

ARTIKEL ILMIAH

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KONDOMINIUM HOTEL
AMARSVATI LOMBOK DENGAN BALOK PRATEGANG**

*Structure Modification of Condominium Hotel Amarsvati Lombok With Prestressed
Beam*

Artikel Ilmiah
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**Nurul Auliyanti
F1A 014 107**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM
2018**

ARTIKEL ILMIAH

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KONDOMINIUM HOTEL
AMARSVATI LOMBOK DENGAN BALOK PRATEGANG**


*Structure Modification of Condominium Hotel Amarsvati Lombok With
Prestressed Beam*

Oleh:

**Nurul Auliyanti
F1A 014 107**


Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama


Pathurahman, ST., MT.
NIP. 19661231 199403 1 018



Tanggal: 14 November 2018

2. Pembimbing Pendamping


Ir. Suryawan Murtiadi, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19580718 199303 1 001

Tanggal: 14 November 2018

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Jauhar Fajrin, ST., MSc(Eng.), Ph.D.
NIP. 19740607 199802 1 001

ARTIKEL ILMIAH

MODIFIKASI STRUKTUR KONDOMINIUM HOTEL AMARSVATI LOMBOK
DENGAN BALOK PRATEGANG

*Structure Modification of Condominium Hotel Amarsvati Lombok With Prestressed
Beam*

Oleh:

Nurul Auliyanti
F1A 014 107

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 12 November 2018
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji:

1. Penguji I



Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19731027 199802 1 001

Tanggal: 14 November 2018

2. Penguji II



I Nyoman Merdana, ST., MT.
NIP. 19680913 199703 1 001

Tanggal: 14 November 2018

3. Penguji III



Shofia Rawiana, ST., MT.
NIP. 19660305 199412 2 001

Tanggal: 14 November 2018

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Almahdidi, ST., MSc(Eng)., Ph.D.
NIP. 19681231 199412 1 001

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KONDOMINIUM HOTEL AMARSVATI LOMBOK DENGAN BALOK PRATEGANG

Nurul Auliyanti¹, Pathurahman², Suryawan Murtiadi³
Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

INTISARI

Desain balok beton prategang pada struktur gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok dimana pada lantai 12 dan 13 terdapat ruang serbaguna, namun pemanfaatan ruang serbaguna tersebut kurang maksimal karena adanya tiang-tiang kolom yang membatasi ruang serbaguna tersebut. Maka, untuk memaksimalkan ruang serbaguna tersebut perlu adanya perencanaan ulang dengan menggunakan beton prategang, sehingga fungsi ruang serbaguna dapat dimaksimalkan..

Perencanaan struktur meliputi pelat, kolom, balok induk dan balok prategang serta pondasi yang dianalisis menggunakan program SAP2000 dan mengacu pada peraturan yang terbaru, yaitu SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPPURG 1987). Perencanaan balok prategang pada gedung kondominium hotel Amarsvati Lombok ini menggunakan sistem pascatarik yang dicor monolit pada kolom.

Dimensi balok prategang dengan bentang 14 m sebesar 350/700 mm yang terdiri dari 1 tendon dengan 19 strand. Gaya prategang awal sebesar 2400 kN. dengan eksentrisitas tumpuan sebesar 100 mm dan eksentrisitas lapangan sebesar 225 mm. Kehilangan gaya prategang yang terjadi akibat pengankuran sebesar 2,74%, gesekan sebesar 6,71%, perpendekan elastis sebesar 0%, rangkai sebesar 9,30%, susut sebesar 0,92%, dan akibat relaksasi baja sebesar 6,62% sehingga jumlah kehilangan prategang sebesar 26,29 %. Pada perencanaan pondasi pile cap dimensi 3 x 3 m dengan 9 tiang pancang diameter 0,6 m sedalam 18 m. Hasil dari modifikasi perencanaan ini dituangkan dalam bentuk gambar dengan menggunakan program bantu AutoCAD

Kata Kunci : Kondominium Hotel, Balok Prategang, Pascatarik.

¹Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Pembimbing Utama

³Dosen Pembimbing Pendamping

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagai salah satu primadona pariwisata, pulau Lombok memiliki daya tarik yang luar biasa bagi para wisatawan lokal maupun mancanegara. Untuk mendukung hal tersebut, pulau Lombok tidak henti-hentinya berbenah diri dalam seluruh sektor pariwisata, mulai dari transportasi, akomodasi dan gedung-gedung perhotelan yang bertaraf internasional. Maraknya pembangunan gedung-gedung perhotelan tersebut mengakibatkan kebutuhan akan lahan yang cukup luas, sehingga untuk meminimalisir penggunaan lahan yang luas maka dibangunlah hotel-hotel dengan konsep bangunan tinggi (*High Rise Building*).

