat rangkai dan susut berlebih disebabkan oleh pembebanan awal harus dipertimbangkan. Ini sangat penting pada usia dini ketika kadar air tinggi dan kekuatannya rendah. Transfer dari geser horizontal oleh lekatan langsung adalah penting jika lendutan berlebihan dari slip harus dicegah.

Kunci geser (*shear key*) menyediakan sarana untuk mentransfer geser namun tidak akan berperan hingga terjadi slip.

Berdasarkan SNI 2847:2019, desain kekuatan komponen struktur untuk beban untuk beban lentur dan aksial didasarkan pada pemenuhan kondisi keseimbangan dan kompatibilitas regangan yang sesuai dan asumsi sebagai berikut ini:

- a. Regangan pada tulangan dan beton harus diasumsikan berbanding lurus dengan jarak dari sumbu netral.
- b. Regangan maksimum yang dapat dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar harus diasumsikan 0,003.
- c. Dalam perhitungan aksial dan lentur beton bertulang, kekuatan tarik beton harus diabaikan.
- d. Hubungan antara distribusi tegangan tekan beton dan regangan beton boleh diasumsikan berbentuk persegi, trapezium, parabola, atau bentuk lainnya yang menghasilkan perkiraan kekuatan yang cukup baik bila dibandingkan dengan hasil pengujian tekan. Ketentuan ini dapat dipenuhi oleh suatu distribusi tegangan beton persegi ekuivalen sebagai berikut:

- Tegangan beton sebesar  $0,85 f'c$  diasumsikan terdistribusi rata terhadap zona tekan ekuivalen yang dibatasi ujung penampang dan garis yang paralel terhadap sumbu netral, yang terletak pada jarak  $a$  dari serat tekan terjauh, seperti Persamaan (2.1) berikut:

$$a = \beta_1 c \quad (2.1)$$

- Jarak dari serat tekan terjauh sampai ke sumbu netral  $c$ , diukur secara tegak lurus dari sumbu netral.
- Nilai  $\beta_1$  ditentukan berdasarkan **Tabel 13** berikut.

**Tabel 13.** Nilai  $\beta_1$  untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

$f_c' , \text{MPa}$	$\beta_1$
$17 \leq f_c' \leq 28$	0.85
$28 < f_c' < 55$	$0.85 \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$
$f_c' \geq 55$	0,65

#### **b. Perencanaan Balok Terhadap Geser**

Kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya. Maka desain balok terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton. Perilaku beton bertulang pada keadaan runtuh karena geser sangat berbeda dengan keruntuhan karena lentur. Balok tersebut langsung hancur tanpa adanya peringatan terlebih dahulu. (Edward G. Nawy, 2010). Tulangan geser memberikan empat fungsi utama, yaitu:

1. Menahan sebagian gaya geser berfaktor eksternal  $V_u$ .
2. Membatasi perkembangan retak-retak diagonal
3. Memegang batang-batang tulangan utama longitudinal di tempatnya agar mereka dapat memberikan kapasitas dowel yang diperlukan untuk menahan beban lentur.

4. Menyediakan suatu pengekanan pada beton dalam daerah tekan jika sengkang-sengkang tersebut dalam bentuk pengikat-pengikat tertutup.

Perencanaan terhadap tulangan geser balok harus didasarkan pada Persamaan (2.2) dibawah ini:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \quad (2.2)$$

Dengan  $V_u$  adalah gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan  $V_n$  adalah kuat geser nominal yang dihitung dari:

$$V_n = V_c + V_s \quad (2.3)$$

Kekuatan geser nominal yang disediakan beton  $V_c$  dapat dihitung dengan persamaan (2.4)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad (2.4)$$

Kemudian hasilnya jika  $V_n > V_c$ , maka tulangan yang digunakan adalah tulangan geser structural. Atau  $V_n \leq V_c$  tetapi  $\geq 0,5.V_c$ , maka tulangan yang digunakan adalah tulangan geser minimum.

