

BAB II

LANDASAN TEORI

2.2. Pengertian Struktur

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 suatu kesatuan. Setiap bagian struktur bangunan tersebut juga mempunyai fungsi dan perannya masing-masing (Sutrisno, 1985) dalam (Vendry, 2016)

Perencanaan struktur merupakan komponen konstruksi bangunan yang sangat penting untuk menghasilkan bangunan yang kuat, aman, dan ekonomis. Struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas terdiri dari elemen balok, kolom, dan pelat yang terhubung satu sama lain yang membentuk struktur rangka. Sedangkan struktur bawah terdiri dari fondasi yang berfungsi untuk menahan beban dari struktur atas dan meneruskannya ke tanah dasar. Secara umum, terdapat dua jenis beban yang bekerja pada struktur, yaitu beban statis dan beban lingkungan. Beban statis yaitu beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup. Sedangkan beban lingkungan yaitu beban angin dan beban gempa. Beban-beban ini harus diperkirakan dan dihitung secara akurat sehingga struktur dapat direncanakan sesuai dengan prinsip perencanaan. Hal ini memungkinkan struktur dapat bekerja dengan baik saat membawa beban tersebut (Yusmar et al., 2021) dalam (Yeni & Yusmar, 2023)

Gempa bumi termasuk salah satu bencana alam paling mematikan yang menyebabkan kerugian emosional, sosial, dan finansial. Berkaitan

dengan respons struktur yang dikenai beban dinamis, seperti gempa bumi, energi yang dihasilkan oleh beban dinamis ini dapat menyebabkan getaran berlebihan dan merusak struktur. Respons dinamis ini dapat merusak struktur dan mengancam keselamatan manusia. Para ilmuwan telah melakukan banyak penelitian dan menyediakan beberapa alternatif untuk mengurangi dan bahkan mencegah kerusakan pada struktur yang disebabkan oleh gempa bumi. (Ampangallo et al., 2024)

Kegunaan lain dari struktur bangunan gedung yaitu meneruskan beban bangunan dari bagian atas menuju bagian bawah bangunan, 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 (Vendry, 2016)

Dalam pengerjaan bangunan gedung direncanakan menggunakan struktur beton bertulang yang merupakan gabungan dari dua jenis bahan, yakni beton yang memiliki kuat tekan yang tinggi tetapi kekuatan tariknya rendah dan tulangan baja yang ditanamkan ke dalam beton yang dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Cahyo, 2013)

Beton bertulang dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) memiliki fungsi yang sangat luas dalam suatu konstruksi bangunan. Sehingga dalam perkembangannya beton menjadi bagian konstruksi yang banyak digunakan dalam bangunan rumah, gedung, jalan raya, jembatan, pelabuhan, lapangan terbang, dll. (Willem et al., 2017)

Beton adalah campuran dari semen portland, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran yang membentuk massa padat. Campuran semen dan air membentuk pasta semen sebagai bahan ikat. Sedangkan pasir dan kerikil berfungsi sebagai bahan pengisi dan diikat oleh pasta semen. (Sabila & Jamal, 2024)

Konstruksi bangunan sangat penting bagi kehidupan manusia, seperti tempat tinggal, tempat beribadah, tempat bekerja. Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan dalam berbagai proyek

konstruksi, mulai dari bangunan gedung, jembatan, bendungan, hingga infrastruktur transportasi (Davraz et al., 2015; Septianto et al., 2023). Kelebihan beton yang menjadi salah satu pilihan utama dalam konstruksi yaitu memiliki kekuatan tekan yang baik, tahan karat, tahan api, mudah dibentuk, tidak memerlukan perawatan khusus, bahan yang digunakan mudah didapat dari alam sekitar, relative murah, lebih awet dibanding bahan bangunan lainnya (Han & Xiang, 2017) dalam (Septianto et al., 2023)

Secara umum, perkembangan industri konstruksi di Indonesia cukup signifikan. Sekitar 60% material yang digunakan dalam pengerjaan konstruksi adalah beton (*concrete*), yang umumnya dipadukan dengan baja (*composite*) atau jenis lainnya. Untuk perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) pada konstruksi jalan raya sudah banyak beton yang digunakan. Saat ini dikenal dengan nama beton RCC (*Roller Compacted Concrete*). Beton RCC memiliki tingkat kekentalan yang cukup untuk dihamparkan menggunakan peralatan penghampar aspal (*asphalt finisher*) lalu dipadatkan dengan roller.