Konsep bangunan tinggi tentunya memiliki tingkat kesulitan yang tinggi, baik dari segi bentuk maupun kekuatan struktur. Perkembangan teknologi yang pesat dalam bidang konstruksi, menyajikan banyak sistem struktur yang dapat digunakan dalam memberikan perkuatan terhadap bangunan gedung tingkat tinggi. Seiring dengan perkembangan tersebut diperlukan inovasi-inovasi untuk dapat menemukan solusi yang efektif dan efisien untuk perencanaan gedung bertingkat tinggi. Salah satunya penggunaan beton prategang untuk bangunan gedung bertingkat tinggi.

Sistem beton prategang bukanlah satu-satunya langkah perencanaan yang ada. Karena adanya keuntungan-keuntungan tertentu dari sistem ini menjadikannya layak untuk diperhitungkan. Adapun keuntungan-keuntungan dari sistem ini diantaranya untuk balok berbentuk relatif panjang serta beban yang berat, balok prategang umumnya membutuhkan ukuran yang lebih kecil daripada balok beton bertulang biasa. Berarti berat struktur dapat lebih ringan. Dengan memiliki dimensi balok yang lebih kecil membuat ruang bebas antar setiap lantai menjadi lebih tinggi. Selain itu beton prategang juga kedap air, sehingga sistem ini bagus digunakan untuk proyek yang dekat dengan perairan.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan ulang pada struktur gedung kondominium hotel Amarsvati Lombok pada

balok lantai 12 dan 13 menggunakan balok prategang, karena pada lantai tersebut terdapat sebuah ruangan serbaguna. Ruang serbaguna ini membutuhkan ruangan yang luas tanpa ada kolom di bagian tengah ruangan sehingga diperlukan struktur balok yang dapat menjangkau bentang panjang dengan dimensi yang relatif kecil namun kuat.

Modifikasi perencanaan ini mengacu pada peraturan yang terbaru, yaitu SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726:2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPPURG 1987) serta peraturan mengenai desain balok prategang yang memenuhi syarat gempa.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- 1) Bagaimana merencanakan elemen struktur Kondominium Hotel Amarsvati dengan menggunakan balok prategang?
- 2) Bagaimana pemodelan dan analisa struktur dengan menggunakan program SAP 2000?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dalam perencanaan ini hanya merencanakan pelat lantai dan struktur balok lantai 12 dan 13.
- 2) Tidak merencanakan struktur lift.
- 3) Peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, SNI 1727-2013, dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPPURG 1987)
- 4) Perencanaan ini tidak meninjau aspek manajemen konstruksi dan analisa biaya.

- 5) Perencanaan ini tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan.

D. Tujuan Perencanaan

Batasan masalah pada perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Dalam perencanaan ini hanya merencanakan pelat lantai dan struktur balok lantai 12 dan 13.
- b. Tidak merencanakan struktur lift.
- c. Praturan yang digunakan sebagai acuan adalah SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, SNI 1727-2013, dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987 (PPPURG 1987)
- d. Perencanaan ini tidak meninjau aspek manajemen konstruksi dan analisa biaya.
- e. Perencanaan ini tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan.

E. Manfaat Perencanaan

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari perencanaan ini adalah:

- a. Dapat merencanakan gedung dengan menggunakan balok prategang.
- b. Memahami penggunaan beton prategang pada gedung bertingkat.
- c. Dapat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan desain beton prategang kedepannya.

II. DASAR TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Beton Prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua bahan berkekuatan tinggi. Perbedaan utama antara beton Prategang dan beton bertulang adalah pada beton bertulang kombinasi antara beton dan baja dilakukan dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersamasama sesuai dengan keinginannya, sedangkan pada beton Prategang, kombinasi antara beton dan baja dilakukan secara aktif, yaitu dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menyebabkan beton mengalami tegangan internal dengan besar dan

distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Beton adalah bahan yang getas apabila terkena tarikan, dan kemampuannya menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi (Lin dan Burns, 2000).

Komponen struktur prategang mempunyai tinggi yang lebih kecil dibandingkan beton bertulang untuk kondisi bentang dan beban yang sama. Pada umumnya, tinggi komponen struktur beton prategang berkisar antara 65% sampai 80% dari tinggi komponen struktur beton bertulang. Dengan demikian, komponen struktur prategang membutuhkan lebih sedikit beton, dan sekitar 20 sampai 35% banyaknya tulangan. Sayangnya, penghematan pada berat material ini harus dibayar dengan tingginya harga material bermutu tinggi yang dibutuhkan dalam pemberian prategang. Operasi pemberian prategang itu sendiri menimbulkan tambahan harga. Cetakan untuk beton prategang menjadi lebih kompleks, karena geometri penampang prategang biasanya terdiri atas penampang bersayap dengan beberapa badan yang lebih tipis. (Nawy, 2001)

Tanpa memperhatikan tambahan harga tersebut, apabila kompone struktur yang cukup besar dari unit-unit pracetak dibuat, perbedaan antara sedikitnya harga awal sistem beton prategang dan beton bertulang biasanya tidak terlalu besar. Selain itu, penghematan jangka panjang secara tidak langsung cukup besar, karena dibutuhkan perawatan yang lebih sedikit, yang berarti daya guna lebih lama akibat dari kontrol kualitas yang lebih baik pada betonnya, dan pondasi yang lebih ringan dapat digunakan akibat berat kumulatif struktur atas yang lebih kecil. (Nawy, 2001)

B. Landasan Teori

Sistem Prategang

Beton prategang merupakan beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai batas tertentu. Pada elemen-elemen beton

bertulang, sistem prategang biasanya dilakukan dengan menarik tulangnya (Lin dan Burns, 2000).

