

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Pendekatan probabilitas untuk sifat-sifat struktur dan kondisi pembebanan menuju ke suatu filosofi batasan desain, yang dapat diterima secara umum. Tujuan pendekatan ini yaitu untuk memastikan bahwa seluruh komponen struktur direncanakan untuk mampu menahan kelebihan beban (faktor keamanan) dan perubahan bentuk yang dapat terjadi selama masa pembangunan konstruksi maupun dalam masa penggunaan bangunan tersebut. Ruang lingkup perencanaan sebuah bangunan gedung meliputi beberapa tahapan-tahapan yaitu mulai dari tahap persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan, perhitungan struktur dan perhitungan biaya. Perencanaan sebuah konstruksi bangunan merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan bersama yang ingin dicapai (Alfian Wiranata Zebua, 2018).

Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur gedung yang berada di atas muka tanah (SNI 2002). Struktur atas ini terdiri atas kolom, pelat, balok, dinding geser dan tangga, yang masing-masing mempunyai peran (fungsi) yang sangat penting dan berbedabeda di dalam sebuah struktur (Reffanda Kurniawan, 2016).

Dalam satu dekade terakhir terdapat peningkatan perhatian pemantauan kesehatan terhadap struktur bangunan sipil, terutama dalam hal bangunan yang ada seperti gedung, tempat intervensi perkuatan diharuskan untuk menjamin keamanan

dalam kurun waktu rencana (Mariella Diaferio, Vincenzo Sepe, dan Gabrielle Belizzoti, 2019).

B. Landasan Teori

1) Pembebanan

Dalam merencanakan struktur suatu bangunan bertingkat, digunakan struktur yang mampu mendukung berat sendiri, gaya angin, beban hidup maupun beban khusus yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Beban-beban yang bekerja pada struktur dihitung menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987 (PPIUG 1987), beban - beban tersebut adalah:

a. Beban Mati (DL)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin - mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung itu. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung adalah :

➤ Bahan Bangunan:

1. Beton Bertulang 2400 kg/m³
2. Pasir Basah..... 1800 kg/m³
3. Pasir Kering 1000 kg/m³
4. Beton Biasa (Spesi)..... 2200 kg/m³

➤ Komponen Gedung:

1. Dinding pasangan bata merah setengah batu 250 kg/m³
2. Langit-langit dan Dinding
 - Semen Asbes (Eternit) tebal maksimum 4 mm.....11 kg/m²

- Kaca, (Tebal 3-4 mm) 10 kg/m²
- 3. Penutup atap genteng dengan reng dan usuk....50 kg/m²
- 4. Penutup lantai dari tegel, keramik dan beton (tanpa adukan) per cm tebal
..... 24 kg/m²
- 5. Adukan semen per cm tebal..... 21 kg/m²

b. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk beban - beban pada lantai yang berasal dari barang - barang yang dapat berpindah, mesin - mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan (PPIUG 1983). Beban hidup yang bekerja pada bangunan ini disesuaikan dengan rencana fungsi bangunan tersebut. Beban hidup untuk bangunan gedung rumah tinggal ini terdiri dari:

- Beban atap..... 100 kg/m²
- Beban tangga dan bordes 300 kg/m²
- Beban lantai untuk rumah tinggal 250 kg/m²

c. Beban Hujan (RL)

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 8.3, Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban semua air hujan yang terkumpul apabila system draenase untuk bagian tersebut tertutup dan ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air. Setiap bagian dari suatu atap harus didesain mampu

menahan beban dari semua air hujan, dalam perencanaan ini diambil kemiringan atap $\alpha = 35^\circ$. Rumus yang digunakan,

1.) Rumus Beban Hujan (RL)

$$RL = 40 - 0,8 \times \alpha$$

Keterangan:

- RL = Beban Hujan (kg/m^2)
- α = Kemiringan Atap ($^\circ$)

Jika $RL > 20 \text{ kg/m}^2$ maka RL yang digunakan adalah sebesar 20 kg/m^2 .

d. Beban Angin (WL)

Beban angin merupakan beban yang diakibatkan oleh faktor lingkungan yaitu akibat angin. Adapun langkah-langkah perencanaan perhitungan beban angin berdasarkan SNI 03-1727-2013 dengan rumus:

2.) Rumus Beban Angin (WL)

$$WL = 0,613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times v^2 \times (G \times cpf - G \times cpi)$$

