

Desain Modifikasi Struktur Gedung Asrama Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan (LPMP) Sumatera Barat Menggunakan SRPMK dan Balok Prategang pada Lantai Atap

Muhammad Satrya Ageta, Endah Wahyuni, dan Bambang Piscesa
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: endah@ce.its.ac.id

Abstrak—Kompleks Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan (LPMP) berlokasi di Kota Padang. Kebutuhan akan ruang dan kurangnya lahan pada kompleks LPMP merupakan tantangan yang harus diatasi dalam pembangunan. Bangunan bertingkat banyak adalah salah satu solusi pembangunan terhadap kurangnya lahan dan ruang. Perencanaan gedung asrama LPMP setinggi 10 lantai (± 40 m) dirancang menggunakan beton bertulang pada keseluruhan lantai, serta menggunakan beton prategang pada balok lantai atap. Lantai atap tersebut akan didesain sebagai ruang *ballroom* tanpa ada struktur kolom ditengah ruangan. Sehingga, ruang *ballroom* menjadi lebih nyaman dan luas dibandingkan jika menggunakan balok nonprategang yang dapat menghasilkan dimensi lebih besar. Pada era *modern* ini beton prategang merupakan salah satu teknologi struktur yang dikembangkan dan sering digunakan untuk pembangunan gedung bertingkat yang memiliki balok dengan bentang yang cukup panjang tanpa ada kolom ditengah bentang. Balok beton prategang pada gedung bertingkat memiliki kendala dari sifat beton prategang yang getas. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan khusus dalam desain balok beton prategang agar dapat bersifat daktail yang cukup untuk menahan beban gempa yaitu berupa metode pelaksanaan pekerjaan balok beton prategang dengan metode penarikan *postension* dan *cast in situ*, sehingga hubungan balok prategang dan kolom *monolit*. Struktur gedung LPMP menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dimana sistem ini dirancang untuk daerah rawan gempa sesuai peraturan SNI 1726:2012, untuk pembebanan sesuai peraturan SNI 2847:2013, dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP2000.

Kata Kunci—Balok Beton Prategang, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Asrama LPMP Padang.

I. PENDAHULUAN

KOMPLEKS Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan (LPMP) berlokasi di Kota Padang. Kebutuhan akan ruang dan kurangnya lahan pada kompleks LPMP merupakan tantangan yang harus diatasi dalam pembangunan. Bangunan bertingkat banyak adalah salah satu solusi pembangunan terhadap kurangnya lahan dan ruang [1].

Gedung asrama LPMP merupakan gedung yang difungsikan sebagai hunian dan juga ruang kelas. Struktur gedung asrama LPMP merupakan struktur beton bertulang biasa. Pada jurnal ini akan dilakukan modifikasi pada balok lantai atap, dimana dibawah lantai atap yaitu pada lantai 10

akan digunakan sebagai *ballroom*. *Ballroom* tidak menggunakan kolom ditengah ruangan, sehingga digunakan balok prategang. Penggunaan balok prategang lebih efektif digunakan dibandingkan dengan balok bertulang biasa. Hal ini dikarenakan bentang balok yang panjang, yaitu 20 meter, apabila menggunakan beton bertulang biasa akan menghasilkan dimensi yang besar dan tulangan yang banyak.

Beton prategang merupakan teknologi konstruksi beton yang mengkombinasikan dua jenis bahan mutu tinggi, yaitu beton (*High Strength Concrete*) dan baja (*High Strength Steel*), dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan [2].

Komponen struktur beton prategang memiliki dimensi tinggi balok lebih kecil dibandingkan dengan beton bertulang untuk kondisi beban dan bahan yang sama. Pada umumnya tinggi komponen struktur beton prategang berkisar antara 65 sampai 80 persen dari tinggi komponen struktur beton bertulang [3].

Struktur bangunan gedung asrama LPMP dirancang menggunakan system rangka pemikul momen khusus, karena gedung asrama LPMP berada diwilayah zona gempa tinggi. Perencanaan struktur dilakukan dengan menggunakan panduan tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung yaitu SNI 2847:2013, perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 1726:2012, dan peraturan pembebanan PPIUG 1987 yang diharapkan dapat menghasilkan suatu struktur gedung yang memenuhi segala persyaratan keamanan struktur.