Perencanaan Struktur Prategang Desain Pendahuluan

Bila M_g jauh lebih besar dari 20-30% M_T , maka M_g tidak dapat menentukan desain dan desain pendahuluan dibuat hanya dengan memperhatikan M_T , Bila M_g relatif kecil terdapat M_T , maka desain ditentukan oleh $M_L = M_T - M_g$. Dengan demikian, total gaya prategang efektif yang diperlukan,

$$F = \frac{M_T}{0.65 \cdot h}$$

Atau

$$F = \frac{M_T}{0.50 \cdot h}$$

dimana:

M_T = momen total pada penampang

M_L = selisih antara momen total dan momen gelagar

M_g = Momen gelagar

h = tinggi penampang

Analisis yang dilakukan berupa perhitungan luas, jarak titik berat penampang terhadap serat atas dan serat bawah, inersia penampang, serta statis momen penampang terhadap serat atas dan serat bawah.

- Letak titik berat

$$y_b = \frac{\sum A x y}{\sum A}$$

$$y_a = h - y_b$$

Keterangan :

y_b : Jarak titik berat penampang terhadap serat bawah

y_a : Jarak titik berat penampang terhadap serat atas

h : Tinggi total balok prategang

A : Luas penampang

y : Titik berat penampang

- Momen inersia terhadap sumbu x

$$I_x = I + A(y - y_b)^2$$

Dimana :

$I = \frac{1}{12} b h^3$ (untuk penampang persegi)

Gaya Prategang

Penentuan gaya prategang, dimana

momen total sangat mempengaruhi. Gaya prategang ini yang kemudian disalurkan ke penampang. Rumus umum gaya prategang dapat dilihat pada persamaan dibawah.

$$f = -\frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e \cdot y}{I} \pm \frac{M \cdot y}{I}$$

dimana:

f = tegangan

F = gaya prategang

A = luas penampang beton

e = eksentrisitas

y = jarak dari sumbu yang melalui titik berat

I = momen inersia penampang

M = momen eksternal pada penampang akibat beban dan berat sendiri balok

Tegangan Izin

Tegangan izin beton pada saat transfer gaya prategang :

- Tegangan tekan : $f_{ci} = 0,6 f'_c$

- Tegangan tarik : $f_{ti} = 0,25 \sqrt{f'_c}$

Tegangan izin beton pada saat layan :

- Tegangan tekan : $f_c = 0,45 f'_c$

- Tegangan tarik : $f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$

Kehilangan Prategang

Perkiraan gaya prategang total :

$$\Delta f_{pT} = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH}$$

Keterangan :

Δf_{pT} : Kehilangan prategang total

Δf_{pA} : Kehilangan prategang akibat slip ankur

Δf_{pF} : Kehilangan prategang akibat friksi/gesekan

Δf_{pES} : Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton

Δf_{pR} : Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon

Δf_{pCR} : Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton

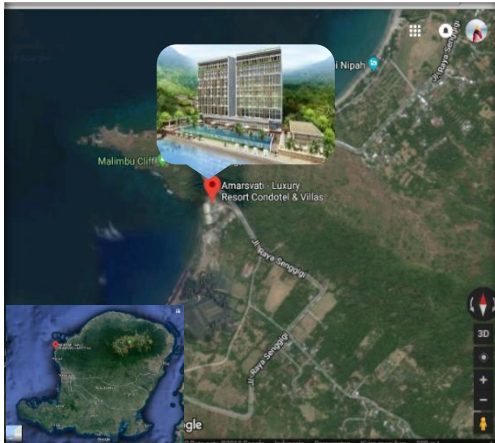
Δf_{pSH} : Kehilangan prategang akibat susut pada beton

III. METODE PERENCANAAN

A. Lokasi dan Deskripsi Model Struktur

Gedung kondominium hotel Amarsvati terdiri dari 13 lantai + 1 lantai dak

atap dengan 2 tower terpisah, Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton dimana pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi pada struktur balok melintang dengan menggunakan beton prategang. Bangunan kondominium hotel Amarsvati berada di daerah Malimbu-Lombok Utara yang berdiri pada kondisi tanah lunak (SE). Lokasi Kondominium Hotel Amarsvati dapat dilihat pada Gambar 1.