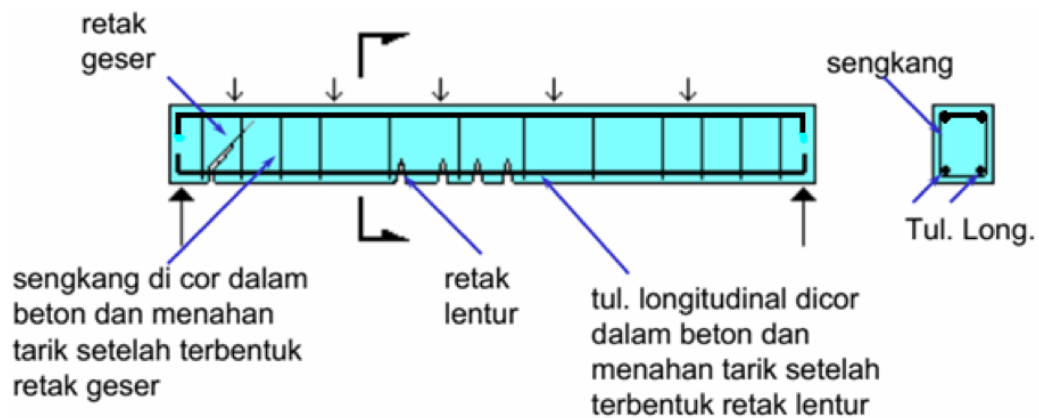
2.2. Struktur beton bertulang

Struktur beton bertulang merupakan kombinasi antara material beton dan tulangan baja yang saling bekerja sama membentuk elemen struktur yang kuat. Beton kuat terhadap tekanan sementara baja kuat terhadap gaya tarik. Kombinasi keduanya menjadikan beton mampu menahan gaya tekan dan baja menahan gaya tarik, sehingga menghasilkan struktur yang mampu menahan beban tekan serta gaya tarik yang bekerja pada elemen struktur seperti balok, kolom dan pelat.

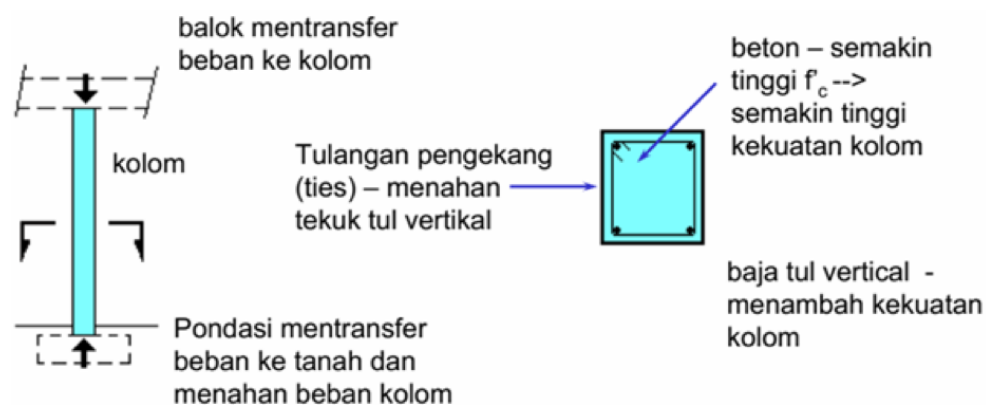
Beton bertulang merupakan bahan konstruksi yang secara umum digunakan pada hampir semua struktur seperti bangunan gedung, jembatan, dinding penahan tanah, terowongan, saluran air dan lainnya, yang dirancang berdasarkan prinsip dasar desain dan penelitian elemen beton bertulang yang menerima gaya aksial, momen lentur, gaya geser, momen puntir, atau kombinasi dari jenis-jenis gaya tersebut. Prinsip dasar dari desain ini berlaku umum bagi setiap tipe sistem struktur selama

diketahui variasi gaya aksial, momen lentur, gaya geser dan unsur gaya lainnya, di samping konfigurasi bentang dan dimensi setiap elemen.