Keterangan:

- WL = Beban Angin (Kg/m^2)
- Kz = Koefisien Eksposur Tekanan Velositas
- Kzt = Koefisien Faktor Pengaruh Topografi
- Kd = Koefisien Faktor Pengaruh Arah Angin
- v = Kecepatan Angin Dasar (m/s)
- G = Koefisien Faktor Efek Tiupan Angin
- cpf = Koefisien Tekanan Internal
- cpi = Koefisien Tekanan Eksternal

➤ Penentuan Kategori Eksposur (Kz)



Gambar 2.1 Kategori Eksposur

Sumber: Isandre Fajarrachman, ST., M.Si.

Keterangan Gambar:

- Eksposur A merupakan daerah perkotaan dengan banyak gedung-gedung tinggi.
- Eksposur B merupakan daerah perkotaan dan pinggiran kota
- Eksposur C merupakan daerah medan terbuka dengan bandara udara penghalang, daerah yang umumnya datar.

Tabel 2.1 Hubungan Z dan Kz.

Ketinggian dari Atas Tanah (Z)		Eksposur (Kz)		
Ft	m	A	B	C
0-15	0-4,6	0,19	0,57	0,85
20	6,1	0,24	0,62	0,90
25	7,6	0,28	0,66	0,94
30	9,1	0,32	0,70	0,98
40	12,2	0,38	0,76	1,04
50	15,2	0,43	0,81	1,09
60	18	0,47	0,85	1,13
70	21,3	0,51	0,89	1,17
80	24,4	0,55	0,93	1,21
90	27,4	0,58	0,96	1,24
100	30,5	0,61	0,99	1,26
120	36,6	0,66	1,04	1,31
140	42,7	0,71	1,09	1,36
160	48,8	0,75	1,13	1,39
180	54,9	0,79	1,17	1,43

200	61	0,82	1,20	1,46
250	76,2	0,90	1,28	1,53
300	91,4	0,97	1,35	1,59
350	106,7	1,03	1,41	1,64
400	121,9	1,09	1,47	1,69
450	137,2	1,14	1,52	1,73
500	152,4	1,18	1,56	1,77

Sumber: Isandre Fajarrachman, 2015

Perencanaan rumah tinggal dua lantai di Kelurahan Dukuhwaluh, Kecamatan Kembaran, Kabupaten Banyumas termasuk pada eksposur B pada daerah perkotaan dan pinggiran kota.

➤ Penentuan Faktor Topografi (Kzt)

Dalam SNI pasal 26.8.2 03-1727:2013 dijelaskan bahwa faktor topografi mempengaruhi efek peningkatan kecepatan angin, hal ini dimasukkan dalam perhitungan beban angin dengan menggunakan faktor Kzt. Jika kondisi situs dan lokasi rumah dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan maka $Kzt = 1,0$.

➤ Penentuan Faktor Arah Angin (Kd) **Tabel 2.2** Faktor Arah Angin, Kd.

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (Kd)
Bangunan Gedung	
* Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
* Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
* Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
* Segi empat	0,90
* Segi enam	0,95
* Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang Menara	
* Segitiga, Segi empat, Persegi Panjang	0,85
* Penampang lainnya	0,95

Sumber: SNI 03-1727-2013

➤ Penentuan Kecepatan Angin Dasar (v)

Kecepatan angin dasar digunakan dalam menentukan nilai beban angin yang terjadi pada bangunan rumah, kecepatan angin dasar pada Kelurahan Dukuhwaluh, Kecamatan Kembaran, Kabupaten Banyumas adalah sebesar 15 km/jam atau 4,2 m/s (*BMKG Banyumas, 2020*).

➤ Penentuan Faktor Tiupan Angin (G)

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 untuk bangunan kaku dan struktur lainnya, factor efek tiupan angin di ambil sebesar 0,85.

