

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Building Information Modeling (BIM)*

Building Information Modelling (BIM) merupakan salah satu bagian dari perkembangan teknologi dan informasi AEC (*Architectural, Engineering, Construction*). *Building Information Modelling (BIM)* adalah suatu metode yang menciptakan dan memproses data – data proyek, mulai dari perencanaan hingga pemeliharaan menggunakan *software* yang terintegrasi dan divisualisasikan dalam model 3D *real-time*. *Building Information Modelling (BIM)* dapat memfasilitasi komunikasi semua pihak yang terlibat pada seluruh fase secara *real-time* sehingga setiap perubahan yang terjadi pada setiap fase dapat diketahui (Putera, 2022). Penggunaan *Building Information Modelling (BIM)* juga dapat mendeteksi terjadinya kesalahan pada saat perencanaan maupun pelaksanaan konstruksi (Gunawan dkk, 2021).

Seiring perkembangan waktu, BIM (*Building Information Modelling*) tidak hanya diterapkan pada perencanaan 3D, tetapi juga dapat menghasilkan output dalam bentuk 4D, 5D, 6D, sampai 7D. Klasifikasi BIM (*Building Information Modelling*) 2D adalah pemodelan desain dalam bentuk sketsa pada lembar kerja, 3D merupakan visualisasi model bangunan yang dapat diamati secara menyeluruh, 4D berisi informasi untuk merencanakan penjadwalan proyek, 5D merupakan estimasi biaya pembangunan, 6D adalah analisis performa bangunan dan 7D meliputi informasi mengenai manajemen bangunan.



Gambar 2. 1 Kategori BIM

Sumber: (Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM, 2018)

2.2. Software *Building Information Modelling*

2.2.1 SAP2000

Salah satu aplikasi yang umum dipakai pada proses analisa struktur gedung adalah *SAP2000*. Perencanaan konstruksi membutuhkan analisa yang teliti dan akurat sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan. Penggunaan *SAP2000* dapat memudahkan perencana dalam rencana dan analisa struktur sebab *software* ini menawarkan fitur yang beragam dan terperinci. Program ini dapat memberikan solusi untuk memperbaiki desain sehingga memenuhi standar dan menghasilkan struktur yang lebih efisien (M Nur Sholeh, 2022).

2.2.2 Autodesk Revit

Penggunaan BIM (*Building Information Modelling*) sebagai metode untuk memproses data – data proyek memerlukan *software* yang terintegrasi. *Autodesk Revit* adalah aplikasi yang umum digunakan dalam *Building Information Modeling* (BIM) dan memiliki fungsi untuk memodelkan bangunan seperti struktur, arsitektur maupun Mekanikal Elektrikal & *Plumbing* (MEP) dalam bentuk 3 (tiga) dimensi. Penggunaan *Autodesk Revit* mampu menghasilkan volume detail pekerjaan. Hasil volume tiap komponen pekerjaan digunakan dalam proses perancangan anggaran biaya dalam bentuk file *Microsoft Excel*.

2.2.3 Microsoft Project

Pelaksanaan proyek konstruksi membutuhkan pengendalian waktu maupun sumber daya yang tepat. *Microsoft Project* merupakan *software* dari *microsoft* yang berfungsi sebagai program untuk mengendalikan sumber daya pada pelaksanaan konstruksi, memantau perkembangan proyek, dan menganalisis pekerjaan. Untuk menetapkan jadwal yang terencana dan menghindari masalah pemenuhan sumber daya di lapangan, alokasi sumber daya sangat penting bagi aktivitas proyek (Isnubroto dkk, 2021).

2.2.4 Naviswork

Navisworks adalah sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *Autodesk* yang digunakan untuk manajemen proyek dan *review* desain dalam industri

konstruksi, arsitektur, dan rekayasa. Navisworks memungkinkan pengguna untuk menggabungkan berbagai jenis *file* desain dari berbagai perangkat lunak CAD (seperti *AutoCAD*, *Revit*, dan lainnya) menjadi satu model yang utuh. Ini mempermudah kolaborasi antar tim dalam proyek besar dan kompleks.