II. URAIAN PENELITIAN

Beton prategang merupakan teknologi konstruksi beton yang mengkombinasikan antara beton berkekuatan tinggi dengan baja mutu tinggi dengan cara aktif. Beton prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua buah bahan modern yang berkekuatan tinggi [2].

Terdapat dua jenis metode pada beton prategang, diantaranya metode pra-tarik (*Pre Tension*) dan metode pasca-tarik (*Post Tension*). Istilah pra-tarik digunakan untuk menggambarkan metode prategang dimana setelah penarikan tendon baja dilakukan, kemudian beton dicor. Kebalikan dari metode pra-tarik, metode pasca-tarik adalah metode prategang dimana tendon baja ditarik setelah beton mengeras. Pada tugas

akhir ini, metode beton prategang yang digunakan ialah metode beton prategang pasca-tarik (*Post Tension*), dikarenakan metode ini memungkinkan pembuatan tendon berbentuk parabola (menyesuaikan dengan bentuk bidang momen), sehingga penampang beton disepanjang bentang dapat menerima tegangan lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan tendon lurus [2][3].

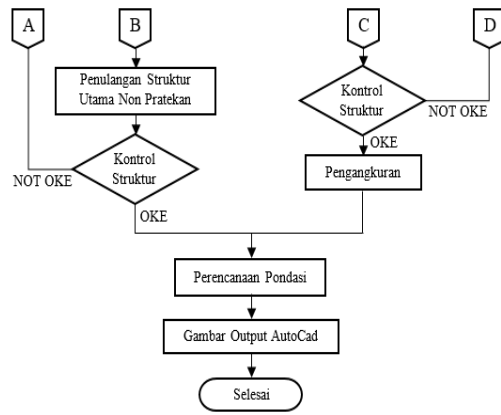
Sistem struktur bangunan gedung yang sering dilaksanakan pada pembangunan gedung di Indonesia pada umumnya menggunakan sistem struktur ganda dan sistem struktur rangka pemikul momen. Sistem struktur ganda diantaranya merupakan kombinasi sistem struktur rangka pemikul momen dan dinding struktural atau dinding geser. Pada sistem struktur rangka pemikul momen terdapat tiga jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada perencanaan ini menggunakan SRPMK [4].

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yaitu komponen struktur yang mampu memikul gaya akibat beban gempa dan direncanakan untuk memikul aksi lentur, geser, dan aksial. Sistem ini pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di zona resiko gempa tinggi yaitu zona 5 dan 6 [4].

III. METODOLOGI

A. Umum

Jurnal ini membahas perencanaan struktur balok prategang yang terdapat pada lantai atap dengan menggunakan metode *post tension*, yaitu pemberian gaya prategang dilakukan setelah balok selesai dicor dan cukup keras dan kuat menahan tegangan. Langkah-langkah pengerjaan jurnal dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian jurnal.

B. Data-data Perencanaan Struktur

Data-data pada perencanaan struktur gedung ini merupakan data-data yang akan dijadikan pedoman dalam perencanaan selanjutnya. Data-data yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Fungsi bangunan : Asrama dan apartemen
- b. Tipe bangunan : Gedung bertingkat
- c. Tinggi bangunan : ±40 m
- d. Luas bangunan : 33 m x 26 m = 858 m²
- e. Mutu beton (f'_c) kolom : 35 MPa (lantai 1-5)
: 30 MPa (lantai 6-10)
- f. Mutu beton (f'_c) balok : 35 MPa
: 40 MPa (balok prategang)
- g. Mutu beton (f'_c) pelat : 35 MPa
- h. Mutu baja (f_y) : 420 MPa

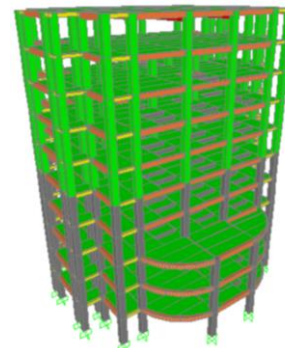
C. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diterapkan pada bangunan ini sebagai berikut [5]:

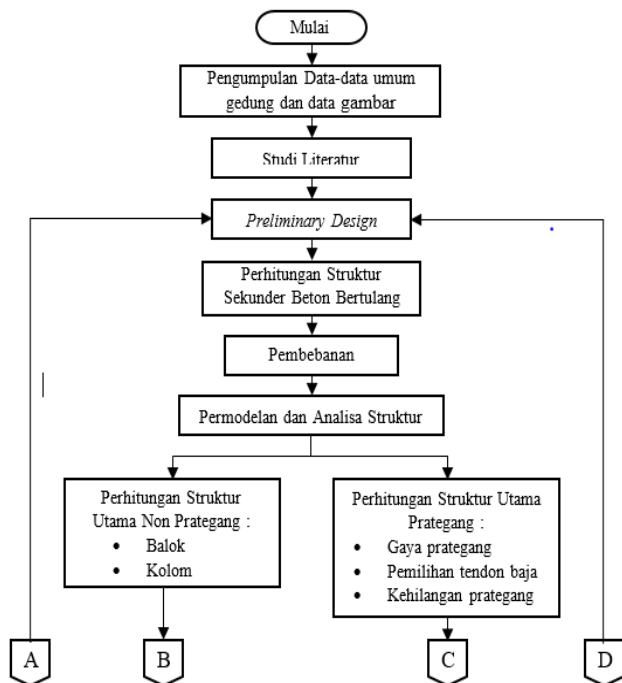
1. 1.4D
2. 1.2D + 1.6L + 0.5R
3. 1.2D + 1.6R + 0.5L
4. 1.2D + 1.0W 1.0L + 0.5R
5. 1.2D + 1.0E + 1.0L
6. 0.9D + 1.0W
7. 0.9D + 1.0E

D. Permodelan dan Analisis Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan program bantu SAP. Permodelan struktur ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Permodelan Modifikasi Struktur Gedung.



Struktur sekunder yang dihitung adalah pelat, tangga, balok anak, dan balok lift, sedangkan struktur utama yang dihitung adalah balok induk, kolom, dan balok pratekan. Dan untuk struktur bawah yang dihitung adalah sloof, tiang pancang dan pilecap.

E. Kontrol Periode

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel. Periode fundamental, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dan periode fundamental pendekatan, T_a [5][6], dan [7].

Kontrol periode yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Kontrol Periode

Case	Mode	Periode
Modal	1	1.439
Modal	2	1.270
Modal	3	1.181
Modal	4	0.488
Modal	5	0.421
Modal	6	0.382
Modal	7	0.271
Modal	8	0.238
Modal	9	0.159
Modal	10	0.147
Modal	11	0.099
Modal	12	0.075

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$T_a \leq T \leq C_u \cdot T_a$$

$$1.289 \text{ s} \leq 1.439 \text{ s} \leq 1.805 \text{ s} \quad (\text{OK})$$

Maka berdasarkan kontrol waktu fundamental, nilai T masih lebih kecil dari C_u·T_a, jadi analisis struktur memenuhi syarat.

F. Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Kontrol gaya dinamis struktur digunakan untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respon spectrum sudah sesuai dengan yang disyaratkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1 [5][8], dan [9]. Hasil kontrol geser dasar dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.
Kontrol Akhir Berdasarkan Faktor Skala Gaya Gempa

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Gempa x max	4722.299	297.382
Gempa y max	308.916	4722.299

$$V_{\text{statik}} = 5555.650 \text{ kN}$$

Untuk Arah x :

$$V_{\text{tx}} > 0.85 V_{\text{statik}}$$

$$4722.299 \text{ kN} > 0.85 \times 5555.650 \text{ kN}$$

$$4722.299 \text{ kN} > 4722.298 \text{ kN} \quad (\text{Ok})$$

Untuk Arah y :