➤ Penentuan Koefisien Tekanan Eksternal (cpf) dan Koefisien Tekanan Internal (cpi)

Tabel 2.3 Nilai cpi dan cpf

Klasifikasi Ketertutupan	(cpi)	(cpf)
Bangunan gedung terbuka	0	0
Bangunan gedung tertutup sebagian	+0,55 -0,55	+1,17 -1,17
Bangunan gedung tertutup	+0,18 -0,18	+0,80 -0,80

Sumber: Isandre Fajarrachman, 2015

Untuk perencanaan bangunan rumah tinggal dua lantai termasuk kedalam kategori bangunan gedung tertutup.

e. Beban Gempa (EL)

Beban gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak-balik yang tidak bersifat terus – menerus bekerja pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada struktur bangunan kayu (Yudha

Briansyah, 2019). Besarnya beban gempa tergantung dari beberapa factor, yaitu:

- Massa Struktur.
- Kekakuan Struktur.
- Waktu getar ukur.
- Kondisi tanah dasar.
- Wilayah gempa dimana bangunan tersebut didirikan.

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada SNI 03-1726-2012 yaitu tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, dengan tahapan sebagai berikut:

- (I) Menentukan kategori resiko struktur bangunan dan faktor keutamaan. Berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2012 disebutkan bahwa gedung rumah tinggal dengan kategori resiko II dengan nilai factor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1,0.
- (II) Menentukan kelas situs. Getaran yang disebabkan oleh gempa cenderung membesar pada tanah lunak dibandingkan pada tanah keras atau batuan. Proses penentuan klasifikasi tanah tersebut berdasarkan data tanah pada kedalaman 30 m, karena menurut penelitian hanya lapisan-lapisan tanah yang mencapai kedalaman 30 m dapat menentukan pembesaran gelombang gempa. Data tanah tersebut adalah *Shear wave velocity* (kecepatan rambat gelombang geser), *standard penetration resistance* (uji penetrasi standard SPT). Dari hasil uji penetrasi standard SPT jenis tanah yang teridentifikasi adalah tanah keras, sangat padat dan batuan lunak. Sehingga

berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 5.3 jenis tanah tersebut termasuk kedalam klasifikasi kelas situs SC.

- (III) Menentukan parameter percepatan gempa. Parameter percepatan gempa dapat diketahui secara detail melalui situs online Dinas PU di link:

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

- (IV) Menentukan koefisien situs dan parameter Respons Spectra percepatan gempa berdasarkan *website*:

http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/

didapatkan nilai spektrum percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1})

- (V) Menentukan *spectrum respon desain*. Penentuan respons spektrum desain berdasarkan *website* resmi dinas PU pada link:

http://puskim.pu.go.id//Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/.

- (VI) Menentukan kategori desain seismik. Penentuan kategori desain seismik (KDS) berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desain sesuai dengan table 6 dan table 7 SNI Gempa 03-1726-2012 pasal 6.5 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Hubungan S_{DS} dan Kategori Risiko (Tabel 6)

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
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