2.3. Pembebanan

Tahap perencanaan struktur bangunan merupakan faktor penting yang diawali dengan menghitung beban yang terdapat di struktur. Beban yang bekerja di struktur perlu dirancang dengan baik sesuai peraturan yang berlaku agar dapat menghasilkan struktur yang kokoh. Terdapat macam – macam beban yang terjadi pada struktur seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

2.3.1 Beban Mati

Beban seluruh material konstruksi yang berada dalam bangunan, meliputi dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi permanen, pelapis bangunan, serta elemen arsitektur maupun struktur, disebut sebagai beban mati dalam SNI 1727:2020 pasal 3.1.1. Beban satuan material ditinjau berdasarkan volume elemen untuk menentukan besarnya beban mati suatu elemen (Arief Saputra dkk, 2020). Berat material bangunan itu sendiri dalam PPIUG 1983 diatur dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. 1 . Kategori Jenis Beban Mati

Jenis Beban Mati	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
Adukan dari semen (/cm tebal)	21 kg/m ²

Sumber : (PPIUG 1983)

2.3.2 Beban Gempa

A. Kategori Risiko Bangunan

Ketentuan Tabel 3 SNI 1726:2019 dapat dijadikan acuan untuk Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa.

Tabel 2. 2 Kategori Risiko Bangunan Tahan Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 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.	III
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Sumber: (SNI 1726:2019)

B. Faktor Keutamaan Gempa (Ie)

Setelah menentukan Risiko Bangunan, selanjutnya dapat ditentukan nilai

Faktor Keutamaan Gempa pada Tabel 4 SNI 1726:2019.

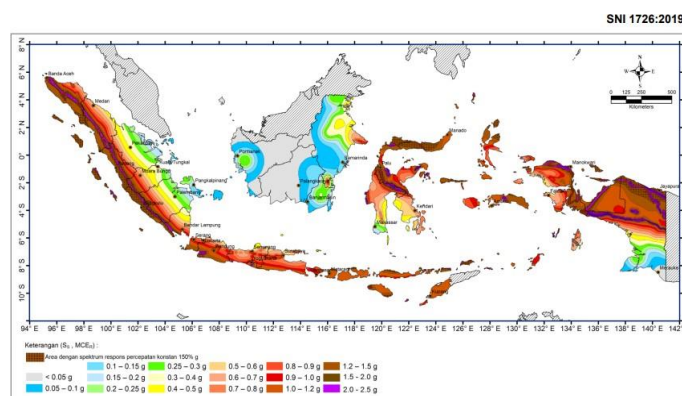
Tabel 2. 3 Faktor Keutamaan Gempa, I_e

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

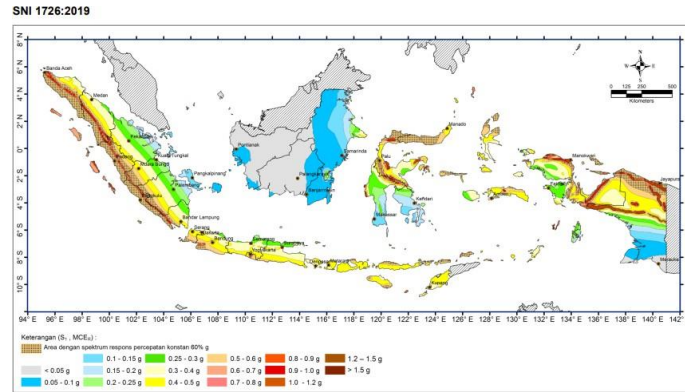
Sumber : (SNI 1726:2019)

C. Respons Spektral

Gambar 15 dan 16 pada peraturan SNI 1726:2019 digunakan untuk menetapkan parameter spektrum respons. Nilai ini kemudian diselaraskan dengan tingkatan situs guna memperoleh koefisien nilai situs pada Tabel 6 dan 7 yang tertera di SNI.