$$V_{\text{ty}} > 0.85 V$$

$$4722.299 \text{ kN} > 0.85 \times 5555.650 \text{ kN}$$

$$4722.299 \text{ kN} > 4722.298 \text{ kN} \quad (\text{Ok})$$

G. Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai SNI 1726:2012 Ps 7.9.1 perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90% [5][10]. Hasil kontrol partisipasi massa dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3
Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Perioda	Sum UX	Sum UY
Modal	1	1.439	0.731	0.000
Modal	2	1.270	0.731	0.766
Modal	3	1.181	0.745	0.766
Modal	4	0.487	0.871	0.766
Modal	5	0.420	0.871	0.887
Modal	6	0.383	0.872	0.887
Modal	7	0.271	0.929	0.887
Modal	8	0.238	0.929	0.932
Modal	9	0.159	0.938	0.947
Modal	10	0.147	0.964	0.959
Modal	11	0.099	0.983	0.975
Modal	12	0.075	0.992	0.997

Dari hasil perencanaan didapatkan partisipasi massa dalam menghasilkan respon total minimal 90% didapatkan mulai dari mode 8.

H. Kontrol Simpangan Antar Lantai (Drift)

Gempa menyebabkan struktur bertingkat rawan terhadap terjadinya simpangan horizontal (*drift*). Apabila simpangan horizontal ini melebihi syarat aman yang telah ditentukan maka gedung akan mengalami keruntuhan.

Sesuai SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6 [5][11] kontrol drift dan syarat drift harus ditentukan sebagai berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{ex}}{I_e} \quad (1)$$

Hasil kontrol simpangan dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4
Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lt	hi (m)	hsx (m)	δ _{ei} (mm)	δ _i (mm)	Δ _i (mm)	Δ _o (mm)	Ket (mm)
Atap	40	4	63.745	350.599	17.883	80	OK
10	36	4	60.494	332.717	25.600	80	OK
9	32	4	55.839	307.117	30.999	80	OK
8	28	4	50.203	276.118	35.799	80	OK
7	24	4	43.694	240.319	41.129	80	OK
6	20	4	36.216	199.190	44.930	80	OK
5	16	4	28.047	154.261	46.117	80	OK
4	12	4	19.662	108.143	45.285	80	OK
3	8	4	11.429	62.859	41.043	80	OK
2	4	4	3.966	21.815	21.815	80	OK
1	0	4	0.000	0.000	0.000	80	OK

Tabel 5
Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lt	hi (m)	hsx (m)	δ _{ei} (mm)	δ _i (mm)	Δ _i (mm)	Δ _o (mm)	Ket (mm)
Atap	40	4	44.982	247.404	10.895	80	OK
10	36	4	43.002	236.509	15.101	80	OK
9	32	4	40.256	221.407	20.343	80	OK
8	28	4	36.557	201.064	25.262	80	OK
7	24	4	31.964	175.802	29.462	80	OK
6	20	4	26.607	146.340	32.282	80	OK
5	16	4	20.738	114.058	33.531	80	OK
4	12	4	14.641	80.527	32.769	80	OK
3	8	4	8.683	47.758	30.571	80	OK
2	4	4	3.125	17.187	17.187	80	OK
1	0	4	0.000	0.000	0.000	80	OK

Dari hasil perencanaan didapatkan simpangan yang terjadi tidak melebihi syarat aman. Jadi dapat disimpulkan gedung aman dari keruntuhan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan dalam perencanaan dimensi awal dari suatu elemen struktur.

1. Balok

Dimensi balok yang disyaratkan [12] tertera pada tabel 6 dan tabel 7 adalah sebagai berikut :

Tabel 6
Rekapitulasi Balok Induk

No	Tipe balok	Bentang (cm)	Tinggi (h) (cm)	Lebar (b) (cm)
1	BI-1	700	60	40
2	BI-2	300	40	30
3	BI-3	500	60	40
4	BI-4	200	40	30
5	BI-5	600	60	40

Tabel 7
Rekapitulasi Balok Anak

No	Tipe balok	Bentang (cm)	Tinggi (h) (cm)	Lebar (b) (cm)
1	BA-1	700	45	30
2	BA-2	240	20	20

2. Kolom

Dimensi kolom yang disyaratkan [12] adalah sebagai berikut: Dimensi kolom 80cm x 80cm.

3. Pelat

Dimensi pelat yang disyaratkan [12] adalah sebagai berikut :

- Pelat Lantai Hunian = 12 cm
- Pelat Atap = 12 cm

4. Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain.