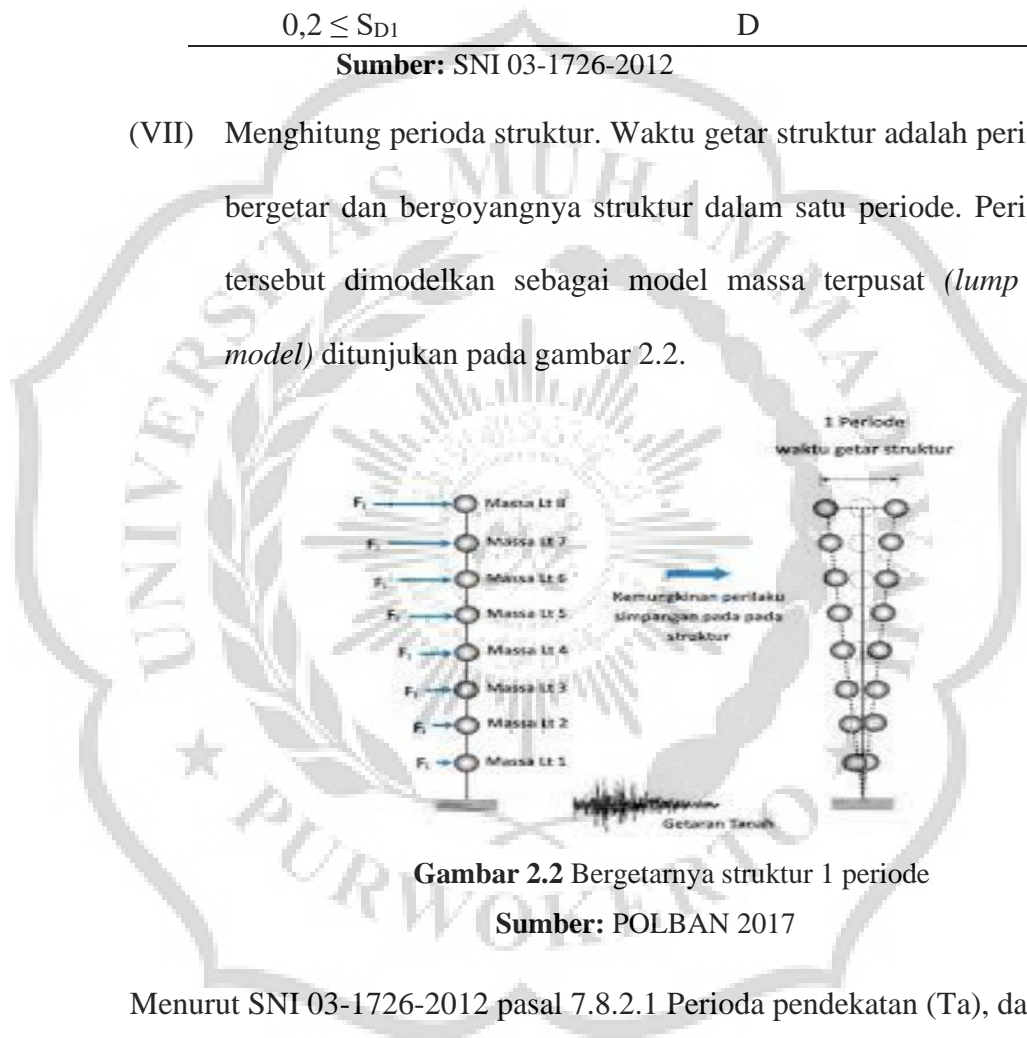
Sumber: SNI 03-1726-2012

Tabel 2.5 Hubungan S_{D1} dan Kategori Risiko (Tabel 7)

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
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 03-1726-2012

(VII) Menghitung perioda struktur. Waktu getar struktur adalah peristiwa bergetar dan bergoyangnya struktur dalam satu periode. Peristiwa tersebut dimodelkan sebagai model massa terpusat (*lump pass model*) ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Bergetarnya struktur 1 periode

Sumber: POLBAN 2017

Menurut SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1 Periode pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Dimana:

h_n = ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai tingkat struktur; C_t dan x ditentukan sesuai SNI Gempa 03-1726-2012 tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Nilai parameter pendekatan untuk Ct dan x

Tipe Struktur	Ct	X
Sistem rangka pemikul momen dimana 100% gaya gempa yang tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
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 03-1726-2012

f. Kombinasi Pembebanan

Dalam mendesain suatu struktur perlu diperhitungkan terhadap kemungkinan terjadinya kombinasi pembebanan dan beberapa kasus beban yang dapat bekerja bersamaan pada suatu struktur. Menurut SNI 03-1727-2013 menjelaskan bahwa ada beberapa kombinasi yaitu:

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

Dimana:

- D: Beban mati (dead load), meliputi berat sendiri gedung (*self weight, SW*) dan beban mati tambahan (D).

- L: Beban hidup (live load) dengan fungsi bangunan rumah tinggal dua lantai.
- Lr: Beban hidup yang boleh direduksi dengan faktor pengali 0,5 kecuali untuk gedung yang berfungsi sebagai garasi, ruang pertemuan.
- R: Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan karena dalam perencanaan ini menggunakan $\alpha = 35^\circ$.
- W: Beban angin merupakan beban yang diakibatkan oleh factor lingkungan yaitu berupa angin.
- E: Beban gempa (*Earthquake Load*), ditinjau terhadap gempa dinamik respons spektrum (RSPx, RSPy).

Kombinasi Pembebanan yang dipilih adalah yang memberikan pengaruh paling besar pada struktur.

2) Perhitungan Desain Struktur.

a) Perencanaan Plat Lantai dan Plat Atap

Plat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Hal yang membedakan perencanaan plat atap dengan plat lantai adalah beban-beban yang bekerja, beban-beban yang bekerja pada plat atap lebih kecil sehingga ketebalan plat atap lebih tipis dibandingkan plat lantai. Plat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya. Asumsi perhitungan plat lantai dilakukan dengan menganggap bahwa setiap plat lantai dibatasi oleh balok, baik balok anak maupun balok induk.

