

**PERENCANAAN ALTERNATIF GEDUNG DEKANAT FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MENGGUNAKAN BALOK PRATEGANG
PARSIAL**

Ahmad Akbar Hasan¹, Devi Nuralinah², Ming Narto Wijaya³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan Mayjen Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email :Ahmad.akbar.hasan@gmail.com

ABSTRAK

Kemajuan ilmu dan teknologi berpengaruh besar dalam perkembangan Indonesia di segala aspek, terutama dalam aspek pembangunan. Pemerintah berperan aktif dalam mewujudkan pembangunan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidup manusia yang beragam. Banyaknya fasilitas yang dibangun untuk kebutuhan masyarakat menimbulkan permasalahan dalam memperoleh lahan. Lahan yang tersedia tidak bertambah, sedangkan kebutuhan manusia terus meningkat. Oleh karena itu dipilih solusi untuk menciptakan bangunan tinggi dalam mengatasi masalah tersebut. Dalam hal ini dilakukan perencanaan ulang Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang terdiri dari delapan lantai. Dalam skripsi ini terdapat modifikasi pada bagian balok. Tujuan dari perubahan balok beton bertulang biasa menjadi beton prategang parsial adalah untuk menghilangkan kolom yang berada pada tengah bangunan. Penghilangan kolom akan memberikan fleksibilitas yang lebih pada bangunan dalam pengaturan ruangan, sehingga aspek kenyamanan pengguna gedung diutamakan. Dalam analisis perhitungan skripsi ini digunakan sistem SPRMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) yang disesuaikan dengan daerah gempa lokasi gedung. Tujuan dari perencanaan ulang gedung ini adalah untuk mendapatkan nilai momen, lintang dan aksial pada analisa struktur yang sudah dimodelkan sebelumnya demi agar mendapat jumlah dan luas tulangan juga dimensi penampang yang akan digunakan untuk struktur balok dan kolom. Panjang bentang dari beton prategang parsial ini sebesar 16,2 m dengan dimensi lebar dan tingginya berturut-turut adalah 0,7 m dan 0,85 m. Menggunakan 40 Tendon Mempunyai tulangan non prategang tarik 22 D-22 dan tekan sebanyak 11 D-22 untuk kondisi tumpuan, dan tulangan non prategang tarik sebanyak 9 D-22 dan tekan sebanyak 4 D-22 untuk kondisi lapangan. Dimensi dan jumlah tendon dan tulangan non prategang ini sama untuk setiap lantai. Begitu juga untuk dimensi balok beton bertulang lainnya. Sedangkan Dimensi kolom dan jumlah tulangan untuk setiap lantai berbeda, yang bertujuan untuk efisiensi bahan. Lendutan yang dihitung melalu staadpro dan prosedur manual untuk jangka akhir sebesar 30,87 mm. Lendutan tersebut kurang dari lendutan ijin yang dihitung dari panjang bentang balok dibagi 480 sebesar 53,75 mm, sehingga balok prategang parsial ini aman terhadap lendutan. Hasil perhitungan yang didapat digunakan untuk gambar detail penulangan

Kata-Kata kunci : Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, balok prategang parsial

1.PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi sudah berkembang cukup pesat. Pertumbuhan penduduk adalah salah satu faktor yang menyebabkan kebutuhan akan ruang semakin meningkat. Karena jumlah ruang atau lahan makin terbatas, khususnya di daerah perkotaan, maka sudah tidak mungkin lagi mendirikan bangunan yang luas. Oleh karena itu, solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut adalah mendirikan bangunan tinggi.

Semakin tinggi suatu bangunan maka semakin besar efek yang diterima oleh struktur. Oleh karena itu faktor keamanan bangunan harus menjadi pertimbangan para perencana untuk menghindari kerusakan dan kegagalan bangunan. Selain faktor keutamaan, dalam perencanaan gedung juga harus mengutamakan dimensi yang efisien dan ekonomis.

Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang adalah salah satu dari sekian banyak bangunan tinggi yang berada di wilayah Malang. Tujuan didirikannya gedung ini adalah untuk menggantikan fungsi dari gedung dekanat yang lama karena sudah tidak bisa memenuhi kinerja yang dari tahun ke tahun semakin tinggi. Selain digunakan sebagai pusat administrasi fakultas teknik, gedung dekanat juga berfungsi sebagai sarana penyelenggaraan acara-acara tertentu yang bersifat formal.

Melalui pertimbangan beberapa faktor dan kesepakatan bersama dari dewan kepengurusan universitas dan tenaga ahli, gedung fakultas teknik dirancang dengan struktur beton bertulang.

Rancangan tersebut mengakibatkan terdapat banyak kolom besar ditengah denah. Kolom dengan dimensi yang besar

diakibatkan oleh beban yang diterima dari lantai 2 sampai lantai 8, yang jika dikumulatikan cukup besar. Tetapi dengan besarnya dimensi kolom tersebut tentunya akan mengurangi fleksibilitas dari gedung. Karena dengan terdapatnya kolom besar akan membatasi pembagian ruangan nantinya, sedangkan jika tidak terdapat kolom besar di tengah denah akan lebih leluasa dalam membagi ruangan dengan menyesuaikan antara luas, letak, dan fungsinya. Maka dari itu dengan mengutamakan fleksibilitas gedung, diperlukan perencanaan ulang pada gedung ini. Perencanaan tersebut harus mengutamakan fungsi dari gedung, dan masing-masing ruangan. Dengan mengurangi jumlah kolom, terutama dibagian tengah.

Struktur dengan balok prategang memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah mempunyai bentang layan yang lebih besar dari beton bertulang biasa dan mempunyai dimensi yang lebih kecil. Sehingga diharapkan apabila diterapkan pada gedung dekanat fakultas teknik Universitas Brawijaya nantinya, akan dapat mengurangi jumlah kolom pada bangunan.

Tetapi dalam perencanaan balok prategang, harus direncanakan sedetail mungkin dari segi perencanaan dan pelaksanaannya nanti. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan seperti lendutan yang berlebih, maka dalam pelaksanaannya membutuhkan tenaga ahli yang berpengalaman. Kebanyakan dari proyek-proyek yang menggunakan beton prategang, dalam mengecor dan melakukan penarikan kabel menyewa jasa dari perusahaan luar negeri, hal itu dikarenakan keterbatasan teknologi yang kita miliki.