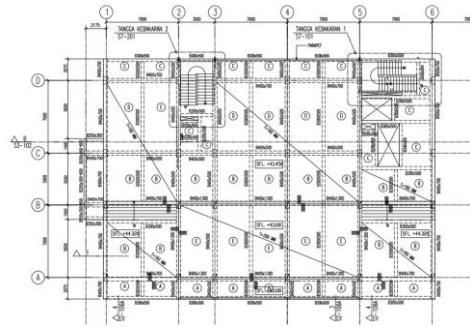


Gambar 1. Lokasi Gedung Kondominium Amarsvati

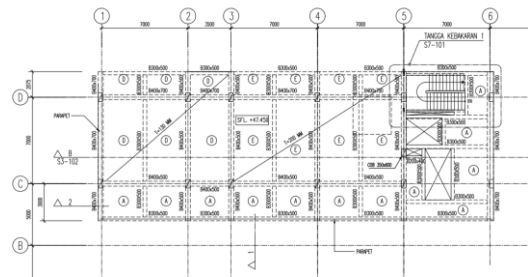
B. Data Perencanaan
Data Gedung Eksisting

Data gedung kondominium hotel Amarsvati sebelum dimodifikasi sebagai berikut :

- a) Nama Gedung : Kondominium Hotel Amarsvati
- b) Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
- c) Zona Gempa : 5
- d) Jumlah Lantai : 13
- e) Tinggi Gedung : +50,05 m
- f) Struktur Utama : Struktur Beton Bertulang
- g) Fungsi per Lantai :
Lantai 1-10 Hotel
Lantai 11 Ruang Serbaguna dan Gym
Lantai 12 Ruang Serbaguna dan Kolam Renang
Lantai 13 Ruang Kontrol



Gambar 2. Denah Eksisting Lantai 12



Gambar 3. Denah Eksisting Lantai 13

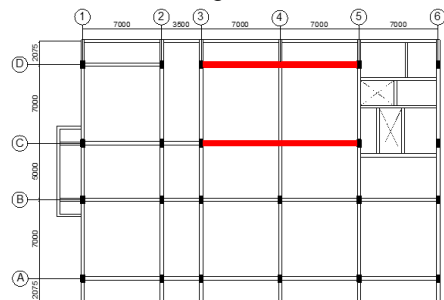
Data Modifikasi

Data gedung kondominium hotel Amarsvati setelah dimodifikasi sebagai berikut :

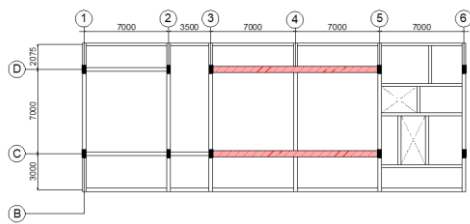
- a) Nama Gedung : Kondominium Hotel Amarsvati
- b) Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
- c) Zona Gempa : 5
- d) Jumlah Lantai : 13
- e) Tinggi Gedung : +50,05 m
- f) Struktur Utama: Struktur Beton Bertulang dan Balok Prategang Post-Tensioning.

Fungsi per Lantai :

- Lantai 1-10 Hotel
- Lantai 11 Ruang Serbaguna dan Gym dengan Balok Prategang
- Lantai 12 Ruang Serbaguna dan kolam renang dengan Balok Prategang
- Lantai 13 Ruang Kontrol



Gambar 4. Denah Balok Beton Prategang Lantai 12



Gambar 5. Denah Balok Beton Prategang Lantai 13

C. Data Bahan

Material yang digunakan dalam merencanakan ulang struktur bangunan ini yaitu beton dan baja dengan mutu sebagai berikut:

- Mutu Beton ($f'c$): 35 MPa (non prategang)
50 MPa (prategang)
- Mutu Baja Tulangan (f_y) : 400 MPa
- Sengkang (f_y) : 240 MPa
- Tipe Strand : ASTM A 416-06
Grade 270 (VSL)
- Diameter Strand : 12,7 mm
- Luas Penampang Strand : 98,7 mm²
- Kuat Tarik Strand (f_{pu}) : 1860 MPa
- Kuat Leleh Strand (f_{py}) : 1675 MPa
- Mutu Baja Tendon (f_y) : 1860 MPa
- Tendon : Kawat Strand (post-tension)
 $\varnothing 12.70$ mm

D. Data Tanah

Data tanah yang digunakan berasal dari tanah tempat akan dibangunnya gedung kondotel Amarsvati di wilayah Malimbu-Lombok Utara.

E. Perencanaan Struktur

Perencanaan Pelat

Langkah-langkah dalam perencanaan pelat lantai sebagai berikut:

- Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
- Menentukan tebal pelat.
- Menghitung beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup terfaktor.
- Menghitung momen-momen yang menentukan.
- Menghitung tulangan pelat.

Perencanaan Balok

Langkah-langkah perencanaan balok sebagai berikut:

- Menentukan lebar efektif pelat lantai.