Gambar 2. 2 Peta nilai (S_s)
Sumber : (SNI 1726-2019)



Gambar 2. 3 Peta Nilai S_1

Sumber : (SNI 1726: 2019)

Tabel 2. 4 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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	$SS^{(a)}$					

Sumber : (SNI 1726: 2019)

Tabel 2. 5 Koefisitas Situs, F_v

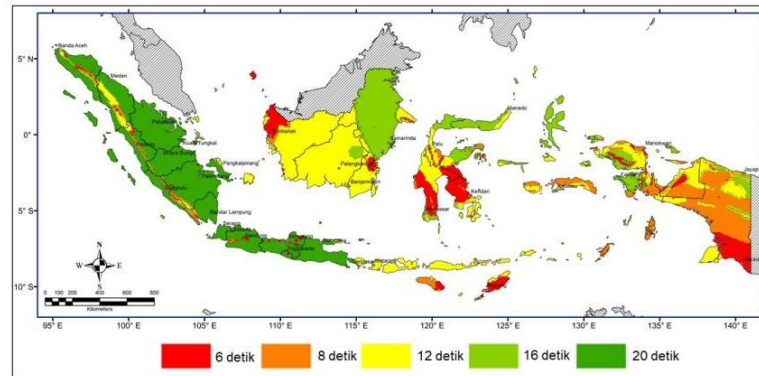
Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5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

Sumber: (SNI 1726-2019)

D. Koefisien Spektrum Desain

Percepatan *spectral design* dan spektrum desain respons didapatkan berlandasan Pasal 6 peraturan SNI 1726:2019, yang dimana transisi periode panjang (TL) digambarkan pada peta dibawah ini.

SNI 1726:2019



Gambar 2. 4 Peta Transisi Periode Panjang (TL)

Sumber : (SNI 1726:2019)

E. Klasifikasi Desain Seismik

Nilai respon percepatan periode pendek S_{DS} , S_1 menjadi parameter yang dapat menentukan kategori desain seismik yang berada pada tabel 2.7 Klasifikasi Desain Seismik Berdasarkan S_{ps} .

Tabel 2. 6 Klasifikasi Desain Seismik S_{ps}

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

Sumber: (SNI 1726: 2019)

Tabel 2. 7 Klasifikasi Desain Seismik 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

Sumber : (SNI 1726: 2019)

F. Kategori Desain Seismik

Desain seismik berdasarkan Pasal 7.2 mengatur tentang sistem struktur gaya seismik dengan beragam faktor, kemudian sistem gaya seismik ditentukan dengan Tabel 12 pada SNI 1726: 2019. Pasal 7.8 SNI 1726: 2019 mengatur

tentang prosedur gaya lateral ekivalen sebagai berikut:

Tabel 2.8 Klasifikasi nilai C_u

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

Sumber : (SNI 1726: 2019)

Tabel 2.9 Nilai C_1 dan x

Tipe struktur	C_1	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : (SNI 1726: 2019)

2.3.3 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang diterima oleh suatu struktur bangunan akibat penggunaan atau aktivitas yang terjadi di dalam bangunan tersebut. Beban ini bersifat sementara dan dapat berubah seiring waktu, seperti beban yang ditimbulkan oleh orang, perabotan, kendaraan (untuk bangunan dengan area parkir), atau barang-barang lainnya yang dapat dipindahkan. Beban yang dipakai pada tugas akhir ini didasarkan pada SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983.

Tabel 2. 10. Jenis dan Berat Beban Hidup

Jenis Beban Hidup	Besar Beban
Lantai sekolah, ruang kuliah, asrama, toko, hotel, dan rumah sakit	250 kg/m ²
Tangga, bordes tangga	500 kg/m ²
Lantai ruang – ruang untuk pertemuan	400 kg/m ²
Lantai ruang pelengkap	500 kg/m ²
Koridor	500 kg/m ²

Sumber : (PPIUG 1983)

2.4. Kombinasi Pembebanan

Untuk kombinasi beban harus mencakup seluruh beban yang terdapat dalam bangunan gedung. Kombinasi beban ini digunakan berdasar pada Tabel 5.3.1.