Oleh karena itu perlu adanya perencanaan dengan desain lain di Gedung Dekanat

Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang Dengan Menggunakan Balok Beton Prategang. Dengan tujuan utama memperhatikan fleksibilitas fungsi setiap ruangnya.

2.METODE PENELITIAN

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan gambar kerja dari Tim Teknis Proyek. Gambar rencana berguna sebagai acuan untuk merencanakan gedung dalam skripsi ini.

Tahap demi tahap yang dilakukan dalam langkah-langkah perencanaan dilakukan secara sistematis dan teratur, dengan menggunakan SNI-03-2847-2002 dan peraturan SNI-1762-2012 sebagai acuan.

Pada perencanaan gedung ini beton prategang parsial akan digunakan dengan mutu:

Beton f'_c	= 40 MPa
Tulangan non-prategang f_y	= 400 MPa
Tendon diameter ½ inchi f_{pu}	= 1862 MPa (Mutu 270)

Sedangkan untuk balok dan kolom akan menggunakan mutu f'_c dan f_y yang sama dengan beton prategang.

Beban yang digunakan dalam perencanaan sistem struktur gedung ini adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Denah gedung dekanat fakultas teknik sudah disederhanakan menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga memenuhi ketentuan-ketentuan yang ada pada SNI-03-2847-2002 tentang persyaratan gedung beraturan. Sehingga karena bentuknya sudah disederhanakan menjadi gedung beraturan, analisis pada gedung ini dapat dilakukan secara statik ekuivalen. Beban gempa ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik

ekivalen, sesuai dengan persyaratan pada SNI-03-2847-2002. Sedangkan untuk mendapatkan nilai respons spektrum, faktor angka tertentu, dan peta gempa menggunakan peraturan gempa SNI-1762-2012.

Sebagian besar dalam pemerolehan Momen, gaya geser dan gaya dalam komponen struktur baik balok maupun kolom menggunakan bantuan aplikasi STAAD Pro 2008 V8i. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penggunaan program sebagian besar adalah sebagai berikut :

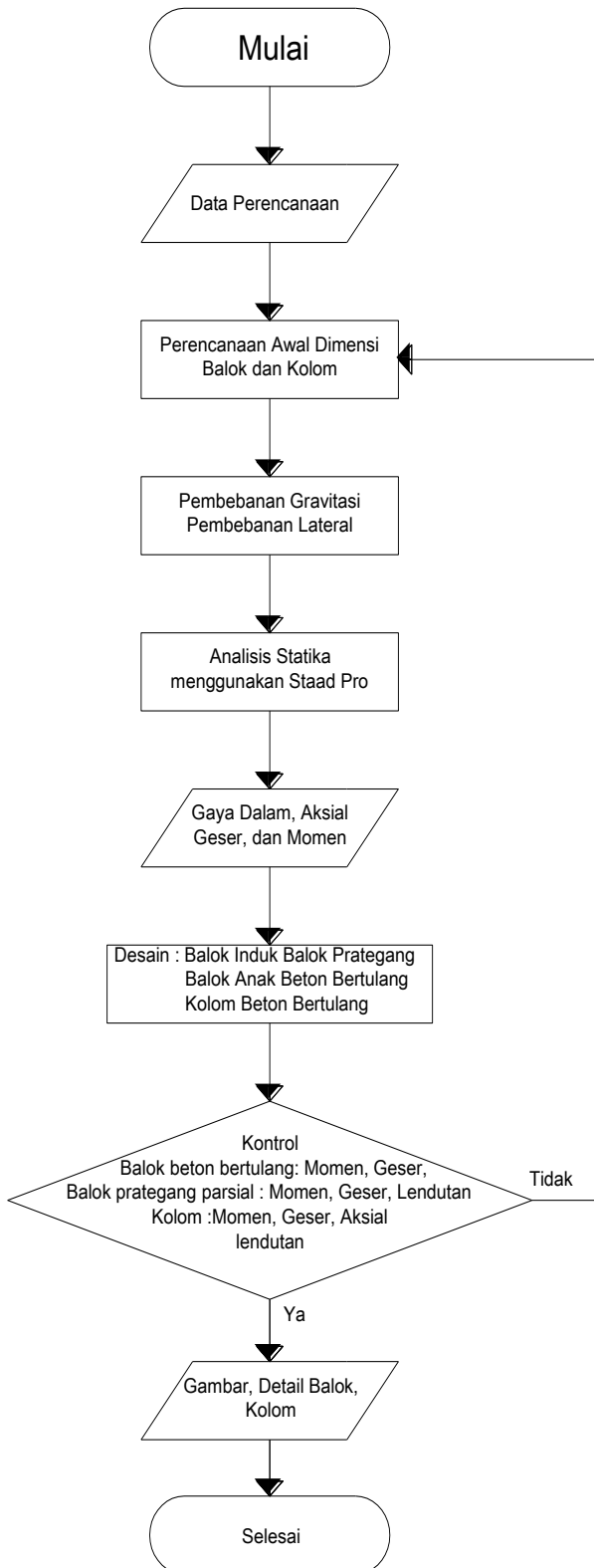
1. Pemodelan sistem struktur.
2. (*Property*) Penentuan dimensi penampang.
3. (*Support*) Penentuan tumpuan masing-masing titik.(jepit, sendi, rol)
4. (*Load and definition*) Memasukkan beban yang meliputi beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
5. (*Analysis/Print*) Mengecek apakah pada sistem struktur terjadi eror atau tidak.
6. (*Run Analysis*) Melakukan perhitungan struktur sehingga langsung dapat dilihat berapa besar masing-masing gaya pada setiap komponen struktur.

Hasil perhitungan digunakan untuk mendapatkan besaran gaya normal, gaya lintang dan momen pada masing-masing elemn struktur.

Prinsip aksi desain (R_u) harus lebih kecil dari kapasitas bahan dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan Φ (ΦR_n) atau $R_n < \Phi R_n$.

Hasil perhitungan dari desain akan dikontrol dan desainnya akan digambar, sesuai dengan dimensi dan jumlah tulangan yang dibutuhkan.

Berikut merupakan *flowchart* dari perencanaan gedung pada skripsi ini.



Gambar 1 Diagram alur perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan struktur gedung yang aman dan kuat dalam menerima beban rencana. Dimensi taksiran dan hasil desain harus tidak jauh berbeda dengan taksiran awal saat perhitungan statika. Hal ini dilakukan agar terdapat kesesuaian elemen struktur yang direncanakan dan fungsinya. Oleh karena itu setiap elemen struktur ditaksir dahulu sama dengan kebutuhan desain bangunan tersebut.