Pada beton bertulang, unsur beton mempunyai kekuatan tekan yang besar, tetapi tidak mampu menerima tegangan tarik. Ini berarti tulangan baja yang ditanam dalam beton menjadi unsur kekuatan yang memikul tegangan tarik. Pada gambar 1.1 dan Gambar 1.2, menunjukkan kapasitas kolom dan balok akan meningkat lebih besar jika tulangan baja ditanam pada bagian tarik (sisi atas pada tumpuan dan sisi bawah pada bentang lapangan)



Gambar 1.1 Balok beton bertulang



Gambar 1.2 Kolom beton bertulang

2.3. Peraturan Desain dan Tata Cara Perhitungan Komponen Beton Bertulang

Dalam perencanaan komponen struktur beton bertulang, harus terpenuhi ketentuan bahwa semua komponen struktur diproporsikan untuk mendapatkan kekuatan yang cukup sesuai dengan ketentuan dalam buku tata cara perhitungan struktur beton. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI-2847-2019) dengan faktor beban dan faktor reduksi kekuatan. Prosedur dan asumsi dalam perencanaan besarnya beban rencana bagi analisis didasarkan pada kondisi struktur yang menerima beban yang mungkin bekerja padanya. Besarnya beban kerja diperhitungkan berdasarkan (PPI-1981), tentang peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung, (SNI 1727-1989), tentang tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, (SNI 1727:2013), beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

Analisis komponen struktur harus mengikuti ketentuan, bahwa semua komponen struktur dari rangka atau konstruksi elemen kontinum harus direncanakan terhadap pengaruh maksimum dari beban terfaktor yang dihitung sesuai dengan analisis teori elastis, kecuali bagian yang telah dimodifikasikan menurut ketentuan dalam SNI 03-2847-2002 ayat 10.4 perihal redistribusi momen

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan terhadap kombinasi beban dan gaya terfaktor menurut ketentuan sebagai berikut:

1. Struktur dan komponen struktur direncanakan sehingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2019)
2. Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantun dalam SK SNI T-15-1991-03 untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja

2.4. Pedoman Perencanaan

Dalam perencanaan struktur, harus memenuhi peraturan yang berlaku dan standar spesifikasi teknis. Peraturan yang digunakan didasarkan pada pedoman perencanaan sebagai berikut:

1. SNI 03-2847-2002, tentang tata cara perencanaan struktur beton untuk gedung
2. SK SNI T – 15 – 1991 – 03, tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung
3. Peraturan beton bertulang (PBI) INI – 2 – 1971
4. SNI – 03 – 1726 – 2002, tentang perencanaan ketahanan gempa untuk struktur rumah dan gedung

Dalam perencanaan konstruksi gedung harus memenuhi syarat dan ketentuan umum, yaitu:

1. Konstruksi harus aman, kokoh, kuat, tahan terhadap pengaruh cuaca, iklim, maupun pengaruh lainnya.
2. Bangunan harus berfungsi sesuai kegunaannya
3. Ditinjau dari segi biaya, bangunan harus ekonomis dengan catatan tidak boleh mengurangi kekuatan konstruksi, sehingga tidak membahayakan bangunan dan keselamatan pengguna bangunan
4. Dalam merencanakan bangunan, harus memperhatikan keadaan lingkungan, baik dalam masa pengerjaan maupun setelah bangunan itu digunakan.

2.5. Tegangan dan Regangan Pada Beton Bertulang

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya (F) atau reaksi dalam yang timbul per satuan luas (A). Rumus untuk mencari tegangan pada beton bertulang yaitu:

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

Dimana:

P = gaya tekan (kN)

A = luas tampang melintang (mm²)

Deformasi atau regangan yaitu perubahan ukuran dari awal yang dihasilkan dari gaya tarik maupun gaya tekan yang dikenakan pada suatu bahan. Untuk mencari regangan pada beton bertulang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana $\Delta L = l - l_0$

Dimana :

ΔL = perubahan panjang akibat beban P (mm)

L = panjang semula (mm)