Tabel 2. 11 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Beban	Beban Utama
$U = 1,4D$	D
$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$	L
$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$	Lr atau R
$U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$	W
$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$	E
$U = 0,9D + 1,0W$	W
$U = 0,9D + 1,0E$	E

Sumber: (SNI 2847:2019)

Keterangan :

D = *Dead load*

L = *Live load*

E = *Earthquake load*

W = *Wind load*

R = *Rain load*

S_{DS} = Parameter percepatan *response spectrum* periode pendek

U = *Required Strength*

8.3.2.3 Kombinasi beban dengan faktor kuat lebih

Jika pengaruh beban seismik dengan kuat lebih, E_m , yang didefinisikan dalam 0 dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya yang ditetapkan dalam pasal 0, kombinasi beban seismik berikut untuk struktur yang tidak dikenai beban banjir harus digunakan sebagai pengganti dari kombinasi beban seismik dalam 0 atau 0.

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan dengan faktor kuat lebih (lihat 0 dan pasal 0 untuk notasi):

5. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + E_{mh} + L$

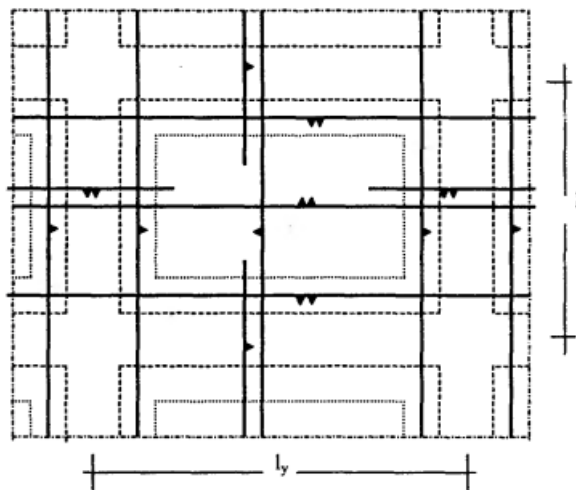
7. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + E_{mh}$

Gambar 2. 5 Koefisien Kombinasi Beban Gempa

Sumber : (SNI 2847: 2019, halaman 102)

2.5. Preliminary Design Pelat

Pelat lantai merupakan elemen struktur horizontal yang berfungsi untuk meneruskan beban hidup dan beban mati ke rangka penopang vertikal dalam sistem struktur bangunan (Aulia Sidqi, 2020). Sistem pelat lantai terbagi menjadi dua jenis, yaitu pelat lantai dengan tulangan utama satu arah, yang disebut pelat lantai satu arah (*one way slab*), dan pelat lantai dengan tulangan utama dua arah, yang disebut pelat lantai dua arah (*two way slab*). Perencanaan pelat lantai mengacu pada SNI 2847:2019.



Gambar 2.6 Pelat Tulangan Pokok Dua Arah

Sumber: (Asroni, 2010)

Berdasarkan SNI 2847:2019, pelat dua arah (*two-way slab*) merupakan elemen struktural yang bersifat monolit dengan jarak antar rusuk yang teratur, dan pelat

bagian atas dirancang untuk menanggung beban di dua arah yang saling tegak lurus (ortogonal). Penulangan dua arah sisi pelat harus digunakan jika nilai rasio sumbu bentang panjang dengan sumbu bentang pendek kurang dari 2 atau ($\frac{L_y}{L_x} < 2$).

Pelat nonprategang tanpa balok interior yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2 ($\frac{L_y}{L_x} \leq 2$), ketebalan seluruh pelat harus lebih dari standar peraturan SNI 2847: 2019 pada Tabel 8.3.1.1.