- Dimensi Balok
Balok B1 =30/50
- Dimensi Balok Prategang
BP1 =70/85
BP2 =60/75
- Dimensi Kolom
K1 =850/100
K2 =700/850
K3 =40/40

Perhitungan Massa Bangunan

Perhitungan massa bangunan per lantai digunakan sebagai beban gempa horizontal per lantai pada bangunan.

Tabel 1 Rekapitulasi massa bangunan per lantai

Tingkat	Beban Mati (Kg)	Beban Hidup (Kg)	Beban Kombinasi 1,2 D + 1,6 L (Kg)
Lantai 8	82854,93	113706,75	1105085,731
Lantai 7	128780,8	113706,75	1105085,731
Lantai 6	166185,1	113706,75	1080143,275
Lantai 5	208316,5	113706,75	1080143,275
Lantai 4	253456,1	113706,75	1080143,275
Lantai 3	300498	113706,75	1183476,307
Lantai 2	161733	113706,75	1222671,595
Total			
Gravitasi	1301825	795947,25	7856749,19

Perhitungan Spektrum Respons Desain

Pada peraturan gempa SNI-1762-2012 yang terbaru, besaran nilainya harus dicari terlebih dahulu. Tahapan perhitungannya adalah sebagai berikut:

- a. Mencari parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}), dengan asumsi nilai F_s dan F_v diambil dari kelas situs SC.

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,1 \cdot 0,75 = 0,825 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{ms} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 1,5 \cdot 0,3 = 0,45 \end{aligned}$$

- b. Menghitung parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek, S_{ds} dan periode 1 detik (S_{d1}).

$$S_{ds} = \frac{2}{3} \cdot S_{ms} = \frac{2}{3} \cdot 0,825 = 0,55$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} \cdot S_{m1} = \frac{2}{3} \cdot 0,45 = 0,3$$

- c. Menghitung koefisien respons seismik (C_s)

Koefisien respons seismik, C_s harus dengan persamaan :

$$C_{s(\text{hitung})} = \frac{S_{ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,55}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0,11$$

Keterangan

I_e : 1 (faktor keutamaan gempa untuk kategori resiko II)

R : 5 (koefisien modifikasi respons untuk dinding geser beton bertulang biasa)

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan diatas tidak boleh melebihi :

$$C_{s(\text{maks})} = \frac{S_1}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,3}{0,8 \left(\frac{5}{1}\right)} = 0,075$$

Nilai C_s yang dihitung juga tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} C_{s(\text{min})} &= 0,044 \cdot S_{ds} \cdot I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,55 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,0242 \geq 0,01 \end{aligned}$$

Jadi, nilai C_s yang diambil adalah nilai

C_s yang dihitung karena :

$C_s(\text{hitung}) \geq C_s(\text{maks})$

$0,11 \geq 0,075$, maka C_s maks yang digunakan : 0,075

Perhitungan Beban Geser Dasar Seismik Statik Ekuivalen

Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W_{tot} = 0,075 \cdot 7856749,19 \\ &= 453274,0 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Pada SNI – 1762 – 2002 disebutkan bahwa untuk perencanaan beban gempa sembarang, pembebanan gempa arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama, dengan efektifitas 30%.

$$\begin{aligned} V &= V_y \text{ total} = 100\% \cdot V_x + 30\% \\ V_y &= 1,3 V_x = 1,3 \cdot 453274,0 \\ &= 589256,2 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x) yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_i = C_{vx} \cdot V = \frac{w_i \cdot h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot h_i^k} V$$

Nilai k merupakan eksponen terkait dengan periode struktur. Nilai periode yang didapatkan pada perhitungan yang sebelumnya $T = 0,8$. Pada peraturan SNI – 1726-2012 disebutkan bahwa untuk struktur yang mempunyai periode 0,5 detik atau kurang, nilai $k = 1$.

Geser tingkat desain gaya gempa disemua tingkat (V_s) harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_i = \sum_{i=1}^n F_i$$

Tabel 2 Perhitungan distribusi gaya geser F_i dan V_i per lantai

Lt	hi	Wi	Wi hi	Cvx	Fi	Vx
8	33,8	1105085,7	37351897,7	0,24	143479,4	143479,4
7	29	1105085,7	32047486,2	0,21	123103,6	266583,0
6	24,5	1080143,3	26463510,2	0,17	101653,9	224757,5
5	20	1080143,3	21602865,5	0,14	82982,8	184636,8
4	15,5	1080143,3	16742220,8	0,11	64311,7	147294,5
3	11	1183476,3	13018239,4	0,08	50006,8	114318,5
2	5,05	1222671,6	6174491,6	0,04	23718,0	73724,8
Total			153400711	1,00		

Desain Penulangan Balok dan Kolom

Momen yang terjadi akibat beban luar harus kurang atau sama dengan kapasitas bahan dikalikan faktor reduksi kekuatannya ($M_u \leq \Phi M_n$). Perilaku material diasumsikan linear elastis, yaitu properti penampang tidak mengalami retak.

Gabungan dari seluruh kekuatan geser pada penampang beton prategang (kekuatan geser nominal atau V_n) dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan untuk geser ϕ harus lebih besar dari gaya geser terfaktor V_u , atau ($V_u \leq \phi V_n$). Dimana V_n adalah gabungan dari V_c , V_s , dan V_p . V_c merupakan kuat geser beton, sedangkan V_s merupakan kuat geser sengkang (pada beton bertulang). Sehingga $V_n = V_c + V_s$.

Kuat lentur penampang balok prategang

Hal utama dalam desain komponen struktur beton prategang adalah perhitungan tentang kekuatan lentur. Daktilitas dari setiap penampang juga harus dicek. Kriteria tentang daktilitas juga penting dalam desain penampang suatu komponen struktur karena struktur daktail akan mengalami deformasi yang panjang sebelum akhirnya mengalami keruntuhan.

Analisa dalam beton prategang parsial ini menggunakan dua cara yaitu mengasumsikan

beton merupakan penampang persegi dan penampang T, dengan lebar efektif yang dapat dihitung sesuai SNI 03-2847-2002 sebagai lebar Sayap.

Apabila tebal sayap tekan h_f lebih kecil dari pada sumbu netral c dan tinggi blok persegi panjang ekuivalen a , maka penampang dapat dipandang sebagai penampang bersayap.