Langkah-langkah perencanaan plat lantai meliputi:

➤ Menentukan Pembebanan

Jenis pembebanan yang bekerja pada plat lantai yaitu beban mati, beban hidup.

Beban rencana (W_u) = $1,2D + 1,6L$.

➤ Perencanaan Tulangan Plat lantai / Atap

Perencanaan penulangan plat lantai dilakukan dengan mengambil lebar plat lantai (b) sebesar 1 satuan panjang (b = 1 meter atau 1000 milimeter). Cara perhitungan tulangan pada plat lantai adalah sebagai berikut. Menentukan syarat - syarat batas dan bentang perencanaan plat lantai.

Bentang terpanjang I_y , bentang pendek I_x .

$$\beta = \frac{I_y}{I_x}$$

➤ Menentukan tebal plat lantai

Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3, rasio kekakuan lentur balok terhadap plat lantai ditentukan dengan langkah sebagai berikut:

$$(a) h_{\min} = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta}$$

$$(b) h_{\max} = \frac{In (0,8 + \frac{fy}{1400})}{36}$$

Menentukan tebal selimut beton berdasarkan SNI 03-2847-2013 untuk:

(a) $D \leq 36$ mm, $t_s = 20$ mm

(b) $D \leq 36$ mm, $t_s = 40$ mm

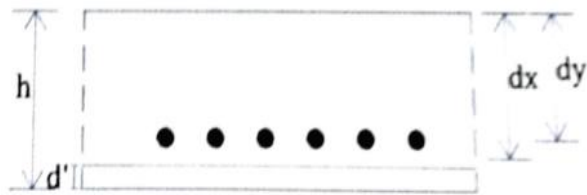
➤ Menentukan nilai momen

Nilai momen didapat dari output SAP 2000 v 22

➤ Menghitung tinggi efektif plat lantai

$$d_x = h - d' - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$d_y = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2}\emptyset$$



Gambar 2.3 Perencanaan tinggi efektif

Sumber: Yudha Briansyah 2019

- Menentukan besarnya nilai β .

$$f_c' \leq 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85 \text{ pasal } 10.2.7.3. \text{ SNI } 03-2847-2013$$

$$f_c' > 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85 - 0,008 (f_c' - 30)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \beta 1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

- Menentukan besarnya rasio penulangan minimum dan maksimum.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

- Menentukan tulangan pokok daerah lapangan dan tumpuan

Faktor tahanan momen

$$M_n = \frac{Mu}{\emptyset}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

Rasio penulangan

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right)$$

$$R_n = \rho_b \times f_y \left[1 - \frac{1}{2} \times \rho_b \times m \right]$$

Jika $R_n < R_{maks}$, maka digunakan tulangan tunggal

Rasio penulangan

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

Luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d_x$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan

$$n = A_{st} / A_{besi}$$

Analisis kapasitas lentur penulangan:

Tinggi balok regangan

$$a = \left(\frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

Momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

Kontrol kekakuan

$$\phi M_n \geq M_u$$

Jarak tulangan dalam 1 meter

$$\text{Tinjauan 1 m / Jumlah tulangan}$$

Jarak maksimum tulangan

$$2 \times h$$

b) Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat. Tangga terdiri dari anak tangga dan plat tangga (Bordes).

- Dalam merencanakan tangga prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut:
 - Menentukan jumlah antrede dan optrede
 - Menentukan kemiringan tangga

➤ Pembebanan tangga

Beban yang bekerja pada struktur tangga meliputi beban mati dan beban hidup.

Distribusi beban yang bekerja pada elemen tangga merupakan beban yang terjadi pada tangga dan bordes.

- Perencanaan tulangan plat tangga dan plat bordes

Penulangan plat tangga direncanakan arah X dan Y. (arah X menggunakan M11 dan arah Y menggunakan M22)

(1) Tinggi efektif plat bordes (d)

$$d_x = h - d' - \frac{1}{2} \emptyset$$

$$d_y = h - d' - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset$$

(2) Momen nominal

$$M11 = Mu$$

$$Mn = \frac{Mu}{\emptyset}$$

(3) Rasio penulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot dx^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn \times m}{f_y}} \right)$$

Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai ρ_{\min} .