Data teknis perencanaan tangga :

- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi injakan (t) : 17 cm
- Tinggi tangga : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang datar tangga : 330 cm
- Panjang miring tangga : 386 cm
- Sudut kemiringan ;

$$\alpha = \arctan \frac{t}{i}$$

$$\alpha = 29.64^\circ$$

Syarat sudut kemiringan :

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 29.64^\circ \leq 40^\circ \text{ (memenuhi)}$$

B. Perencanaan Struktur Sekunder

1. Pelat

Hasil perhitungan penulangan pelat tertera pada Tabel 8.

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Tabel 8
Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tipe	Lantai	Tumpuan		Lapangan		
		Tul. Utama	Tul. Pembagi	Tul. Utama	Tul. Pembagi	
A	1 – 9	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	Satu Arah
	10	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	
	Atap	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-100	Ø10-200	
Tipe	Lantai	Tumpuan		Lapangan		
		X	Y	X	Y	
B	1 – 9	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Dua Arah
	10	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	
	Atap	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	
C	1 – 9	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Dua Arah
	10	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	
	Atap	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	
D	1 – 9	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-100	

2. Tangga

Hasil perhitungan penulangan tangga dan bordes tertera pada tabel 9.

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

Tabel 9
Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga

Nama struktur	Tulangan	
	Lentur	Bagi
Pelat tangga	D16 – 140	Ø10 – 300
Pelat bordes	D16 – 200	Ø10 – 300
Nama struktur	Lentur	Geser
Balok bordes	3D16	Ø10 – 150

3. Balok Anak

Hasil perhitungan penulangan balok anak tertera pada tabel 10 dan 11.

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_{yv} = 240 \text{ Mpa}$$

Tabel 10
Rekapitulasi Penulangan Memanjang Balok Anak (BA)

Tipe	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
	Positif	Negatif	Negatif	Positif	Positif	Negatif
BA 1 Tepi	3D16	2D16	2D16	4D16	4D16	2D16
BA 1 Tengah	4D16	2D16	2D16	3D16	4D16	2D16
BA 1 Tepi	2D13	2D13	2D13	2D13	2D13	2D13
BA 1 Tengah	2D13	2D13	2D13	2D13	2D13	2D13

Tabel 11
Rekapitulasi Penulangan Geser Balok Anak

Tipe	Tulangan Geser	
	Tumpuan	Lapangan
BA 1 Tepi	Ø100 - 150	Ø100 - 150
BA 1 Tengah	Ø100 - 150	Ø100 - 150
BA 1 Tepi	Ø100 - 150	Ø100 - 150
BA 1 Tengah	Ø100 - 150	Ø100 - 150

C. Perencanaan Struktur Primer

1. Balok Induk (BI)

Hasil perhitungan penulangan balok induk tertera pada Tabel 12.

Tabel 12
Rekapitulasi Balok Induk (BI)

Tipe	Torsi	Tumpuan		Lapangan		Tulangan Geser	
		-	+	-	+	Tum	Lap
BI 1	2D16	6D22	4D22	4D22	5D22	D13-150	D13-250
BI 2	1D16	5D22	5D22	2D22	3D22	D13-100	D13-150

2. Kolom

Hasil perhitungan penulangan kolom tertera pada tabel 13.

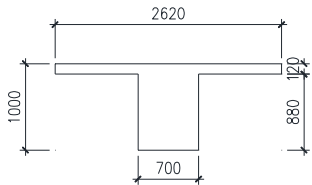
Tabel 13
Rekapitulasi Kolom

Tipe	Penulangan Lentur	Tulangan Geser		lo (mm)	Sambungan Lewatan
		Tumpuan	Lapangan		
K lt 1-5	20D22	4D13-90	4D13-130	800	600
K lt 6-10	20D22	4D13-110	4D13-130	800	700

D. Perencanaan Balok Prategang

Metode konsep desain untuk mendesain elemen beton prategang, tegangan serat beton dihitung dari gaya luar yang bekerja dibeton akibat pemberian prategang awal dan beban luar transversal. Balok prategang direncanakan dengan metode penarikan *post tension*, digunakan pada balok lantai atap diruang *ballroom*. Penampang balok prategang dapat dilihat pada gambar 3.