Sehingga rumus momen nominal dari beton prategang parsial dengan penampang bersayap dan tulangan ganda adalah sebagai berikut :

$$M_n = A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + A'_s \times f_y \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - d' \right) + 0,85 f'_c h_f (b - b_w) \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - h_f \right)$$

Perbedaan antara lentur balok beton prategang dan beton bertulang biasa adalah pada gaya yang dihasilkan dari tendon $A_{ps} \times f_{ps}$ sebagai gaya yang menaggulangi gaya tarik dari beban yang timbul nanti.

Nilai tegangan f_{ps} baja prategang pada saat gagal tidak tersedia. Sekalipun demikian, nilai tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan keserasian regangan melalui berbagai taraf pembebanan hingga tercapainya kondisi batas kegagalan. Prosedur seperti ini diperlukan jika

Batas-batas nilai indeks penulangan juga harus menjadi parameter dalam penentuan metode perhitungan kuat lentur nominal tulangan. Karena persamaan dalam mencari perhitungan kuat lentur nominal berbeda antara beton bertulang yang bertulang lebih dan tidak.

Dalam menentukan luas minimum baja non-prategang digunakan rumus pendekatan

yaitu 0,004 A, dimana A adalah bagian dari penampang diantara muka tarik lentur dan busat berat.

Berikut merupakan contoh perhitungan desain penampang lentur prategang parsial:

Diketahui :

Kondisi Service

$$Mu.L = 2011902391 \quad \text{Nmm}$$

$$Mu.T = 4668808652 \quad \text{Nmm}$$

$$\text{Kuat Nominal yang dibutuhkan : } M_n = \frac{M_u}{\phi} =$$

$$\frac{M_u}{0,9}, \text{ sehingga :}$$

Kondisi Service

$$Mn.L = 2935447101 \quad \text{Nmm}$$

$$Mn.T = 5187565169 \text{ Nmm}$$

Penentuan penampang prarencana

$$H \text{ balok} = 0,75 \times H / 16 = 0,75 \times 16,2 / 16 = 0,759$$

$$\text{Diambil } h = 850 \text{ mm, dan } bw = 700 \text{ mm}$$

Penentuan lebar efektif (b)

Sesuai SNI – 03 – 2847 -2002 Pasal 10.10.2

$$be \leq bw + (bentang/4)$$

$$\leq 700 + (16200/4)$$

$$\leq 4750 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + (8 \times hf)$$

$$\leq 700 + (8 \times 120)$$

$$\leq 1660 \text{ mm}$$

$$be \leq bw + (Bentang/2)$$

$$\leq 700 + (5400/2)$$

$$\leq 3400 \text{ mm}$$

$$= \text{prategang}$$

Diambil nilai terkecil sehingga $b = 1660 \text{ mm}$

Direncanakan balok dengan speseifikasi sebagai berikut :

$$A_{ps} = \frac{M_n}{0,72 f_{pu} h} = \frac{5187565169}{0,72 \times 1862 \times 1200} = 4552 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas satu tendon} = 0,153 \text{ in}^2 = 98,685 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sehingga Banyak tendon} = \frac{4552}{98,685} = 46, \text{ diambil } 40$$

$$\text{Maka } A_{ps} \text{ aktual} = 40 \times 98,68 = 3947,4 \text{ mm}^2$$

$$\rho_p = \frac{A_{ps}}{b \times d_p} = \frac{3947,4}{700 \times 617,2} = 0,0091$$

Menghitung tegangan fps untuk tendon prategang

$$f_{pu} \text{ direncanakan sebesar} = 1862 \text{ MPa}$$

fpe diasumsikan 70% dari fpu,

$$\text{sehingga } f_{pe} = 0,7 f_{pu}$$

$$f_{pe} = 0,7 \times 1862 \text{ MPa} = 1303,4 \text{ MPa}$$

Diasumsikan sebagai tendon tidak terlekat, berdasarkan persamaan SNI 2002, untuk mendapatkan fps dapat digunakan rumus pendekatan sebagai berikut:

$$f_{ps} = f_{pe} + 70 + \frac{f_{c'}}{100 \rho_p} = 1303,4 + 70 + \frac{40}{100 \times 0,0091} = 1417,180 \text{ MPa}$$

Tegangan fps diatas akan digunakan dalam mendesain balok lapangan dan tumpuan.

2. Desain Lentur Tumpuan Balok Prategang Parsial

a) Penambahan tulangan non-prategang untuk kondisi tumpuan sebesar :

$$\text{Tulangan atas } A_s = 22 \text{ D-22} = 22 \times (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2) = 8358,68 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah } A_s' = 11 \text{ D-22} = 11 \times (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2) = 4179,34 \text{ mm}^2$$

b) Menghitung kapasitas Momen

Penampang dipandang sebagai persegi panjang, dan diasumsikan kedua tulangan non-prategang dan tulangan prategang sudah leleh. Sehingga persamaan a sebagai berikut :

Diketahui :

$$A_{ps} = 3947,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 8358,68 \text{ mm}^2 \text{ (diasumsikan sudah leleh)}$$

$$A_s' = 4179,34 \text{ mm}^2 \text{ (diasumsikan sudah leleh)}$$

$$f_{ps} = 1417,180 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{40} = 4,42 \text{ MPa}$$

Penampang dipandang sebagai persegi panjang bersayap

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y - A'_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f'_c (b - b_w) hf}{0,85 \cdot f'_c b}$$

$$= 176,739 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005(40 - 25) = 0,77$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{176,739}{0,77} = 229,531 \text{ mm}$$