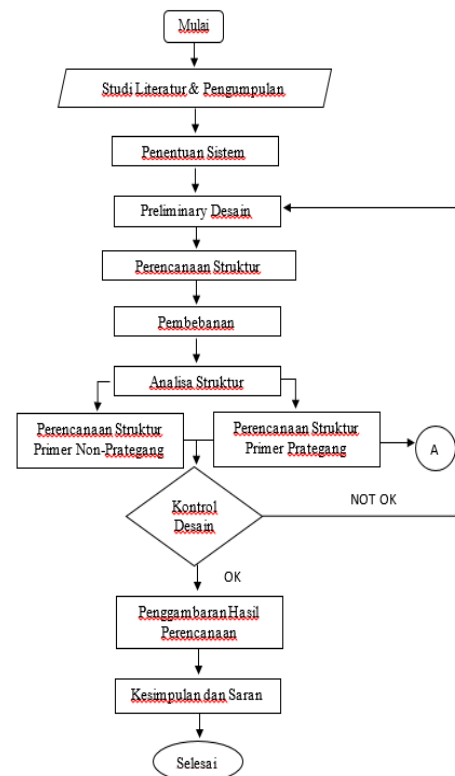
- Menghitung penampang balok
- Menghitung kuat lentur balok.
- Menghitung kuat geser balok.
- Menghitung kuat torsi balok
- Memeriksa persyaratan keamanan dan detail balok.

Perencanaan Balok Prategang

- Penentuan besarnya gaya prategang awal
- Penentuan letak kabel
- Perhitungan kehilangan gaya prategang
- Penentuan gaya jacking yang dibutuhkan
- kontrol tegangan yang terjadi
- Kontrol lendutan
- Perhitungan kekuatan ultimate beton prategang
- Perhitungan gaya geser balok prategang

F. Bagan Alir

Untuk lebih jelasnya proses perencanaan bangunan dengan struktur beton prategang, berikut adalah bagan alir yang memuat tahapan-tahapan dalam menganalisis dan merencanakan bangunan.



Gambar 6. Diagram akhir perencanaan



Gambar 7. Diagram alir perencanaan balok prategang

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Perencanaan

Berikut ini merupakan data-data perencanaan bangunan :

- Fungsi Bangunan : Penginapan dan Pertemuan
- Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Struktur Utama : Beton Bertulang dan Balok Prategang
- Lokasi Bangunan: Malimbu Lombok Utara
- Tinggi Bangunan : 50,05 m (13 Lantai)
- Mutu Beton ($f'c$): 35 MPa (Non Prategang) dan 50 MPa (Prategang)
- Mutu Baja (f_y) : 400 MPa (Non Prategang) dan 400 MPa (Prategang)
- Tipe *Strand* : ASTM A 416-06 Grade 270 (VSL)
- Diameter *Strand* : 12,7 mm
- Luas Penampang *Strand* : 98,7 mm²
- Kuat Tarik *Strand* (f_{pu}) : 1860 MPa
- Kuat Leleh *Strand* (f_{py}) : 1675 MPa
- Mutu Baja Tendon (f_y) : 1860 MPa

B. Preliminary Design

Balok

Dalam merencanakan dimensi

balok induk mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2. Dimensi balok dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Dimensi rencana balok induk.

Type Balok	Bentang (mm)	h min (mm)	b min (mm)	h pakai (mm)	b pakai (mm)
B1	7000	425	283.33	450	300
B2	5000	303.57	202.38	450	300
B3	3500	212.5	141.67	300	250

Pelat Lantai

Persyaratan tebal pelat lantai mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3. Dari hasil perhitungan diperoleh tebal pelat untuk semua lantai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Tebal Pelat Lantai

Pelat Lantai	Dimensi (mm)		t min (mm)	t pakai (mm)	Ket.
	lx	Ly			
A	7000	7000	144.63	150	Dua arah
B	3500	7000	130	150	Satu arah
C	5000	7000	148.97	150	Dua arah
D	3500	5000	91.13	150	Dua arah

Kolom

Dimensi kolom yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan dimensi eksisting dari Gedung Kondominium Amarsvati. Pendimensian kolom yang menopang balok prategang ditentukan dengan cara *trial and error*. Dimensi kolom masing-masing lantai dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Dimensi Kolom

Lantai	Dimensi (mm)		Mutu Beton
	b	h	
Penopang Balok Prategang	450	800	f'c 35
10 s/d Lantai Atap	350	700	f'c 35
2 s/d 9	450	800	f'c 35
Lantai Dasar s/d 1	550	900	f'c 35

C. Pembebanan Struktur

Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan peraturan yang berlaku (SNI 1726:2013), kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau S atau R)
- 1,2 D + 1,6(Lr atau S atau R) + (L atau 0,5 W)