Dimensi balok : 700/1000
Bentang : 20000 mm
 f'_c : 40 MPa



Gambar 3. Penampang Balok Prategang.

Tegangan awal : 3500 kN
Tipe strand : ASTM A 416-96 grade 270
Diameter : 15.24 mm
Luas penampang : 140 mm²
Jumlah strand : 22 buah
Jumlah tendon : 1 buah

Tabel 14
Kehilangan Prategang

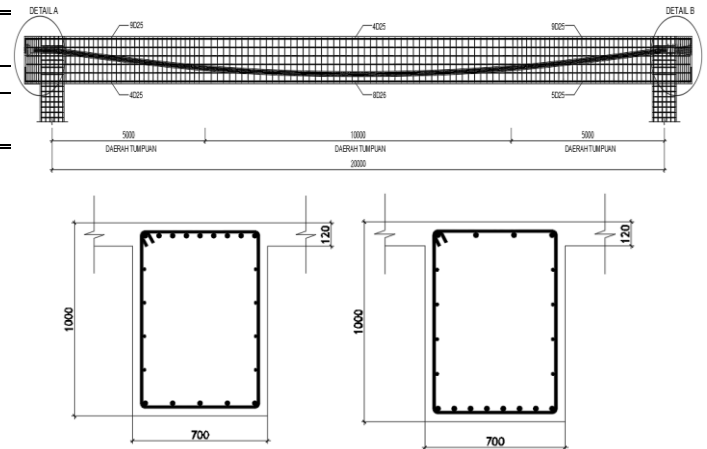
Macam Kehilangan Prategang	Kehilangan Gaya Prategang	Persentase
	Mpa	
Tegangan Efektif		
Sesudah penarikan 0.7 fpu	1303.5	100%
Kehilangan Langsung		
1. kehilangan perpendekan elastis	0	0.00%
2. kehilangan anker slip	49.834	3.82%
3. kehilangan wobble effect	77.607	5.95%
4. kehilangan kekangan kolom	0.31	2.88%
Kehilangan tak langsung		
1. kehilangan rangkai	80.192	6.15%
2. kehilangan susut	48.665	3.73%
3. kehilangan relaksasi baja	68.829	5.28%
Total kehilangan	328.875	25.23%
Tegangan Efektif	974.625	74.77%

Penulangan Lunak tambahan :

Tulangan puntir : 4D16

Tulangan lentur

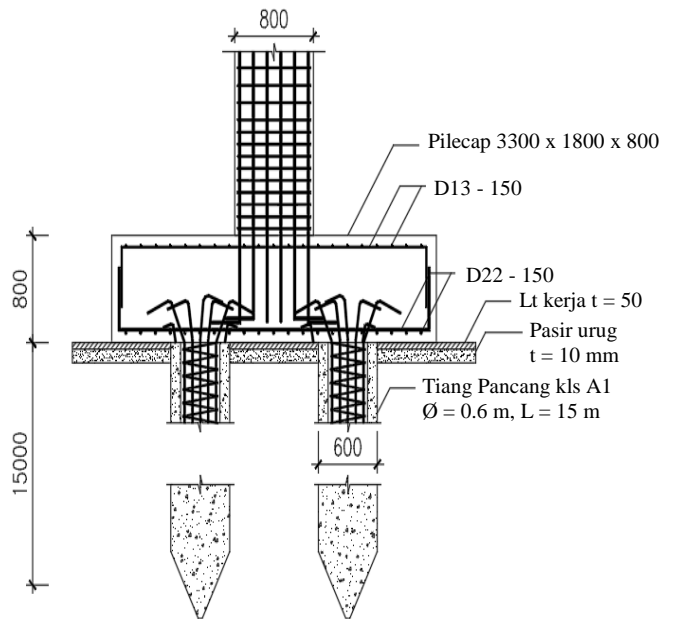
- Tumpuan negative : 9D25
- Tumpuan positif : 5D25
- Lapangan bawah : 8D25
- Lapangan atas : 4D25
- Geser tumpuan : 2D13 – 200 mm
- Geser lapangan : 2D13 – 300 mm



Gambar 4. Desain Penulangan Balok Prategang

E. Perencanaan Pondasi

Tipe pondasi : tiang pancang
Tipe tiang pancang : kelas A
Diameter luar : 600 mm
Tebal dinding : 100 mm
Allowable axial load : 252.7 ton
Berat tiang pancang : 393 kg/m
Pajang tiang : 6 – 16 meter



Gambar 5. Penulangan Pilecap.