$a > hf$, maka indeks total penulangan adalah

$$\omega_{pw} = \frac{A_p f_{ps} - 0,85 f'_c hf (b - b_w)}{b d_p f'_c}$$

$$= \frac{3947,4 \times 1417,180 - 0,85 \times 40 \times 120(1660 - 750)}{750 \times 617,2 \times 40}$$

$$= 0,0971$$

$$\omega = \frac{A_s f_y}{b_w d f'_c} = \frac{8358,68 \times 400}{750 \times 765,5 \times 40}$$

$$= 0,156$$

$$\omega' = \frac{A'_s f_y}{b_w d f'_c} = \frac{4179,34 \times 400}{750 \times 765,5 \times 40}$$

$$= 0,078$$

$$\omega_T = \omega_{pw} + \frac{d}{d_p} (\omega_w - \omega'_w)$$

$$= 0,097 + \frac{765,5}{617,2} (0,156 - 0,078)$$

$$= 0,194 < 0,36 \beta_1 = 0,36 \times 0,77 = 0,277$$

Diketahui :

$$d_p = 617,2 \text{ mm} \quad a = 176,739 \text{ mm}$$

$$d' = 84,5 \text{ mm}$$

$$d = 765,5 \text{ mm}$$

Karena $\omega_T < 0,36 \beta_1$, maka M_n adalah:

$$M_n = A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right)$$

$$+ A'_s \times f_y \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - d' \right)$$

$$+ 0,85 f'_c hf (b - b_w) \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - hf \right)$$

$$= 3947,4 \times 1417,180 \times \left(617,2 - \left(\frac{176,739}{2} \right) \right)$$

$$+ 8358,68 \times 400 \times \left(765,5 - \left(\frac{176,739}{2} \right) \right)$$

$$+ 4179,34 \times 400 \times \left(\left(\frac{176,739}{2} \right) - 84,5 \right)$$

$$+ 0,85 \times 40 \times 120 (1660 - 750)$$

$$\times \left(\left(\frac{176,739}{2} \right) - 120 \right)$$

$$= 5832,56 \text{ KNm} > M_u = 5187,565 \text{ KNm} \longrightarrow \text{OK}$$

$$M_{cr} = f_r S_b + P_e \left(e + \frac{r^2}{c_b} \right)$$

$$= 4,42 \times 84291666,667 + 5145041,16 \times$$

$$\left(192 + \frac{60208,333}{425} \right)$$

$$= 2090,327 \text{ KNm}$$

$$M_n > 1,2 M_{cr}$$

$$5832,56 \text{ KNm} > 2508,39 \text{ KNm} \longrightarrow \text{OK}$$

Kontrol Tegangan :

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,003 \left(\frac{d - c}{c} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 0,003 \left(\frac{765,5 - 229,531}{229,531} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 1401,036$$

$> 400 \text{ MPa}$ (sudah leleh sesuai asumsi)

$$f'_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 0,003 \left(\frac{229,531 - 84,5}{229,5318} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 440,544$$

$> 400 \text{ MPa}$ (sudah leleh sesuai asumsi)

c) Cek penulangan minimum

$$A_s \text{ minimum} = 0,004 A$$

Dimana A adalah luas bagian penampang di antara muka tarik dan cgc

$$A = (750 \times 850)/2 = 12538,02 \text{ mm}^2,$$

$$A_s = 8358,68 + 4179,34 = 12538,02 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ minimum} = 0,004 \times 297500 = 1190 \text{ mm}^2 < 18237 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Dengan demikian, desain :

$$A_{ps} = 40 \text{ } \varnothing \frac{1}{2}'' \text{ (tulangan tendon)}$$

$$A_s = 22 \text{ D } 22 \text{ (tulangan baja non-prategang tarik)}$$

$$A_s' = 11 \text{ D } 22 \text{ (tulangan baja non-prategang tekan)}$$

Dapat digunakan untuk penampang pada bagian tumpuan balok.

3. Desain Lentur Lapangan Balok Prategang Parsial

a) Penambahan tulangan non-prategang untuk kondisi tumpuan sebesar :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 11 \text{ D-}22 = 11 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2\right) = 4179,34 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 4 \text{ D-}22 = 4 \times \left(\frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2\right) = 1519,76 \text{ mm}^2$$

b) Menghitung kapasitas Momen

Penampang dipandang sebagai persegi panjang, dan diasumsikan kedua tulangan non-prategang dan tulangan prategang sudah leleh. Sehingga persamaan a sebagai berikut :

Diketahui :

$$A_{ps} = 3947,4 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 4179,34 \text{ mm}^2 \text{ (diasumsikan sudah leleh)}$$

$$A_s' = 1519,76 \text{ mm}^2 \text{ (diasumsikan sudah leleh)}$$

$$f_{ps} = 1417,180 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \cdot \sqrt{40} = 4,42 \text{ MPa}$$

Penampang dipandang sebagai persegi panjang bersayap

$$a = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps} + A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_y - 0,85 \cdot f'_c (b - b_w) h_f}{0,85 \cdot f'_c b} = 151,196 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005(40 - 25) = 0,77$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{151,196}{0,77} = 196,359 \text{ mm}$$

$a > h_f$, maka indeks total penulangan adalah

$$\omega_T = \omega_{pw} + \frac{d}{d_p} (\omega_w - \omega'_w)$$

$$\begin{aligned} \omega_{pw} &= \frac{A_p f_{ps} - 0,85 f'_c h_f (b - b_w)}{b d_p f'_c} \\ &= \frac{3947,4 \times 1417,180 - 0,85 \times 40 \times 120(1660 - 750)}{750 \times 617,2 \times 40} \\ &= 0,097 \end{aligned}$$

$$\omega = \frac{A_s f_y}{b w d f'_c} = \frac{4179,34 \times 400}{750 \times 765,5 \times 40} = 0,078$$

$$\omega' = \frac{A_s' f_y}{b w d f'_c} = \frac{1519,76 \times 400}{750 \times 765,5 \times 40} = 0,0284$$

$$\begin{aligned} \omega_T &= \omega_{pw} + \frac{d}{d_p} (\omega_w - \omega'_w) \\ &= 0,0971 + \frac{765,5}{617,2} (0,0780 - 0,0284) \\ &= 0,194 < (0,36 \beta_1 = 0,36 \times 0,77 = 0,277) \end{aligned}$$

Diketahui :

$$d_p = 617,2 \text{ mm}$$

$$a = 151,196 \text{ mm}$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

$$d = 765,5 \text{ mm}$$

Karena $\omega_T < 0,36 \beta_1$, maka M_n adalah

$$\begin{aligned}
M_n &= A_{ps} \times f_{ps} \times \left(dp - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + A_s \times f_y \times \left(d - \left(\frac{a}{2} \right) \right) \\
&+ A'_s \times f_y \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - d' \right) + 0,85 f'_c hf (b - bw) \times \left(\left(\frac{a}{2} \right) - hf \right) \\
&= 3947,4 \times 1417,180 \times \left(617,2 - \left(\frac{151,196}{2} \right) \right) \\
&+ 4179,34 \times 400 \times \left(765,5 - \left(\frac{151,196}{2} \right) \right) \\
&+ 1519,76 \times 400 \times \left(\left(\frac{151,196}{2} \right) - 61 \right) \\
&+ 0,85 \times 40 \times 120 (1660 - 750) \times \left(\left(\frac{151,196}{2} \right) - 120 \right) \\
&= 4717,419 \text{ KNm} > M_u = 2935,447 \text{ KNm} \\
&\longrightarrow \text{OK}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{cr} &= f_r S_b + P_e \left(e + \frac{r^2}{c_b} \right) \\
&= 4,42 \times 84291666,667 \\
&\quad + 5145041,16 \times \left(192 \right. \\
&\quad \left. + \frac{60208,333}{425} \right) \\
&= 2090,327 \text{ KNm}
\end{aligned}$$

$$M_n > 1,2 M_{cr}$$

$$2935,447 \text{ KNm} > 2508,39 \text{ KNm}$$

→ OK

Kontrol Tegangan :