4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$

5. $1,2 D \pm 1,0 E + L + 0,2 S$

6. $0,9 D + 1,0 W$

7. $0,9 D \pm 1,0 E$

Dimana :

D = beban mati

L = beban hidup

Lr = beban hidup atap

S = beban salju

R = beban hujan

W = beban angin

E = beban gempa

D. Perencanaan Pelat Lantai

Data Perencanaan Pelat

Berikut ini merupakan data-data perencanaan pelat :

Tebal Pelat Lantai Atap : 150 mm

Tebal Pelat Lantai Apartemen : 150 mm

Tebal Pelat Lantai *Ballroom* : 150 mm

Mutu Beton : 35 MPa

Mutu Baja : 400 MPa

Diameter Tulangan Rencana : 13 mm

Kebutuhan tulangan untuk pelat lantai dapat dilihat pada table 4. tabel 5, dan tabel 6.

Tabel 4. Kebutuhan tulangan pelat dua arah pada Arah X.

Tipe Pelat		Arah X			
		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
		Negatif	Positif	Negatif	Positif
Apartemen	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
Ballroom	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
Atap	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300

Tabel 5. Kebutuhan tulangan pelat dua arah pada Arah Y.

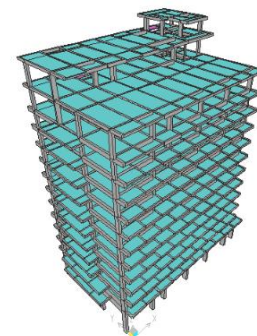
Tipe Pelat		Arah Y			
		Lajur Kolom		Lajur Tengah	
		Negatif	Positif	Negatif	Positif
Apartemen	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
Ballroom	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
Atap	A	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	C	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300
	D	D10-175	D10-175	D10-300	D10-300

Tabel 6. Kebutuhan tulangan pelat satu arah.

Satu Arah		
Lantai	Negatif	Positif
Apartemen	D10-125	D10-125
Ballroom	D10-125	D10-125
Atap	D10-125	D10-125

E. Analisis Struktur

Analisa struktur dalam modifikasi struktur gedung Kondotel Amarsvati Lombok menggunakan program bantu SAP2000 v.14.0. Dengan memodelkan gedung dan memasukkan beban-beban yang diterima pada program tersebut, maka didapatkan hasil-hasil analisis struktur.



Gambar 8. Pemodelan Struktur Kondotel Amarsvati Lombok pada program SAP2000 v.14.0.

Kontrol Gaya Geser Dasar

Syarat :

$$V_{dinamik} > 0,85 V_{statik}$$

Setelah dilakukan pengalihan faktor skala, didapatkan :

Tabel 7. Kontrol Akhir Gaya Geser Dasar

	Fx	Fy	Kontrol akhir	
	kN	kN	Fx	Fy
Vdinamik	3196.118		OK	
0.85 Vstatik	2701.109			
Vdinamik		4040.016		OK
0.85 Vstatik		2701.109		

Kontrol Simpangan Antar Lantai

Simpangan Ijin antar lantai 1 (Δ_a)

$$= 0,020 \times h_{sx}$$

$$= 0,020 \times 7000 \text{ mm}$$

$$= 140 \text{ mm (untuk simpangan ijin lantai 1)}$$

$$\Delta_{terjadi} (\text{Max}) = 59,329 \text{ mm} < 140 \text{ mm (OK)}$$

Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 Pasal 7.9.1, bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90%.

Tabel 8. Hasil modal partisipasi massa

OutputCase	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1	1.835	79.16%	0.04%
MODAL	2	1.514	79.47%	70.66%
MODAL	3	1.364	80.86%	76.58%
MODAL	4	0.672	92.07%	76.58%
MODAL	5	0.531	92.11%	88.16%
MODAL	6	0.488	93.52%	89.09%
MODAL	7	0.435	97.24%	89.22%
MODAL	8	0.345	97.52%	92.28%
MODAL	9	0.315	98.29%	95.54%
MODAL	10	0.301	99.41%	96.12%
MODAL	11	0.203	99.44%	99.52%
MODAL	12	0.186	99.88%	99.71%

F. Perencanaan Struktur Non-Prategang Penulangan Balok Induk

Dari hasil perhitungan diperoleh balok dimensi 300/450 dan 250/300 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, lapangan dan geser yang dapat dilihat pada tabel 8, dan tabel 9.

Tabel 9. Resume penulangan lentur balok induk.