2.4. Jenis Pembebanan

Jenis-jenis beban pada bangunan adalah elemen utama yang menentukan kekuatan dan kestabilan struktur konstruksi. Beban-beban ini merupakan faktor yang harus diperhitungkan secara teliti dalam perancangan agar bangunan dapat menahan berbagai gaya yang bekerja selama masa pakainya (Ulum, 2025)

Pembangunan gedung bertingkat tinggi membutuhkan proses analisis dan perencanaan yang cukup panjang dan lebih teliti. Serta dalam perencanaannya harus memenuhi ketentuan dan syarat yang mengacu pada peraturan standar di Indonesia. Material yang digunakan untuk pembangunan sistem gedung tinggi biasanya adalah beton kuat, besi dan baja. (Hesty Auliya Dewi et al., 2022)

2.4.1 Beban Mati (Dead Load DL)

Beban mati merupakan seluruh beban yang berasal dari benda-benda permanen seperti dinding, lantai, atap, struktur rangka dan elemen lain yang tetap atau tidak bergerak. Beban ini adalah beban konstan yang ditanggung oleh struktur mulai dari awal pembangunan sampai bangunan tidak digunakan lagi. Sifat beban mati yang terus-menerus memengaruhi desain pada fondasi dan bagian struktural lainnya.

2.4.2 Beban Hidup (Live Load LL)

Beban hidup adalah beban yang muncul disebabkan oleh aktivitas dan ruang yang digunakan dalam bangunan. Contohnya adalah berat dari perabotan, peralatan, penghuni serta benda-benda yang muatannya sementara seperti kendaraan di ruang parkir. Beban hidup bersifat tidak konstan dan berubah-ubah tergantung pada kegunaan dan fungsi bangunan. Karena berubah-ubah, margin keamanannya yang lebih besar harus diperhitungkan agar struktur tidak roboh saat beban mencapai maksimum.

2.4.3 Beban Gempa (Earthquake Load EL)

Beban gempa adalah gaya yang diakibatkan oleh tanah yang bergerak saat terjadinya aktivitas seismik. Jenis beban ini sangat dinamis dan sulit untuk diprediksi karena kekuatan dan arahnya bisa berubah dengan tiba-tiba. Oleh karena itu, bangunan yang didirikan di wilayah gempa harus dirancang secara khusus dengan mempertimbangkan beban gempa agar dapat meredam dan menyerap energi getaran tanpa mengalami keruntuhan.

2.5 Klasifikasi Situs

Penggolongan lokasi dengan kondisi tanah yang memengaruhi respons tanah saat terjadi gempa diklasifikasikan menjadi: Kelas A (batuan keras) hingga Kelas F (tanah sangat lunak). Berdasarkan SNI 1726:2012, klasifikasi ini sangat penting untuk desain bangunan tahan gempa dan ditentukan setidaknya menggunakan dua dari tiga parameter seperti kecepatan gelombang geser (V_{s30}), uji penetrasi standar (N), atau nilai kuat geser (S_u) lapisan tanah sampai kedalaman 30 meter berdasarkan standar SNI 1726. Profil tanah pada situs harus dikelompokkan sesuai dengan Tabel 2.2

Tabel 1.1 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\overline{V_s}$ (m/detik)	N atau N_{cn}	$\overline{S_u}$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah Dengan karakteristik sebagai berikut 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser nirair $u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis repons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: • Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah		

yang mengikuti 6.10.1)	Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$)
---------------------------	--

Sumber (SNI 1726-2012, n.d.)

2.6 Kombinasi Pembebanan

Untuk pembebanan struktur acuan yang digunakan dalam analisis pembebanan ini adalah Kombinasi beban untuk desain Kekuatan berdasarkan SNI 1727:2020 sebagai berikut:

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 L_r$
- $1,2 D + 1,6 R + 0,5 W$
- $1,2 D + 1,0 W$
- $0,9 D + 1,0 W$
- $0,9 D + 1,0 E$

Dimana:

D = Beban mati

L = Beban hidup

L_r = Beban hidup atap

R = Beban hujan

W = Beban angin

E = Beban gempa

2.7 Faktor Beban

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 0.2.1, kuat perlu U harus atau paling tidak sama dengan pengaruh macam-macam kombinasi beban terfaktor sebagai berikut:

- Bila struktur hanya menahan beban mati (D) saja, maka rumusnya adalah:

$$U = 1,4 D \quad (2-1)$$

- b. Bila beban dikombinasikan berupa beban mati D beban hidup L, maka rumusnya adalah:

$$U = 1,2 D + 1,6 L \quad (2-2)$$

2.8 Perencanaan Struktur

2.8.1 Kolom

Kolom adalah struktur yang mendukung beban dari atap, balok, dan berat sendiri yang diteruskan ke fondasi. Kolom biasanya didesain untuk menahan beban aksial tekan dan dikombinasikan dengan momen lentur biaksial. Untuk meminimalisir dimensi kolom, biasanya digunakan beton dengan kuat tekan yang tinggi (Ariani et al., 2023)

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 18.4.3.6, dalam gaya aksial yang terfaktor maksimum tidak boleh melebihi dari rumus yang telah dijadikan syarat tersebut:

$$\text{Gaya aksial } b.h. f_c' / 10 \quad (2.26)$$

Kolom juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$b \geq 300 \quad (2.27)$$

$$b/h \geq 0,4 \quad (2.28)$$

$$0,06 \geq \frac{A_s \text{ terpasang}}{b.h} \geq 0,01 \quad (2.29)$$

2.8.2 Balok

Balok adalah elemen struktur yang berfungsi menyalurkan beban ke kolom. Balok merupakan elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa beban lentur dan juga geser. Jika dilihat dari fungsi maka balok adalah bagian dari struktur dari sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen dalam menopang yang memiliki fungsi sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban (Sihombing, 2018)

Pada tahap perencanaan dimensi balok, perlu dilakukan *preliminary design* atau desain pendahuluan. Tujuannya untuk memperkirakan dimensi awal struktur, untuk mendapatkan dimensi yang efisien dan juga kuat. Dalam menentukan tinggi balok (h_{minimum}) maka digunakan tabel berikut.

Tabel 2.2 Tinggi minimum balok non prategang

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	// 16
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Sumber : SNI 2847:2019

Dalam menentukan lebar balok (b) diasumsikan sebagai berikut.

$$b = \frac{1}{2} \times h_{\text{min}} \quad (3.1)$$

2.8.3 Pelat Lantai

Pelat merupakan elemen struktur dimana beban layan bekerja. Pelat adalah elemen struktur yang akan dikenai beban layan pertama kali sebelum terdistribusi ke elemen struktur yang lain. Elmen pelat mempunyai fungsi sebagai penopang langsung beban atau tumpuan beban (Ariani et al., 2023)

Ali Asroni dalam buku Balok dan Plat Beton Bertulang (2010), yang dimaksud dengan pelat beton 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 ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, plat berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. (Mayanti & Nurmaidah, 2021)

Apabila rasio bentang pada sisi panjang dan sisi pendeknya kurang dari atau sama dengan dua ($L_y / L_x \leq 2,0$), maka itu disebut pelat dua arah. Jika rasio tersebut lebih dari dua, maka pelat itu disebut dengan pelat satu arah. Ketentuan apabila lendutan tidak diperhitungkan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5. butir 33 adalah sebagai berikut:

- a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2, maka digunakan Pasal 11.5.3. (2)
- b. Untuk α_m yang lebih besar dari 0,2 namun tidak lebih 2,0 ketebalan plat minimum harus memenuhi:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta}$$

Ketebalan pelat tidak boleh kurang dari 12 mm

- b. Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana:

l_n = Panjang bersih bentang pelat (mm)

f_y = tegangan leleh tulangan baja (MPa)

$$\beta = \frac{\text{bentang bersih terpanjang}}{\text{bentang bersih terpendek}} = \frac{l_{ny}}{l_{nx}}$$

2.9 Pengujian

2.9.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban maksimum per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh

(Tjokrodimulyo, 1996) dalam (Slamet Prayitno, Sunarmasto, 2016), maka untuk mengetahui tegangan hancur benda uji dilakukan dengan hitungan:

$$f'c: \frac{P}{A} \left(\frac{N}{mm^2} \right)$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton pada umur 28 hari (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