### c. Perencanaan Balok Terhadap Torsi

Torsi dapat didefinisikan sebagai peristiwa bekerjanya momen puntir di sepanjang batang yang mengakibatkan terpilinnya elemen struktur dalam arah longitudinal. Kekuatan tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan tekannya, maka desain balok terhadap geser merupakan hal yang sangat penting dalam struktur beton. Torsi terjadi pada konstruksi beton

monolit, terutama apabila beban bekerja pada jarak yang tidak nol dari sumbu memanjang batang structural. Balok ujung dari panel lantai, balok tepi yang menerima beban dari satu sisi, atap kanopi dari halte bus yang ditumpu oleh sistem balok di atas kolom, balok keliling pada lubang lantai, dan juga tangga melingkar, semuanya merupakan contoh elemen structural yang mengalami momen puntir. Desain untuk torsi dalam SNI 2847:2019 Pasal 22.7 berdasarkan analogi rangka batang ruang tabung dinding tipis. Balok yang menerima torsi dianggap sebagai tabung dinding tipis dengan mengabaikan penampang beton inti balok solid. Tulangan harus diterapkan pada komponen struktur jika  $T_u \geq \phi T_{th}$  dimana  $\phi$  pada **Tabel 14** untuk tulangan torsi sebesar 0.75. Untuk nilai  $T_{th}$  dapat dihitung berdasarkan persamaan yang terdapat dalam **Tabel 14** berikut:

**Tabel 14.** Ambang batas torsi untuk penampang solid

Jenis Komponen	$T_{th}$
Komponen non prategang	$0,083\lambda\sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$
Komponen prategang	$0,083\lambda\sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{f_{cp}}{0,083\lambda\sqrt{f'c}}}$
Komponen non prategang menerima beban aksial	$0,083\lambda\sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33 A_g \lambda \sqrt{f'c}}}$

## G.2. Kolom

Menurut Sudarmoko (1996), kolom adalah salah satu elemen struktur yang vertikal yang berfungsi untuk memikul beban dari balok dan

meneruskannya ke pondasi. 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. Kekuatan kolom di evaluasi berdasarkan prinsip-prinsip dasar sebagai berikut:

1. Distribusi regangannya linier diseluruh tebal kolom
2. Tidak ada gelincir
3. Regangan beton maksimum yang diizinkan pada keadaan gagal adalah 0,003
4. Kekuatan tarik beton diabaikan dan tidak digunakan dalam perhitungan

### **G.3. Pelat**

Pelat beton bertulang adalah 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 ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan panjang atau lebar bidangnya (Ali Asroni, 2010). Sistem perencanaan tulangan pelat pada dasarnya dibagi menjadi dua macam, yaitu perencanaan pelat satu arah (*one way slab*) dan system perencanaan pelat dua arah (*two way slab*).

1. Pelat satu arah adalah pelat yang panjangnya dua kali atau lebih besar daripada lebarnya. Pelat dengan tulangan pokok satu arah akan



dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.

2. Persyaratan pelat dua arah jika perbandingan dari bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari dua. Beban pelat lantai pada jenis ini disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat.

#### **G.4. Rangka Atap**

Struktur rangka atap adalah salah satu bagian penting dalam konstruksi bangunan. Royani (2011) berpendapat bahwa: "Struktur atap adalah bagian bangunan yang menahan atau mengalirkan beban-beban dari atap. Struktur atap terbagi menjadi rangka atap dan penopang rangka atap. Rangka atap berfungsi menahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Berdasarkan posisi inilah maka muncul istilah gording, kasau dan reng."

##### **1. Perencanaan komponen struktur Tarik**

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

- Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan
  - fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan
  - geser blok pada sambungan
- a. Kekuatan Tarik

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor  $N_u$  harus memenuhi persyaratan pada Persamaan (2.5) dibawah ini: (SNI 03-1729-2002)

$$N_u \leq \phi N_n \quad (2.5)$$

Dengan  $N_n$  adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga  $\phi$  dibawah ini:

$\phi = 0,9$  untuk kondisi leleh

$\phi = 0,75$  untuk kondisi fraktur

- Untuk kondisi leleh

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka  $N_n$  dari batang tarik memenuhi persamaan dibawah ini: (SNI 03-1729-2002)

$$N_n = A_g \times f_y \quad (2.6)$$

Dengan  $A_g$  = luas penampang kotor ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = kuat leleh material (MPa)