V. KESIMPULAN

Dari perhitungan-perhitungan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sesuai tujuan penulisan Jurnal “Desain modifikasi struktur gedung asrama LPMP sumatera barat menggunakan SRPMK dan balok prategang pada lantai atap” dengan gambar teknis pada lampiran dan hasil analisa sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan preliminary desain, didapatkan data data perencanaan dimensi yang meliputi struktur sekunder, struktur primer non pratekan dan struktur primer pratekan sebagai berikut :
 - Struktur sekunder:
 - Balok anak tipe 1 = 30/45
 - Balok anak tipe 2 = 20/20
 - Balok lift = 30/40
 - Balok bordes = 20/20
 - Tebal pelat (semua tipe pelat) = 12 cm
 - Tebal pelat tangga = 15 cm
 - Tebal pelat bordes = 15 cm
 - Struktur primer:
 - Balok induk tipe 1,3,5 = 40/60
 - Balok induk tipe 2,3 = 30/40
 - Balok pratekan = 70/100
 - Kolom tipe 1 = 80/80
 - Kolom tipe 2 = 80/80
2. Dimensi balok prategang didapatkan $b = 0.7$ m dan $h = 1$ m, dengan bentang 20 m.
3. Balok prategang direncanakan dengan system pasca-tarik, didapatkan gaya prategang awal 3500 kN, dan didapatkan nilai kehilangan prategang sebesar 25.25%.
4. Berdasarkan analisis perhitungan didapatkan jumlah strand 22 buah dengan menggunakan 1 buah tendon.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. O. Majore and Steenie, “Studi Perbandingan Respons Dinamik Bangunan Bertingkat Banyak Dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser,” *J. Tek. Sipil Statik*, vol. 3, no. 6, 2015.
- [2] T. Y. Lin and N. H. Burn, *Desain Struktur Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid 1*, Terjemahan. Jakarta: Binarupa Aksara, 2000.
- [3] E. G. Nawy, *Beton Prategang : Suatu Pendekatan Mendasar*, 3rd ed. Jakarta: Erlangga, 2001.
- [4] Tavio and B. Kusuma, *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: ITS Press, 2009.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012),” Bandung, 2012.
- [6] M. Z. Fauzi, E. Wahyuni, and B. Suswanto, “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Brooklyn Alam Sutera Menggunakan Struktur Komposit Baja-Beton dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. D6–D11, 2018.
- [7] L. Fitriyah, P. Suprobo, and E. Wahyuni, “Modifikasi Desain Struktur Gedung Hotel Holiday Inn Express Surabaya dengan Menggunakan Sistem Rangka B्रेसing Eksentrik,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. 271-D276, 2017.
- [8] J. Pambudi, E. Wahyuni, and A. Sidharta, “Perencanaan Bangunan Kiln Menggunakan Metode Pracetak,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. D251–D256, 2017.
- [9] Y. Yuliana, D. Iranata, and E. Wahyuni, “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Tower C Apartemen Aspen Admiralty Jakarta Selatan dengan Menggunakan Baja-Beton Komposit,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. C588–C593, 2017.
- [10] I. Budiono, E. Wahyuni, and Isdarmanu., “Perbandingan Berat Material Baja pada Perencanaan Struktur Baja Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) dengan Sistem Staggered Trus Frames (STF) pada Apartemen Purimas Surabaya,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. D217–D223, 2017.
- [11] A. Zaky, E. Wahyuni, and Isdarmanu., “Modifikasi Perencanaan Apartemen Grand Kamala Lagoon Menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 2, pp. D198–D204, 2017.
- [12] Badan Standarisasi Nasional, “SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung,” Jakarta, 2013.