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,003 \left(\frac{d - c}{c} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 0,003 \left(\frac{765,5 - 196,359}{196,359} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 1739,078$$

$$> 400 \text{ MPa (sudah leleh sesuai asumsi)}$$

$$f'_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 0,003 \left(\frac{196,359 - 61}{196,3598} \right) 2 \times 10^5$$

$$= 413,607$$

$$> 400 \text{ MPa (sudah leleh sesuai asumsi)}$$

c) Cek penulangan minimum

$$A_s \text{ minimum} = 0,004 A$$

Dimana A adalah luas bagian penampang di antara muka tarik dan cgc

$$A = (700 \times 850)/2 = 297500 \text{ mm}^2,$$

$$A_s = 4179,34 + 1519,76 = 5699,1 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ minimum} = 0,004 \times 297500 = 1990 \text{ mm}^2 < 5699,1 \text{ mm}^2 \text{ OK}$$

Dengan demikian, desain :

$$A_{ps} = 40 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{1}{2}'' \text{ (tulangan tendon)}$$

$$A_s = 11 \text{ D } 22 \text{ (tulangan baja non-prategang tarik)}$$

$$A_s' = 4 \text{ D } 22 \text{ (tulangan baja non-prategang tekan)}$$

Dapat digunakan untuk penampang pada bagian lapangan balok.

Kuat geser penampang balok prategang

Seperti pada beton bertulanga untuk menghitung kapasitas geser beton harus terlebih dahulu V_c . Perbedaan antara beton bertulang biasa dan prategang parsial adalah pada rumus V_c , rumusnya adalah

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + 5 \frac{V_u}{M_u} d \right) b_w d$$

Dalam rumus tersebut juga terdapat faktor Momen dan geser. Gaya geser kapasitas V_c Gaya geser nominal dikurangi dengan Gaya geser kapasitas ($V_n - V_c$), dan

selanjutnya dapat dilakukan perhitungan jarak antar tulangan geser dengan rumus

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Berikut merupakan perhitungan geser dari balok beton prategang parsial :

$$V_u \text{ maksimum} = 117067,3 \text{ kg}$$

$$= 1148430 \text{ N}$$

$$M_u \text{ maksimum} = 5187565169 \text{ Nmm}$$

Pemeriksaan kebutuhan tulangan geser

Syarat kebutuhan tulangan geser :

$$V_n > V_c$$

Didapat :

$$\begin{aligned} V_c &= \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + 5 \frac{V_u}{M_u} d \right) b_w d \\ &= \left(\frac{\sqrt{40}}{20} + 5 \frac{1148430}{5187565169} 765,5 \right) 750 \times 765,5 \\ &= 623496,18 \text{ N} \end{aligned}$$

$$0,4\sqrt{f'_c} b_w d \geq V_c \geq \left(\frac{1}{6} \right) \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$\begin{aligned} 0,4\sqrt{40} 750 765,5 &\geq 623496,18 \text{ N} \\ &\geq \left(\frac{1}{6} \right) \sqrt{40} 750 765,5 \end{aligned}$$

$$564835,49 \text{ N} > 623496,18 \text{ N} >$$

$$1355605,2 \text{ N} \rightarrow \text{OK}$$

Sehingga dipakai $V_c = 623496,18 \text{ N}$

$\phi = 0,6$ (Faktor reduksi untuk geser)

$$\int V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{1148430}{0,6} = 1914050 \text{ N}$$

$$V_n = 1914050 \text{ N} > V_c = 623496,18 \text{ N}$$

Perlu Tulangan Geser

$$V_s = V_n - V_c = 1914050 - 623496,18 \text{ N}$$

$$= 1290554 \text{ N}$$

$$\frac{X1}{8100} = \frac{1290554}{1914050}$$

$$X1 = 5,5 \text{ mm} \approx 5500 \text{ mm}$$

$$X1 = 8100 - 5500 = 2600 \text{ mm}$$

Sesuai dengan SK SNI-1991 pasal 3.4.5 (6 (2)) bila digunakan tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur maka :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \Rightarrow S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Dimana A_v adalah luas tulangan geser yang berada dalam rentang jarak S

Digunakan sengkang $\emptyset 10 \text{ mm} \Rightarrow A_v = 1,57 \text{ cm}^2$ (2 kaki).

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{1,57 \cdot 2400 \cdot 765,5}{1290554} = 50 \text{ mm}$$

digunakan tulangan geser $\emptyset 10 - 50$

Jarak $X1 = 550 \text{ cm}$, sengkang yang digunakan adalah $\emptyset 10 - 50$ (2 kaki)

Jarak $X2 = 260 \text{ cm}$, sengkang yang digunakan adalah $\emptyset 10 - 100$ (2 kaki)

Lendutan komponen prategang

Menurut waktu terjadinya lendutan pada balok beton prategang dibagi menjadi dua, yaitu lendutan jangka pendek dan panjang. Lendutan jangka panjang akibat susut dan rangkai dipengaruhi oleh campuran beton, ukuran dari komponen struktur, kelembaban, suhu sekeliling, besarnya gaya prategang dan lain-lain.