Tabel 2. 12 Ketebalan minimal pelat dua arah nonprategang

f_y , MPa ^[2]	Tanpa <i>drop panel</i> ^[3]			Dengan <i>drop panel</i> ^[3]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi ^[4]	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

Sumber: SNI 2847: 2019 pasal 8.3.1.1

Jika perbandingan bentang sumbu panjang terhadap bentang sumbu pendek lebih dari 2 ($L_y/L_x > 2$), maka pelat lantai diwajibkan mengikuti aturan yang berlaku sesuai dengan tabel yang terdapat pada SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1.2.

Tabel 2. 13 Ketebalan Minimum Pelat Dua Arah

α_{fm} ^[1]	h minimum, mm	
$\alpha_{fm} \leq 0,2$	8.3.1.1 berlaku	
$0,2 < \alpha_{fm} \leq 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$ (b) ^{[2],[3]}
		125 (c)
$\alpha_{fm} > 2,0$	Terbesar dari:	$\frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$ (d) ^{[2],[3]}
		90 (e)

Sumber: (SNI 2847:2019)

Keterangan:

f_y = kekuatan tulangan leleh

h = Tebal Pelat

ℓ_n = Panjang bentang bersih

β = Rasio panjang bentang bersih terhadap bentang memendek

α_{fm} = Nilai rata-rata pada balok yang berada di tepi

α = Rasio perbandingan kekuatan lentur penampang balok pada kekakuan lentur pelat yang memiliki lebar terbatas secara lateral.

2.6. Preliminary Design Balok

Balok adalah elemen struktur yang berfungsi untuk menopang lantai, mengikat kolom lantai atas, serta bertindak sebagai rangka penguat horizontal bangunan terhadap beban. Pada balok dengan bentang sederhana yang menahan beban, akan timbul momen lentur yang menyebabkan balok mengalami deformasi lentur (regangan). Deformasi ini menghasilkan tegangan yang harus ditanggung oleh balok tersebut. (Munawar, 2020). Pada setiap bagian balok yang mengalami momen lentur, akan timbul regangan tarik pada sisi bawah balok dan regangan tekan pada sisi atas balok.

Persyaratan dimensi penampang balok dalam Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ditetapkan dalam SNI 2847:2019. Tiga syarat utama yang harus terpenuhi untuk dimensi balok, yaitu:

1. Nilai Bentang bersih (ℓ_n) harus sekurang-kurangnya $4d$ ($\ell_n \geq 4d$).
2. Lebar penampang (b_w), harus lebih dari nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm
($b_w \geq 0,3h$ dan 250 mm).
3. Proyeksi lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari C_2 (Lebar bagian depan kolom yang bersentuhan dengan balok) dan $0,75C_1$ (sejajar dengan bentang balok) pada setiap kolom ($b \leq C_2$ dan $0,75C_1$).

2.7. Penulangan Lentur Balok

Pada ketentuan SNI 2847: 2019 pasal 18.6 mengatur metode perancangan tulangan lentur balok dengan batasan berikut:

1. Penulangan lentur balok minimal mempunyai batang tulangan menerus pada sisi atas maupun sisi bawah pada penampang sebanyak 2 batang ($A_s \geq \frac{\sqrt{f_c}}{4f_y} b_w d$ dan $A_s \geq \frac{1,4}{f_y} b_w d$).
2. Rasio tulangan (ρ) harus kurang dari 0,025 untuk tulangan atas dan bawah ($\rho = \frac{A_s}{bd} \leq 0,025$).
3. Kekuatan momen positif pada muka joint harus lebih dari setengah kekuatan momen negatif pada muka joint tersebut.
4. Kekuatan momen negatif dan positif pada penampang sembarang di sepanjang bentang komponen struktur harus minimal seperempat dari kekuatan momen maksimum pada muka kedua joint.