- Untuk kondisi fraktur

Untuk batang tarik yang mempunyai lubang misalnya untuk penempatan baut, maka luas penampangnya tereduksi, dan dinamakan luas netto ( $A_u$ ). Bila kondisi fraktur pada sambungan

yang menentukan, maka  $N_n$  dari batang tersebut memenuhi persamaan dibawah ini (SNI-03-1729-2002):

$$N_n = A_e \times f_u \quad (2. 7)$$

Dengan:  $A_e$  = luas penampang efektif

$f_u$  = tegangan tarik putus, MPa

Untuk  $A_e$  dapat ditentukan dengan persamaan di bawah ini:

$$A_e = U \times A_n \quad (2. 8)$$

Dengan :  $U$  = koefisien reduksi =  $1 - \bar{x}/L \leq 0,9$

$A_n$  = luas netto penampang, mm<sup>2</sup>

$\bar{x}$  = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan

## 2. Perencanaan komponen struktur Tekan

Syarat kestabilan dalam mendesain komponen struktur tekan sangat perlu diperhatikan, mengingat adanya bahaya tekuk (*buckling*) pada komponen-komponen tekan yang langsing.

### a. Parameter kelangsingan

Parameter kelangsingan ( $\lambda_c$ ) telah diisyratkan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\lambda_c = \frac{Lk}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.9)$$

dengan  $Lk = kc \times L$ ,  $L$  adalah panjang batang tekan. Dalam hal ini  $kc$  adalah faktor panjang tekuk, ditetapkan sesuai dengan gambar dibawah ini:

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai $\lambda_c$ teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai $\lambda_c$ yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung	 Jepit Sendi Roll tanpa putaran sudut Ujung bebas					

**Gambar 3.** Nilai  $kc$  dengan ujung-ujung ideal

b. Tahanan tekan nominal

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor  $N_u$ , harus memenuhi persamaan:

$$N_u \leq \phi N_n \quad (2.10)$$

Daya dukung nominal  $N_n$  struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} \quad (2.11)$$

Dimana besar  $\omega$  ditentukan oleh nilai  $\lambda_c$ , yaitu:

Untuk  $\lambda_c < 0,25$  maka  $\omega = 1$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka  $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

Untuk  $\lambda_c > 1,2$  maka  $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

Dengan :  $A_g$  = luas penampang bruto ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = kuat tekan material (MPa)

$\omega$  = faktor tekuk berdasarkan kelangsingan dan mutu baja

### 3. Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang di samping las yang cukup populer adalah baut, terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keling sebagai alat pengencang karena beberapa kelebihan yang dimilikinya dibandingkan paku keling, seperti jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar, dan keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Selain mutu tinggi ada pula baut mutu normal A307 terbuat dari baja kadar karbon rendah.

Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang distandarkan oleh ASTM adalah tipe A325 dan A490. Baut ini mempunyai kepala berbentuk heksagonal dimana baut tipe A325 terbuat dari baja karbon yang memiliki kuat leleh 560-630 MPa, dan baut A490 terbuat dari baja *alloy* dengan kuat leleh 790-900

MPa. Tabel ditampilkan tipe-tipe baut dengan diameter, proof load, dan kuat tarik minimumnya.

**Tabel 15.** Tipe-Tipe Baut

<b>Tipe Baut</b>	<b>Diameter (mm)</b>	<b>Proof Stress (MPa)</b>	<b>Kuat Tarik Minimum (MPa)</b>
A307	6,35-104	-	60
A325	12.7-25.4	585	825
	28.6-38.1	510	725
A490	12.7-38.1	825	1035

a. Ukuran dan Penggunaan Lubang

Persyaratan berikut ini berlaku untuk sambungan yang dibaut:

- a) Ukuran lubang maksimum untuk baut diberikan dalam **Tabel 16**, kecuali lubang-lubang yang lebih besar, yang diperlukan untuk toleransi pada lokasi batang angkur di fondasi beton, diperbolehkan dalam detail dasar kolom.
- b) Lubang standar atau lubang slot pendek yang tegak lurus terhadap arah beban harus disediakan sesuai dengan ketentuan standar ini, kecuali lubang ukuran berlebih, lubang slot pendek yang paralel terhadap beban atau lubang slot panjang yang disetujui oleh penanggungjawab perancangan.
- c) Ganjal menjari sampai 1/4 in. (6 mm) diperbolehkan dalam sambungan kritis selip yang didesain berdasarkan lubang standar tanpa mereduksi kekuatan geser nominal pengencang tersebut yang disyaratkan untuk lubang slot.