Saat awal dimana beton prategang ditarik, maka akan menimbulkan lendutan ke atas yang nantinya akan digunakan untuk melawan lendutan ke bawah. Lendutan keatas tersebut dipengaruhi gaya aksial tendon, dan eksentrisitas. Lendutan keatas (Lawan lendut) bisa dihitung melalui pendekatan menggunakan persamaan:

$$\delta \uparrow = \frac{P_i e_c l^2}{8 E I} + \frac{P_i (e_c - e_e) l^2}{24 E I}$$

Sedangkan untuk keadaan akhir dan jangka panjang, gaya aksial tendon di ganti menjadi P_e (tegangan efektif) dari tendon sehingga menghasilkan persamaan :

$$\delta \uparrow = \frac{P_e e_c l^2}{8 EI} + \frac{P_e (e_c - e_e) l^2}{24 EI}$$

Dimana P_i merupakan tegangan awal, P_e merupakan tegangan efektif, e_c adalah eksentrisitas pada penampang tumpuan dan e_e adalah eksentrisitas pada penampang lapangan.

Pendimensian awal penampang balok dilakukan disamping dari pengalaman, referensi dari komponen beton bertulang dapat digunakan SNI 2002 menetapkan tebal minimum balok non-prategang bila lendutan tidak dihitung dan tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.

- L/16 untuk balok dengan dua tumpuan sederhana.
- L/18,5 untuk balok dengan satu ujung menerus.
- L/21 untuk balok dengan kedua ujung menerus.

L/8 untuk balok kantilever Perhitungan lawan lendut di tengah bentang pada saat transfer

$$\begin{aligned} \delta \uparrow &= \frac{P_i e_c l^2}{8 EI} + \frac{P_i (e_c - e_e) l^2}{24 EI} \\ &= \frac{6431301,45 \times 192,2 \times 16200^2}{8 \times 29725,41 \times 35823958333} \\ &+ \frac{6431301,45 (192,2 - (-192,2)) 16200^2}{24 \times 29725,41 \times 35823958333} \\ &= 63,465 \text{ mm (keatas)} \end{aligned}$$

Sehingga lendutan transfer adalah :

$$\begin{aligned} \delta &= -63,465 \text{ mm (keatas)} + 22,725 \text{ mm} \\ &= -40,741 \text{ mm (keatas)} \end{aligned}$$

Perhitungan lawan lendut di tengah bentang pada saat servis

$$\delta \uparrow = \frac{P_e e_c l^2}{8 EI} + \frac{P_e (e_c - e_e) l^2}{24 EI}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{5145041,16 \times 192,2 \times 16200^2}{8 \times 29725,41 \times 35823958333} \\ &+ \frac{5145041,16 \times (192,2 - (-192,2)) \times 16200^2}{24 \times 29725,41 \times 35823958333} \\ &= 50,773 \text{ mm (keatas)} \end{aligned}$$

Sehingga lendutan akhir adalah :

$$\begin{aligned} \delta &= -50,773 \text{ mm (keatas)} + 30,87 \text{ mm} \\ &= -19,9026 \text{ mm (ke atas)} \end{aligned}$$

Lendutan ijin = $L/480 = 16200/480 = 33,75$ mm (SNI-03-2847-2002(Tabel 9))

Lendutan transfer = $-40,741 < 33,75$ mm

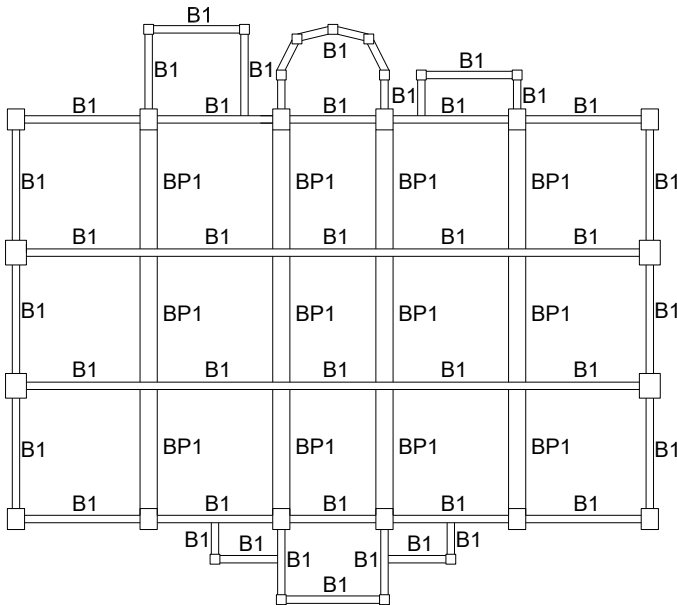
—————> **OK**

Lendutan akhir = $-19,9026 < 33,75$ mm

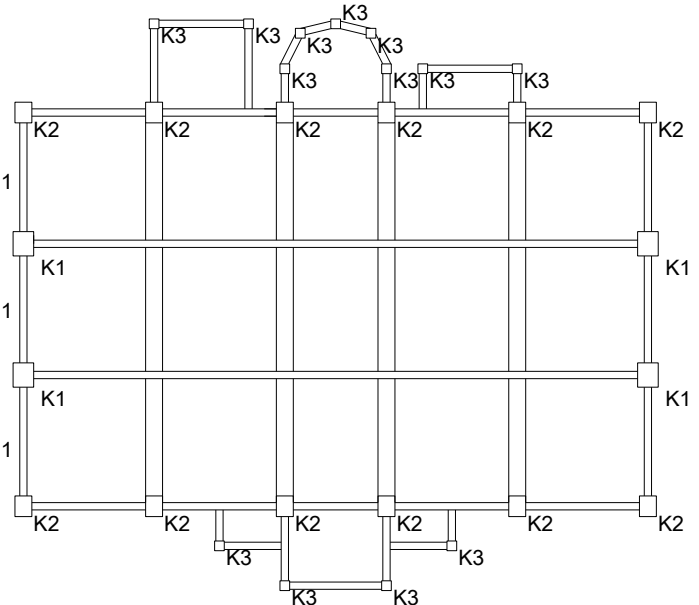
—————> **OK**

Sehingga penampang dan tendon yang digunakan aman untuk lendutan.

Selain dari komponen balok prategang parsial, perencanaan dari semua komponen struktur komponen non-prategang meliputi desain lentur dan geser baik kolom maupun kolom. Berikut merupakan hasil perencanaan balok dan kolom.