2.8. Penulangan Transversal Balok

Pemasangan tulangan geser dipasang guna untuk menahan gaya gempa lateral dan gaya geser. Tulangan geser diikat diluar tulangan utama untuk mencegah terjadinya tekuk berlebihan serta memberikan penguatan pada beton di dalam kolom. Tulangan geser berperan dalam mencegah kerusakan beton pada penampang inti kolom. Peraturan batasan perencanaan tulangan geser balok sesuai ketentuan SNI 2847: 2019 pasal 18.6.4 sebagai berikut:

1. Pada balok, tulangan sengkang harus dipasang di daerah berikut:
 - a. Di kedua ujung balok, sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok yang diukur dari muka kolom penumpu ke arah tengah bentang.
 - b. Pada kedua sisi suatu penampang, sepanjang jarak yang sama dengan dua kali tinggi balok, dimana pelelehan lentur dimungkinkan terjadi sebagai akibat deformasi lateral.

2. Jarak sengkang minimal memiliki nilai dari batas terkecil:
 - a. $d/4$
 - b. 6 db
 - c. 150 mm
3. Jika tulangan sengkang tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujungnya harus dipasang dengan jarak $\leq d/2$ sepanjang bentang balok.

2.9. Preliminary Design Kolom

Kolom adalah struktur utama yang berperan penting dari suatu bangunan dan memiliki fungsi untuk meneruskan beban aksial hingga menuju pondasi. Secara struktur kolom menerima beban vertikal yang besar, selain itu harus mampu menahan beban horizontal momen akibat terjadinya eksentrisitas pembebanan (Yolanda, 2020). SNI 2847: 2019 pasal 18.7.1.1 mengatur mengenai kriteria kolom SRPMK sebagai berikut:

- a. Dimensi penampang terkecil, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, harus minimal dari 300 mm ($b \geq 300$ mm).
- b. Rasio dimensi penampang terkecil terhadap dimensi tegak lurusnya harus minimal dari 0,4 ($\frac{b}{h} \leq 0,4$).

2.10. Penulangan Longitudinal Kolom

Perencanaan penulangan longitudinal kolom diatur pada pasal 18.7.4 peraturan SNI 2847: 2019 yang berbunyi:

1. Luas tulangan longitudinal kolom tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak boleh lebih dari $0,06A_g$ ($0,01 \leq A_{st} \leq 0,06$).
2. Kolom bulat yang mempunyai sengkang spiral, jumlah batang tulangan harus longitudinal ≥ 6 .

2.11. Penulangan Transversal Kolom

Perencanaan tulangan transversal kolom ditetapkan dalam SNI 2847: 2019 pasal 18.7.5. Pemasangan tulangan transversal dipasang sepanjang ℓ_o pada daerah sendi plastis yang diambil dari nilai terbesar dari:

1. Tinggi balok pada penampang dimana pelemahan lentur bisa terjadi.
2. $1/6$ tinggi kolom ($\frac{1}{6} h$).
3. 450 mm

Spasi tulangan transversal kolom diatur dalam SNI 2847:2019 pasal 18.7.5.3 yang berbunyi:

1. Seperempat dimensi terkecil penampang kolom ($\frac{b}{4}$).
2. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil (6 db).
3. S_o yang dihitung dengan:

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right),$$

Nilai S_o harus kurang dari 150 mm dan lebih dari 100 mm ($100 \text{ mm} \leq S_o \leq 150 \text{ mm}$).

2.12. Perencanaan Struktur Bawah

Struktur bawah pada Gedung Pusat Terpadu RSUD Sidoarjo berupa pondasi tiang pancang dan *pile cap*. Penggunaan struktur bawah memiliki fungsi untuk menahan beban dari struktur atas lalu disalurkan menuju kedalam tanah keras. Tujuan pemasangan *pile cap* adalah untuk memastikan kolom terletak tepat di titik pusat pondasi, sehingga dapat mencegah eksentrisitas yang dapat menambah beban pada pondasi. (Gopas Sinaga, 2020). Peraturan SNI 2847: 2019 pasal 13.4.2 mengatur tentang perencanaan *pile cap* sebagai berikut:

1. Perencanaan tebal seluruh *pile cap* harus mencapai tinggi efektif tulangan bawah ≥ 300 mm.
2. Reaksi pada setiap tiang yang diasumsikan terkonsentrasi pada titik pusat penampang tiang harus diizinkan untuk menghitung gaya geser dan momen terfaktor.
3. *Pile cap* didesain se-efektif mungkin sehingga untuk pondasi satu arah (a) dan pondasi dua arah (b) terpenuhi:
 - a. $\phi V_n \geq V_u$, dimana V_n dihitung pada pasal 22.5 untuk geser satu arah, V_u harus dihitung pada pasal 13.4.2.5, dan ϕ harus sesuai pada pasal 21.2.
 - b. $\phi V_n \geq V_u$, dimana V_n dihitung pada pasal 22.6 untuk geser dua arah, V_u harus dihitung pada ketentuan pasal 13.4.2.5, dan ϕ harus sesuai pada pasal 21.2.

2.13. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) merupakan analisis harga pada suatu jenis pekerjaan yang berisi biaya bahan dan material, biaya tenaga kerja, dan biaya alat (Era Fasira, 2022). Angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan upah tenaga kerja, nilai satuan bahan atau material, dan nilai satuan alat digunakan sebagai acuan merencanakan biaya satuan pekerjaan dan memiliki pengaruh terhadap analisis harga satuan pekerjaan (Dea Melani, 2021). Analisis harga satuan pekerjaan menjadi acuan dalam menyusun anggaran biaya suatu proyek.

2.14. Harga Satuan Pekerjaan

Menurut B.F. Sompie (2014), harga satuan pekerjaan merupakan biaya untuk jenis pekerjaan tertentu yang ditentukan berdasarkan spesifikasi tenaga kerja, perlengkapan, dan mesin yang dibutuhkan untuk proyek tersebut. Hasil analisis harga satuan pekerjaan digunakan guna menentukan harga satuan pekerjaan. Dalam menentukan HSP, hasil analisis tersebut akan dijadikan sebagai harga dasar pekerjaan dalam penyusunan estimasi biaya.

2.15. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan proses menghitung total seluruh pekerjaan dalam satu satuan. Volume pekerjaan atau kubikasi disusun sistematis secara pengelompokan dimulai dari pekerjaan persiapan hingga pekerjaan MEP (*Mechanical, Electrical, dan Plumbing*) (Addin Hanif, 2019). Perencanaan volume pekerjaan bertujuan untuk mendapati banyaknya biaya yang akan diperlukan pada pelaksanaan proyek.

2.16. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah rancangan anggaran biaya secara rinci yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pembangunan dan memuat rincian anggaran berupa upah pekerja, biaya material, dan alat yang akan digunakan (Patty Patrick dkk, 2022). Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki tujuan untuk mengetahui harga item pekerjaan sebagai acuan pengeluaran selama periode pelaksanaan (Nurcholid Syawaldi, 2020). Rencana Anggaran Biaya (RAB) memiliki fungsi sebagai alat kontrol untuk memantau pengeluaran terhadap identifikasi kelebihan biaya (*overcost*) dalam pelaksanaan proyek.

2.17. Detail Engineering Design (DED)

Detail Engineering Design (DED) merupakan hasil perancangan yang dihasilkan konsultan perencana berupa gambar desain yang mencakup pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, dan pekerjaan Mekanikal, Elektrikal, dan *Plumbing* (MEP). maupun tata lingkungan. Menurut Kementerian PUPR (2018), “semakin teliti dan matang gambarnya, semakin mudah pengerjaannya dan mempercepat penyelesaian proyek pembangunan”.