2.9.2 Kuat Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2019 yang mencakup tentang perhitungan kuat lentur, geser dan torsi. Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat lentur balok adalah:

$$Mn = (As \cdot fy) \times (d - 0,5a)$$

Dimana:

Mn = Momen nominal (kapasitas lentur nominal balok) (kNm)

As = Luas tulangan Tarik (mm^2 atau cm^2)

fy = Tegangan leleh baja tulangan (MPa atau N/mm^2)

d = Jarak efektif balok (mm)

a = Tinggi balok tekan ekuivalen beton (mm), yang ditentukan dengan:

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 f'cb}$$

Dimana:

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

b = Lebar balok (mm)

2.10 Pemodelan dan Aplikasi Beban Pada Struktur

(Perhitungan dan Perencanaan menggunakan SAP 2000)

SAP 2000 (Structural Analysis Program) merupakan salah satu perangkat lunak teknik sipil yang digunakan untuk pemodelan, merancang, dan menganalisis berbagai jenis struktur bangunan seperti menara,

jembatan, bangunan, dan lain sebagainya. Software ini memiliki kemampuan melakukan analisis statis dan dinamis secara komprehensif serta dapat menampilkan hasil secara visual.

SAP 2000 juga menyajikan analisis model struktur secara 2 dimensi dan 3 dimensi. Selain itu, program ini menyediakan beberapa pilihan desain seperti desain untuk struktur baja, struktur beton, atau bahkan struktur kayu yang didapatkan dari pilihan custom material yang juga disiapkan oleh software ini.

Program SAP 2000 menyediakan banyak pilihan bagi pengguna dalam menciptakan dan mengubah model desain suatu struktur serta menganalisis struktur tersebut. Semua hal tersebut dapat dilakukan melalui user interface yang sama. Keistimewaan program ini adalah kemampuan dan kelengkapannya dalam memadukan modul analisis struktur dengan modul untuk perancangan elemen struktur. Modul perancangan yang disediakan ialah untuk struktur beton dan baja (Iwan Mulyono, 2016)

Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain, yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara real time sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat (Rinaldi, 2023)

Output dari program SAP 2000 yang sudah dianalisis yang diambil adalah nilai aksial, nilai momen, gaya geser dan gaya normal, serta indikator keamanan dari warna setiap elemen struktur. Hasil tersebut dapat dilihat dari tampilan 2D atau 3D. Untuk analisis lebih lanjut, hasil tersebut juga dapat diekspor ke format lain dalam bentuk Microsoft Excel.

2.11 Penelitian Terdahulu

1. (Anggreini & Machmoed, 2024) Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel Delmare 10 Lantai Tahan Gempa Dengan Sistem Ganda Di Kota Mataram

- Menggunakan metode system ganda yang merujuk pada SNI 1726-2019
 - Dengan hasil perhitungan perencanaan, diperoleh nilai kekuatan aksial desain dari dinding struktur bernilai 247500 kN, lebih besar dibandingkan dengan gaya aksial akibat beban yang terjadi pada dinding struktur yaitu 2659,06 kN. Kekuatan desain aksial dinding struktur telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019.
2. (Nasrullah et al., 2022) Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Kombinasi Antara Pusat Berbelanja dan Rumah Susun Dengan Sistem Pemikul Gaya Lateral Dinding Geser Beton Bertulang Khusus di Doyo Baru, Kabupaten Jayapura.
- Dengan system pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus berdasarkan SNI 03-2847-2019 dan SNI 1726-2019
 - Hasil pemodelan struktur gedung 5 lantai kombinasi fungsi sebagai pusat perbelanjaan dan tempat tinggal dengan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus yang dianalisis dengan aplikasi ETABS menunjukkan perilaku yang memenuhi persyaratan dalam SNI 1726:2019, dengan rencana dinding geser beton bertulang khusus yang mampu menahan 100% beban lateral serta sistem rangka yang hanya menahan beban gravitasi. Perhitungan struktur gedung 5 lantai tersebut dengan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus merujuk pada SNI 2847:2019 Pasal 18.10 tentang dinding struktural khusus.
3. (Medriosa & Wirahadi Kusuma Wau, 2023) Analisis Struktur Gedung DPRD Kota Bukittinggi Menggunakan SNI Beton Bertulang 2847:2019 dan SNI Gempa 1726:2019
- Menggunakan system Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
 - Dengan hasil perhitungan sesuai prosedur yang dilakukan dengan metode SRPMK, penampang balok, kolom, dan pelat lantai memenuhi syarat SRPMK.