(4) Kebutuhan tulangan

$$A_{st} = \rho_{\min} \times b \times d$$

Luas satu tulangan

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Analisis kapasitas lentur penulangan:

Tinggi balok regangan

$$a = \left(\frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

Momen nominal

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

Kontrol kekakuan

$$\phi M_n \geq M_u$$

Jarak tulangan dalam 1 meter

Tinjauan 1 m / Jumlah tulangan

Jarak maksimum tulangan

$$2 \times h$$

c) Perencanaan Balok

Prinsip perencanaan balok SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.1.1 sebagai berikut:

- Bentang bersih balok

Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi

efektif elemen struktur. Tinggi efektif, $d = h - t_s - d_s - \frac{1}{2} d_{tul}$

- Rasio perbandingan Lebar dan Tinggi

Perbandingan lebar terhadap tinggi balok (b/h) tidak boleh kurang dari 0,3.

Analisa perhitungan:

- (1) Pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin.
- (2) Analisa struktur pada perencanaan balok ini menggunakan *Software* aplikasi SAP2000 v 22.
- (3) Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2013.
- (4) Menghitung penulangan balok daerah tumpuan dan lapangan.

Perhitungan tulangan lentur, gaya dalam yang bekerja pada balok yang ditinjau akibat pengaruh kombinasi beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W) dan beban gempa (E) dapat dilihat pada aplikasi SAP 2000 v 19.

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

Faktor reduksi penampang terkendali Tarik $\phi = 0,9$ kekuatan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.

- Tinggi efektif balok

$$d_x = h - t_s - d_s - \frac{1}{2} d_{tul}$$

- Rasio tulangan harus memenuhi $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, dimana (SNI 03-2847-2013 B.8.4.2):

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_{c'}}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_{c'}}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai ρ_{\min}

Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

(5) Menghitung tulangan geser

Besarnya gaya geser ultimit diambil dari output SAP 2000:

Faktor reduksi untuk geser dan torsi $\phi = 0,75$ kekuatan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 9.3.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$\phi V_c \leq V_u \text{ (perlu tulangan geser)}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c \text{ (pilih tulangan terpasang)}$$

$$V_s \text{ ada} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \text{ (pakai } V_s \text{ perlu)}$$

Jarak tulangan geser:

Tetapi jika terjadi $V_u < \phi V_c$, maka selalu dipasang tulangan geser minimum, syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2.

$$S < d/4$$

$$S < 8 \text{ db longitudinal terkecil}$$

$$S < 24 \text{ db tulangan geser}$$

$$S < 300 \text{ mm}$$

Maksimum spasi yang dipasang pada balok:

$$S_{\max} = d/2.$$

(6) Perencanaan tulangan badan

Jika dimensi balok relatif tinggi (lebih dari 400 mm) membuat risiko retak pada bagian badan semakin membesar, maka harus diberi tulangan pinggang dengan jarak antar tulangan maksimal 400 mm (*Damar Wicaksono, 2016*).

(7) Perencanaan panjang penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran adalah sebagai berikut:

➤ Panjang penyaluran tulangan momen positif

Berdasarkan SNI Beton 03-2847-2013 pasal 12.11. disebutkan bahwa tulangan harus diteruskan melampaui titik dimana tulangan tersebut sudah tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur sebesar tinggi efektif dan tidak kurang dari 12D dan tidak boleh kurang dari tinggi efektif.

➤ Panjang penyaluran tulangan momen negatif

Berdasarkan SNI Beton 03-2847-2013 pasal 12.12, panjang penyaluran tulangan momen negatif harus diperpanjang tidak kurang dari tinggi efektif, 12 D , atau 1/16 In.

d) Perencanaan Kolom.

Kolom merupakan komponen yang memiliki peran penting dalam suatu bangunan, fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi, kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup. Menurut SNI 03-2847-2013, kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari dari beban terfaktor dan momen maksimum dari bahan terfaktor pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau.

Analisa perhitungan:

- (1) Pembebanan meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban angin
- (2) Analisa struktur pada perencanaan kolom ini menggunakan *Software* aplikasi SAP 2000 v 22.
- (3) Analisa tampang menggunakan peraturan SNI 03-2847-2013.
- (4) Menghitung penulangan pada kolom

Perhitungan tulangan lentur, gaya dalam yang bekerja pada kolom yang ditinjau akibat pengaruh kombinasi beban mati (D), beban hidup (L), beban angin (W) dan beban gempa (E) dapat dilihat pada program SAP 2000 v 19.