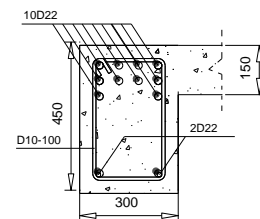
NO	TIPE BALOK	TULANGAN LAPANGAN		TULANGAN TUMPUAN	
		Pokok		Pokok	
		As Tarik	As' Tekan	As Tarik	As' Tekan
1	B1	6 D 22	2 D 22	10 D 22	2 D 22
2	B2	4 D 22	2 D 22	8 D 22	2 D 22
3	B3	3 D 22	2 D 22	4 D 22	2 D 22

Tabel 10. Resume penulangan geser balok induk

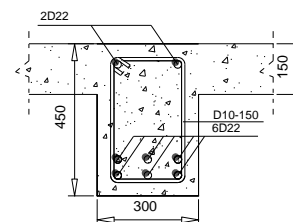
NO	TIPE BALOK	TULANGAN LAPANGAN	TULANGAN TUMPUAN
		Geser	Geser
		Begel dia - jrk	Begel dia - jrk
1	B1	D10 - 150	D10 - 100
2	B2	D10 - 250	D10 - 200
3	B3	D10 - 200	D10 - 100

Tabel 11. Resume penulangan torsi

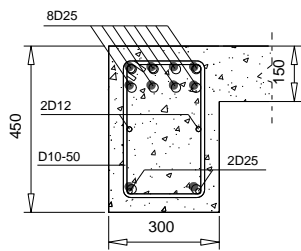
Lokasi	Balok Induk			
	B1A	B2A	B3A	
Tumpuan	Atas	8D25	9D22	4D22
	Tengah	2D12	2D12	2D22
	Bawah	2D25	3D22	3D22
Lapangan	Atas	2D25	3D22	3D22
	Tengah	2D12	2D12	2D12
	Bawah	6D25	5D22	4D22
Sengkang	D10-50	D10-50	D10-75	



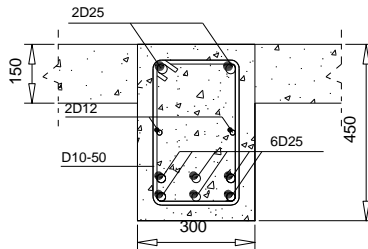
Gambar 9. Posisi tulangan lentur dan geser pada balok B1 di daerah tumpuan.



Gambar 10. Posisi tulangan lentur geser pada balok B1 di daerah lapangan.



Gambar 11. Tulangan torsi pada B1 di daerah tumpuan.



Gambar 12. Tulangan Torsi pada B1 di daerah lapangan.

Perencanaan Kolom

Dari hasil perhitungan diperoleh kolom dimensi 450/800 kebutuhan tulangan 12D22 dan kebutuhan tulangan geser D10-300.

G. Perencanaan Balok Prategang

Data Perencanaan

Berikut adalah data perencanaan

beton prategang :

- Panjang bentang : 14 m
- Dimensi balok prategang : 350/700 mm
- Mutu beton balok prategang ($f'c$) : 50 MPa
- Mutu beton pelat ($f'c$) : 35 MPa
- Tebal pelat (tf) : 150 mm
- Jarak antar balok (s) : 7 m
- Tebal selimut beton : 40 mm

Penentuan Gaya Prategang Awal (F_0)

- Gaya awal (F_0) : 2400 kN
- Gaya eff (F_{eff}) : $0,8 \times 2400 = 1920$ kN

Eksentrisitas Tendon

- e lapangan = 225 mm
- e tumpuan = 100 mm

Tegangan Ijin

- Pada saat transfer :
 - Tumpuan :
 - Tarik ijin = 3,32 MPa
 - Tekan ijin = -30,8 MPa
 - Lapangan :

- Tarik ijin = 1,66 MPa
- Tekan ijin = -26,4 MPa

- Pada saat beban layan :
 - Tumpuan :
 - Tarik ijin = 4,38 MPa
 - Tekan ijin = -21 MPa
 - Lapangan :
 - Tarik ijin = 4,38 MPa
 - Tekan ijin = -21 MPa

Kontrol Tegangan

- Pada saat transfer sebelum kehilangan prategang

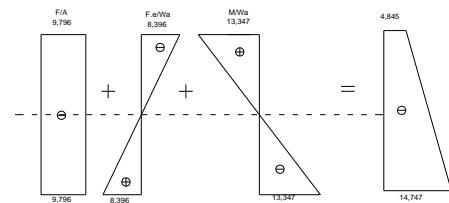
Tumpuan :

- Serat Atas : 3,32 MPa \geq -4,845 MPa (OK)
- Serat bawah : -30,8 MPa \geq -14,747 MPa (OK)

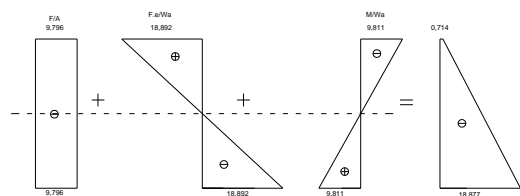
Lapangan :

- Serat atas : 1,66 MPa \geq -0,714 MPa (OK)
- Serat bawah : -26,4 MPa \geq -18,877 MPa (OK)

Saat 1D (Tumpuan)



Saat 1D (Lapangan)