2.18. Penelitian Terdahulu

Tabel berikut berisi beberapa jurnal yang telah melakukan *redesign* pada *Building Information Modeling* (BIM):

No	Tahun	Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	2023	Nabila Alsa Fernanda dan Rendi Dwi Pratama	Perancangan dan Analisis Struktur SPRMK Gedung PT. Ferron Pharmaceuticals Cikarang dengan Integrasi BIM (<i>Building Information Modelling</i>).	Merencanakan sistem struktur SPRMK yang efektif dan memanfaatkan sistem BIM hingga 5D.	Metode Penelitian Pengumpulan data, Analisa data dan eksperimen.	Seluruh struktur yang direncanakan dinyatakan aman yang diketahui dari pembebanan dan analisis memanfaatkan aplikasi <i>SAP 2000</i> . Pemodelan 3d menggunakan <i>Autodesk Revit</i> .
2.	2023	Adam Rizky Christiandava dan Adelia Azzahra	<i>Redesign</i> Struktur Gedung <i>Head Office Awann Group</i> Berdasarkan Integrasi BIM <i>Autodesk</i> Melalui <i>Revit</i> , <i>Naviswork</i> , dan <i>SAP2000</i> .	Membuat suatu permodelan struktur dengan menggunakan <i>software</i> yang telah terintegrasi <i>Building Information Modelling</i> (BIM).	Metode Penelitian Pengumpulan data, Analisa data dan eksperimen.	Analisa struktur dari <i>redesign</i> struktur 5 lantai ini menghasilkan rekapitulasi tulangan yang kemudian dimodelkan secara 3d menggunakan aplikasi <i>revit</i> , Setelah dimodelkan dilakukan penjabaran RAB menggunakan <i>excel</i> dan penjadwalan menggunakan <i>project</i> lalu diintegrasikan menggunakan <i>Naviswork</i> .
3.	2024	Dendi Ahmad Dzaky dan Citra Anindya Larasati	Optimalisasi Desain Struktur Gedung <i>Interdisciplinary Engineering</i> (IDE) – Fakultas Teknik Universitas Indonesia Dengan Memanfaatkan <i>Building Information Modelling</i> (BIM).	Membuat permodelan struktur gedung 8 lantai dengan memanfaatkan teknologi <i>Building Information Modelling</i> hingga 5D.	Metode Penelitian Pengumpulan data, Analisa data dan eksperimen.	Dalam perencanaan ini diperoleh struktur yang aman dan sudah sesuai dengan persyaratan. Terdapat perbedaan penelitian terdahulu dengan perencanaan penulis yaitu terdapat kurva <i>manpower</i> .

4.	2023	Fajar Muhammad Nabil dan Muhammad Ramadhan Tegar Bagaskoro	Penerapanan Sistem <i>Building Information Modelling</i> (BIM) Pada <i>Redesign</i> Gedung Terpadu Psikologi Olahraga Universitas Negeri Surabaya.	Membuat permodelan struktur menggunakan sistem <i>Building Information Modelling</i> (BIM) hingga 5D.	Metode Penelitian Pengumpulan data, Analisa dan eksperimen.	<i>Redesign</i> struktur ini menghasilkan permodelan 3d dan perhitungan RAB sebesar Rp. 27.956.570.000. Selain perhitungan RAB terdapat juga penjadwalan menggunakan <i>Ms.Project</i> dengan hasil selama 27 minggu. Perbedaan perencanaan ini dengan perencanaan penulis adalah analisa struktur perencanaan ini menggunakan <i>Tekla Structures</i> .
5.	2019	Deden Prasetyo, Najifati Sekar Pujaningtyas , dan Agung Kristiawan,	Analisis Perencanaan Struktur Gedung Lab <i>School</i> SMA PGRI Semarang.	Mengetahui apakah perencanaan struktur LAB <i>School</i> bagi siswa SMA PGRI Semarang mampu memikul berbagai beban – beban yang terjadi selama masa layak struktur bangunan tersebut.	Metode Penelitian Pengumpulan data, Analisa dan eksperimen.	Pada analisa struktur bangunan ini dinyatakan telah sesuai dengan peraturan Departemen Pekerjaan Umum dan SNI. Terdapat 2 jenis tipe sloof dengan menggunakan tulangan atas 8D12 dan tulangan bawah 2D12. Hasil analisa struktur atas terdapat 5 jenis dimensi kolom dan 4 jenis balok dengan menggunakan tulangan yang berbeda – beda.