Pu dan Mu Output dari SAP 2000 v 19

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

$$P_{n,perlu} = \frac{Pu}{\phi}$$

Faktor reduksi penampang terkendali tarik $\phi = 0,9$, Faktor penampang terkendali tekan $\phi = 0,75$.

- Tinggi efektif kolom

$$d_x = h - t_s - d_s - \frac{1}{2} d.tul$$

- Menghitung nilai eksentrisitas (e)

$$e = \frac{Mu}{P_n.perlu}$$

- Menghitung nilai Cb

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y}$$

- Menghitung nilai a untuk penampang struktur seimbang (ab)

$$ab = \beta_1 \times C_b$$

- Menghitung nilai Pnb (Gaya tekan nominal)

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b$$

$$P_{n_{perlu}} = \frac{P_u}{\phi}$$

$$P_{n_{perlu}} < P_{nb} < \text{Analisa keruntuhan Tarik}$$

- Menghitung luas tulangan (A_s)

$$A_s = 1\% \times A_g$$

- Menghitung jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\text{Luas } \emptyset \text{ tulangan}}$$

kontrol A_s ada $>$ A_s perlu

- Menghitung tulangan geser.

Besarnya gaya geser ultimit diambil dari output SAP 2000, faktor reduksi untuk geser dan torsi $\phi = 0,75$ kekuatan ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$\phi V_c \leq V_u \text{ (perlu tulangan geser)}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

$$V_s \text{ perlu} = V_u - V_c \text{ (pilih tulangan terpasang)}$$

$$V_s \text{ ada} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \text{ (pakai } V_s \text{ perlu)}$$

Jarak tulangan geser:

Tetapi jika terjadi $V_u < \phi V_c$, maka selalu dipasang tulangan geser minimum, syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2.

$$S < \frac{1}{4} \text{ cross section dimensi kolom}$$

$S < 6$ kali diameter tulangan longitudinal

Nilai S tidak boleh lebih besar dari 150 mm dan tidak boleh lebih kecil 100 mm.

e) Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan meneruskan beban yang disalurkan dari struktur oleh kolom ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat (Azwarrudin, 2008). Langkah - langkah perencanaan:

(1) Menghitung daya dukung tanah

$$\sigma_{\text{nett}} = \sigma_t - \rho_c - \rho_t$$

(2) Menghitung luasan telapak pondasi

$$A_f = \frac{P_{\text{total}}}{\sigma_{\text{nett}}}$$

(3) Menghitung dimensi telapak pondasi

$A_f' = \text{sisi} \times \text{sisi}$ (dicoba penampang persegi)

$$A_f' > A_f$$

(4) Menghitung tekanan efektif tanah

$$P_{\text{eff}} = \frac{P_u}{A}$$

(5) Kontrol gaya geser

➤ Gaya geser satu arah

$$V_u = P_{\text{eff}} \times A_{\text{cr}}$$

Kekuatan tapak menahan geser satu arah

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Kontrol kapasitas geser satu arah

$$\phi V_c > V_u$$

➤ Gaya geser dua arah

$$V_u = P_{\text{eff}} \times (A_f - A_{\text{cr}})$$

Kekuatan tapak menahan geser dua arah

$$\text{Pers 1.....} V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$\text{Pers 2.....} V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha d}{b_o} + 2\right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$\text{Pers 3.....} V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Kontrol kapasitas geser dua arah

$$\phi V_c > V_u$$

(6) Perhitungan tulangan lentur

$$M_u = \frac{P_{\text{eff}} \times b \times b \times \text{eff}^2}{2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \times \frac{0,85 f_c'}{f_y} \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y}\right)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right)$$

Jika $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka dipakai ρ_{min}

(7) Luas tulangan perlu dan susut

$$A_s = \rho b d$$

$$A \cdot \phi \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \pi \phi^2$$

$$n = \frac{A_s}{A \cdot \phi \text{ tulangan}}$$

f) Perencanaan Rangka Atap.

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung dengan metode LRFD, kombinasi Pembebanan yang digunakan adalah:

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 R$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,8 W$
- $1,2 D + 1,6 R + 0,8 W$
- $1,2 D + 1,3 W + 0,5 L$
- $1,2 D + 1,3 W + 0,5 R$

Desain rangka atap kuda-kuda menggunakan nilai sudut kemiringan sebesar 35° . Material yang digunakan adalah Baja BJ-37. Analisis struktur menggunakan aplikasi SAP 2000 v 22.