- Hasil pemodelan SAP 2000 untuk drift ratio dinyatakan aman.
4. (Wardana et al., 2024) Perencanaan Struktur Gedung Delapan Lantai Rumah Sakit Awal Bros, Batu Aji, Kota Batam.
 - Menggunakan 2 perhitungan analisis, yaitu perhitungan manual dan konvensional. Dengan metode Sistem Rangka Pemikul Beban Khusus (SRPMK)
 - Hasilnya, perhitungan analisis kolom menggunakan software lebih boros dibandingkan dengan perhitungan konvensional, dan untuk analisis balok menggunakan software lebih boros dibandingkan dengan konvensional, dan analisis pelat lantai menggunakan software lebih ekonomis dibandingkan dengan perhitungan konvensional.
 5. (Puspa & Machmoed, 2023) Perencanaan Struktur Gedung Apartemen “Niscala” Beton Bertulang 10 Lantai Dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Surabaya
 - Dengan menggunakan metode sistem ganda dan dinding geser (SDS)
 - Dengan hasil, gaya-gaya yang bekerja pada bangunan yang dapat ditahan oleh gaya geser lebih kecil 75% untuk SRPMK dibandingkan dengan 25%. Maka perencanaan ini sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.8. Nilai simpang antarlantai yang terjadi kurang dari nilai simpangan yang diperbolehkan. Nilai simpangan antarlantai yang diperbolehkan adalah 80 mm pada setiap lantainya. Sesuai dengan SNI 1726:2019 Pasal 7.12.1. Tebal dinding struktur yang direncanakan adalah 30 cm dengan menggunakan 2 lapis tulangan, menggunakan tulangan vertikal berdiameter 22 mm sebanyak 40 tulangan.
 6. (Khoir et al., 2024) Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Mal Pelayanan Publik Tahan Gempa Di Kabupaten Melawi
 - Dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

- Dengan hasil perhitungan pelat dengan ketebalan 12 cm dengan tulangan D10-200 untuk atap dan dak, tebal 15 cm dengan tulangan D10-250 untuk pit lift, tebal 20 cm dengan tulangan D10-200. Balok induk dan bordes dengan dimensi 30 x 50 cm dengan tulangan tumpuan atas 4D16 dan bawah 2D16, tulangan lapangan atas 2D16 dan bawah 3D16, begel tumpuan dan lapangan $\varnothing 10 - 200$. Balok anak dan lift 25 x 40 cm dengan tulangan tumpuan atas 2D16 dan bawah 2D16, begel tumpuan $\varnothing 10 - 150$ dan begel lapangan $\varnothing 10 - 200$. Kolom utama dan pedestal berdimensi 50 x 50 cm dengan tulangan pokok 12D19 dan begel $\varnothing 10 - 200$. Pondasi menggunakan *pile cape* berukuran 150 x 150 x 150 cm dengan 4 tiang pancang berukuran 30 x 30 cm pada kedalaman 14,4 m.
7. (Irawan & Machmoed, 2024) Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Perkantoran Dira 10 Lantai Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Di Kabupaten Ende
- Dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
 - Dengan hasil analisis yang telah dilakukan, kontrol pendetailan untuk balok SRPMK telah memenuhi persyaratan sesuai dengan Pasal 18.7 SNI 2847:2019. Struktur gedung ini dapat menahan gaya gempa yang terjadi. Struktur gedung perkantoran DIRA ini dapat menahan gaya geser yang terjadi pada joint yang terkekang 4 balok dan 3 atau 2 balok. Kontrol *Strong Column Weak Beam* (SCWB) telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019 Pasal 18.7.3.2. Rencana kolom kuat dengan kapasitas kolom lebih besar dari 1,2 kali kapasitas balok telah terpenuhi, sehingga jika terjadi gaya gempa, keruntuhan bangunan akibat simpangan antarlantai telah diminimalkan.
8. (Freitas & Siswoyo, 2021) Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Royal Paradise Dengan Konstruksi Beton Bertulang Menggunakan Metode Srpkm Di Kota Bandung

- Dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
 - Dengan hasil perhitungan yang didapatkan, yaitu simpangan antarlantai gedung sebesar 15,354 mm, lebih kecil dari simpangan gedung tingkat yang diizinkan, yaitu sebesar 61,54 mm, sesuai dengan standar SNI 1726:2021 Pasal 7.12.1.1. Persyaratan strong column weak beam untuk kuat lentur kolom sebesar 1783,07 kNm $\geq$ 1414,64 kNm. Memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2 dan sesuai dengan Pasal 21.7.4.1 HBK pada kolom tengah dan tepi yang terkekang, V_n tidak boleh lebih besar dari nilai ketetapan dengan besarnya tegangan geser nominal joint V_n 4 balok adalah $\phi V_n = 3696,07 \text{ kN} > V_{x-x} = 2188,69 \text{ kN}$ dan V_n 3 atau 2 balok, $gV_n = 2608,99 \text{ kN} > V_{x-x} = 1359,04 \text{ kN}$.
9. (Risnandar & Ryanto, 2022) Desain Dan Analisis Struktur Tahan Gempa Beton Bertulang Elemen Balok Dan Kolom Pada Gedung Bertingkat 10 Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Berdasarkan Sni 2847- 2019 & 1726-2019
- Dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
 - Dengan hasil faktor keutamaan gempa, parameter percepatan spektra desain $S_{ds} = 0,669$ dan $S_{d1} = 0,508$ didapati kategori desain seismik $R = 8$, $C_d = 5,5$ dan $\gamma_o = 3$ yang digunakan dalam desain SRPMK. Terdapat kontrol nilai akhir respons spektrum $V_{dinamik}$ arah x sebesar 3012,68 kN dan y sebesar 3012,68 kN serta V_{statik} arah x sebesar 3012,68 kN dan arah y sebesar 3012,68 kN. Hasil analisis struktur menunjukkan bahwa struktur telah memenuhi syarat.
10. (Suranto et al., 2024) Evaluasi Ketentuan Keamanan Model Struktur dan Level Kinerja dari Bangunan Beton Bertulang Eksisting Akibat Beban Gempa
- Dengan menggunakan analisis pushover

- Hasil pemeriksaan simpangan antartingkat, pengaruh P-delta ketidakberaturan struktur dan Strong Column-Weak Beam (SC-WB) menunjukkan bahwa semua hasil memenuhi syarat. Hasil dari analisis pushover pada arah x menunjukkan bahwa terjadinya sendi plastis dimulai pada step 3 dan berakhir pada step 26. Sedangkan pada arah y menunjukkan bahwa terjadinya sendi plastis dimulai pada step 2 dan berakhir pada step 20. Hasil superposisi performance point terhadap kinerja struktur berdasarkan ASCE 41-13 NSP didapat bahwa level kinerja struktur termasuk pada kategori Immediate Occupancy (IO). Sedangkan berdasarkan FEMA-440, didapat rasio simpangan total maksimum pada arah x sebesar 0,0078 dan pada arah y sebesar 0,0080, di mana angka-angka ini menunjukkan level kinerja struktur. Berdasarkan ketentuan ATC-40, bangunan eksisting yang ditinjau termasuk dalam kategori Immediate Occupancy.

11. (Ampangallo et al., 2023) Alternatif Perencanaan Gedung Perpustakaan Kabupaten Tana Toraja Dengan Menggunakan Portal Baja

- Dengan menggunakan struktur portal baja
- Hasil perencanaan yang diperoleh untuk kolom lantai menggunakan profil H beam 400 x 400 x 45 x 70 dan H beam 400 x 400 x 18 x 28. Balok induk menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18. Balok anak menggunakan profil WF 450 x 300 x 11 x 18. Sambungan kolom dengan balok induk menggunakan baut 16 mm sebanyak 16 buah per sisi, dan sambungan kolom dengan balok anak menggunakan baut 16 mm sebanyak 14 buah per sisi badan sambung dengan menggunakan pelat sambung tebal 15 mm, dan sambungan las untuk pelat sambung menggunakan las elektroda E7014 (fuw) dengan tebal efektif 7 mm.