- d) Lubang ukuran berlebih diperbolehkan dalam setiap atau semua lapisan dari sambungankritis selip, tetapi lubang ukuran berlebih tidak boleh digunakan pada sambungan tipe tumpu.
- e) Lubang slot pendek diperbolehkan pada setiap atau semua lapisan kritis selip atau sambungan tipe tumpu. Slot diperbolehkan tanpa memperhatikan arah beban dalam sambungan kritis selip, tetapi panjang tersebut harus tegak lurus terhadap arah beban pada sambungan tipe tumpu.
- f) Lubang slot panjang diperbolehkan dalam hanya satu dari bagian yang disambung dari suatu sambungan kritis selip atau sambungan tipe tumpu pada suatu permukaan laying individual. Lubang slot panjang diperbolehkan tanpa memperhatikan arah beban dalam sambungan kritis selip, tetapi harus tegak lurus pada arah beban dalam sambungan tipe tumpu.
- g) Ring harus diberikan sesuai dengan Pasal 6 RCSC Specification, kecuali untuk rakitan Kelompok C, dimana ring harus diberikan sesuai dengan standar ASTM yang berlaku.

**Tabel 16.** Dimensi Lubang Nominal

Diameter Baut	Dimensi Lubang			
	Standar (Diameter)	Ukuran Berlebih (Diameter)	Standar (Diameter)	Slot Panjang (Lebar x Panjang)
M16	18	20	18 x 22	18 x 40
M20	22	24	22 x 24	22 x 50
M22	24	28	24 x 28	24 x 55
M24	27	30	27 x 30	27 x 60

M27	30	35	30 x 35	30 x 67
M30	33	38	33 x 38	33 x 75
≥ M36	d + 3	d + 8	(d+3) x (d+10)	(d+3) x 2,5d

#### b. Tata Letak Baut

Jarak as ke as antara lubang standar, ukuran berlebih, atau slot tidak boleh kurang dari  $2 \frac{2}{3}$  kali diameter nominal, d, pengencang. Namun, jarak bersih antara lubang baut atau slot tidak boleh kurang dari d.

Jarak dari pusat lubang standar ke tepi bagian yang disambung dalam arah manapun tidak boleh kurang dari nilai yang berlaku dari Tabel 17.

Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat pada bagian-bagian yang saling kontak harus 12 kali tebal bagian tersambung yang sedang ditinjau, tetapi tidak boleh melebihi 6 in. (150 mm). Spasi longitudinal pengencang antara elemen-elemen yang terdiri dari satu pelat dan satu profil, atau dua pelat, yang saling kontak secara kontinu harus memenuhi:

- a) Untuk komponen struktur yang dicat atau komponen struktur yang tidak dicat yang tidak mengalami korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali tebal bagian tertipis atau 12 in. (300 mm)
- b) Untuk komponen struktur yang tidak dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang mengalami korosi atmosfer, spasi tersebut tidak boleh melebihi 14 kali tebal bagian tertipis atau 7 in. (180 mm)



**Tabel 17.** Jarak Tepi Minimum dari Pusat Lubang Standar ke Tepi Bagian yang Disambung, mm

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
≥ 36	1,25d

c. Tahanan Nominal Baut

Suatu baut yang memikul beban terfaktor  $R_u$ , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_n \quad (2.12)$$

Dengan  $R_n$  adalah tahanan nominal baut sedangkan  $\phi$  adalah faktor reduksi yang diambil sebesar 0,75. Besarnya  $R_n$  berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

Tahanan nominal satu baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan berikut:

$$R_n = m \times r_1 \times f_u^b \times Ab \quad (2.13)$$

Dengan :  $R_n$  = tahanan nominal baut

$r_1$  = factor pengaruh ulir

$f_u^b$  = kuat tarik baur (Mpa)

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

$m$  = jumlah bidang geser

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari abut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut :

$$R_n = 2,4 \times d_p \times t_p \times f_u \quad (2. 14)$$

Dengan :  $d_p$  = diameter baut pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal pelat

$f_u$  = kuat tarik putus terendah dari bauta tau pelat