Gambar 2 Denah rencana balok



Gambar 3 Denah rencana kolom

Tabel 3 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur tumpuan balok non-prategang

Balok	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	d (mm)	Mu (kgm)	As' (cm ²)	As (cm ²)	Tulangan Tarik (cm ²)	Tulangan Tekan (cm ²)
B1	300	500	64,5	408,5	55758,42	9,18	45,89	8 D- 29	2 D- 29
B2	300	500	59,5	418,5	9337,90	1,39	6,930274	4 D- 19	2 D- 19

Tabel 4 Rekapitulasi kebutuhan tulangan lentur lapangan balok non-prategang

Balok	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	d (mm)	Muz (kgm)	As' (cm ²)	As (cm ²)	Tulangan Bawah (cm ²)	Tulangan Atas (cm ²)
B1	300	500	64,5	408,5	36123,78	28,69	12,70	4 D- 29	2 D- 29
B2	300	500	59,5	418,5	4691,40	3,46	5,73	4 D- 19	2 D- 19

Tabel 5 Rekapitulasi kebutuhan tulangan geser lapangan balok non-prategang

Balok	b (mm)	h (mm)	d' (mm)	d (mm)	Vu (kg)	X1	X2
B1	300	500	64,5	408,5	30748,23	∅ 10 - 50	∅ 10 - 100
B2	300	500	59,5	418,5	13795,9	∅ 8 - 150	∅ 8 - 200

Tabel 6 Rekapitulasi tulangan tumpuan Balok Prategang Parsial

Balok Prategang Parsial	Dimensi		d'	d	Mu	Luas Tulangan			Tulangan		
	b	h				As'	As	Aps	Tekan	Tarik	Tendon
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	kgm	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 2- 7	700	850	61	765,5	528803,8	41,8	83,6	39,5	11 D- 22	22 D- 22	40 ∅ - 12,7
Atap (Ring)	600	750	61	689	220701,3	15,2	34,2	7,9	4 D- 22	9 D- 22	8 ∅ - 12,7

Tabel 7 Rekapitulasi tulangan tumpuan Balok Prategang Parsial

Balok Prategang Parsial	Dimensi		d'	d	Mu	Luas Tulangan			Tulangan		
	b	h				As'	As	Aps	Tekan	Tarik	Tendon
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	kgm	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(mm)	(mm)	(mm)
Lantai 2- 7	700	850	61	765,5	227874,3	15,2	41,8	39,5	4 D - 22	11 D - 22	40 Ø - 12,7
Atap (Ring)	600	750	61	689	122744,0	7,6	15,2	7,9	2 D - 22	4 D - 22	8 Ø - 12,7

Tabel 8 Rekapitulasi tulangan geser Balok Prategang parsial

Balok Prategang Parsial	Dimensi		d'	d	Vu	Jarak Tulangan Geser	
	b	h				X1	X2
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	kg		
Lantai 2- 7	700	850	61	765,5	117067,3	Ø 10 - 50	Ø 10 - 100
Atap (Ring)	600	750	61	689	62778,67	Ø 10 - 50	Ø 10 - 100

Tabel 9 Rekapitulasi tulangan vertikal dan geser kolom (K1)

Lantai	Muz	Pu	Vu	Dimensi		Tulangan longitudinal		Tulangan Geser		Ln (mm)
	kgm	kg	kg	b (mm)	h (mm)	As	As'			
1	408298,7	274914,59	43244,4	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4550
2	247286,8	235596,67	39790,6	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	5450
3	96318,59	192867,52	32552,6	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4000
4	87219,02	154779,49	28129,4	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4000
5	102242,5	116561,67	22239,8	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4000
6	96138,23	78289,061	15496,6	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4000
7	56359,99	40219,682	5270,1	850	1000	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4340

Tabel 10 Rekapitulasi tulangan vertikal & geser kolom (K2)

Lantai	Muz	Pu	Vu	Dimensi		Tulangan longitudinal		Tulangan Geser		Ln (mm)
	kgm	kg	kg	b (mm)	h (mm)	As	As'			
1	280504,7	856217,8	88690,1	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	4200
2	302130,1	739445,0	96588,2	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	5100
3	254606,3	622652,2	108573,3	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3650
4	244720,3	510873,9	104377,1	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3650
5	234375,8	400076,1	98997,9	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3650
6	222099,9	290406,5	92374,8	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3650
7	201588,4	182081,0	77453,7	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3990
8	198428,6	71211,9	78312,8	700	850	10 - D32	10 - D32	Ø-10	200	3650

Tabel 11 Rekapitulasi tulangan vertikal & geser kolom (K3)

Lantai	Muz	Pu	Vu	Dimensi		Tulangan longitudinal		Tulangan Geser		Ln (mm)
	kgm	kg	kg	b (mm)	h (mm)	As	As'			
1	13360,1	181827,8	4716,8	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4550
2	17256,5	155936,3	5726,0	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	5450
3	17728,3	124988,9	7840,9	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4000
4	16422,8	95618,2	7159,6	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4000
5	15331,7	67828,4	6664,5	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4000
6	13480,2	41923,0	5863,1	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4000
7	14311,0	35697,6	5405,5	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4340
8	9432,9	18122,9	4034,5	400	400	4 - D29	4 - D29	Ø-10	200	4000

4.KESIMPULAN & SARAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, didapatkan kesimpulan bahwa pemilihan metode Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah berdasarkan pada wilayah gempa yang terdapat di lokasi gedung eksisting. Perencanaan gedung bertingkat tinggi yang menggunakan balok beton prategang parsial pada struktur didesain untuk menerima beban akibat gaya lateral, dan akibat beban layan.

Daya layan dan kemampuan lendutan sudah diperhitungkan sehingga, lendutan awal saat keadaan transfer dan lendutan akhir tidak melebihi lendutan ijin yaitu $L/480 = (16200 \text{ mm}/480 = 53,75 \text{ mm}$

Untuk melengkapi perencanaanulang ini diharapkan adanya peninjauan terhadap kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Perlunya perbandingan desain alternatif pada gedung ini yang menggunakan balok prategang parsial agar didapat hasil yang berbeda.

Semoga dengan adanya kajian penggunaan balok prategang parsial pada gedung tersebut dapat menjadi solusi dalam pemilihan metode desain gedung bertingkat tinggi tahan gempa dan menambah wawasan bagi para akademisi untuk menggali lebih dalam tentang balok prategang parsial.

DAFTAR PUSTAKA

Budiadi, Andri. 2012. *Desain Praktis Beton Prategang*. Jakarta : Andi Offset

Nawy, Edward G. 2000. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1*. Jakarta : Erlangga

Nawy, Edward G. 2000. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Jilid II*. Jakarta : Erlangga

Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2012*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum.

Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.

Tular, R. B. 1984. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*. Bandung: Yayasan Lembaga Pendidikan Masalah Bangunan.