Gambar 13. Diagram tegangan saat 1 D

- Pada saat sesudah kehilangan prategang

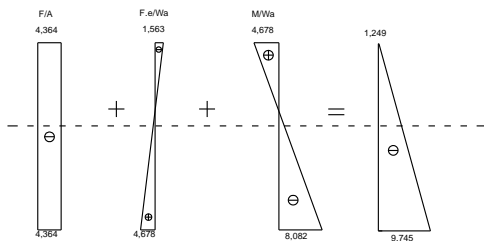
Tumpuan :

- Serat atas: 4,38 MPa \geq -1,249 MPa (OK)
- Serat bawah: -21 MPa \geq -9,745 MPa (OK)

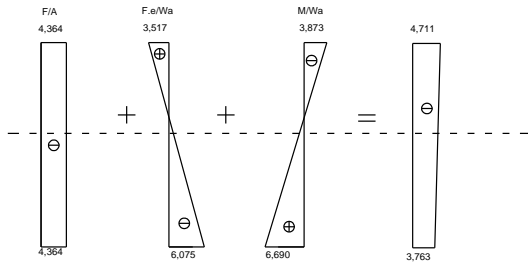
Lapangan :

- Serat atas : -21 MPa \geq -4,711 MPa (OK)
- Serat bawah : 4,38 MPa \geq -3,763 MPa (OK)

1D + 1L (Tumpuan)



1D + 1L (Lapangan)



Gambar 14. Diagram Tegangan saat 1D+1L

Penentuan Tendon yang Digunakan

Penentuan jumlah kabel strand dan tendon ditentukan dari gaya prategang yang telah sesuai dengan tegangan ijin.

Data kabel strand yang direncanakan sebagai baja prategang diperoleh dari tabel VSL (terlampir) dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe strand : ASTM A 416-06 Grade 270

Diameter : 12,7 mm

Luas (A_s) : 98,7 mm²

Kuat tarik (f_{pu}) : 1860 MPa

Kuat leleh (f_{py}) : 1675 MPa

Dengan nilai tegangan ijin tendon yang didapat, dapat dihitung jumlah luasan strand yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya prategang $F = 2400000$ N.

$$f_{st} = 0,7 \quad f_{pu} = 0,7 (1860) = 1302 \text{ MPa}$$

$$A_{perlu} = \frac{F_0}{f_p} = \frac{2400000}{1320} = 1843,318 \text{ mm}^2$$

Jumlah Strand :

$$n = \frac{A_{perlu}}{A_s} = \frac{1843,318}{98,7} = 18,676 \text{ buah} \approx 19$$

buah

Dari tabel prestressed strand VSL digunakan strand berjumlah 19 buah dengan tipe tendon 5-19 satu buah.

Kehilangan Gaya Prategang

Total kehilangan gaya prategang dari hasil perhitungan adalah sebesar 26,29 %

Kontrol Tegangan setelah kehilangan

$$F_{eff} = \frac{100 - 26,29}{100} \times F_0$$

$$= 73,71 \% \times 2400000 = 1769131,2 \text{ N}$$

Tumpuan :

Serat atas : 4,38 MPa \geq -0,782 MPa (OK)

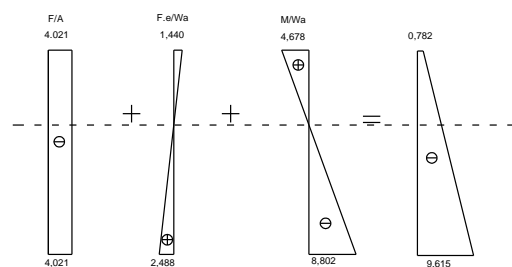
Serat bawah : -21 MPa \geq -9,615 MPa (OK)

Lapangan :

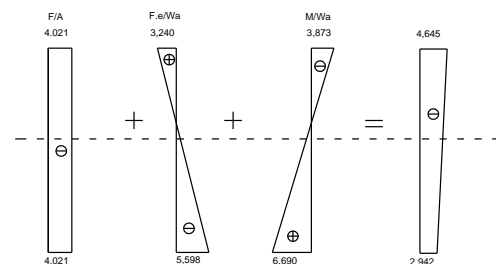
Serat atas : -21 MPa \geq -4,645 MPa (OK)

Serat bawah : 4,38 MPa \geq -2,949 MPa (OK)

(Tumpuan)



(Lapangan)



Gambar 15. Diagram tegangan setelah kehilangan prategang

Kontrol Lendutan

Lendutan ijin

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{480} = \frac{14000}{480} = 29,17 \text{ mm}$$

Lendutan yang terjadi :

- Lendutan Saat *Jacking*

Akibat tekanan tendon = 8,67 mm

Akibat beban sendiri = 2,31 mm

$\Delta_{total} = 6,35 \text{ mm} < 29,17 \text{ mm}$ (OK)

- Lendutan Saat Beban Layan

Akibat tekanan tendon = 6,39 mm

Akibat beban total = 23,52 mm

$\Delta_{total} = 17,13 \text{ mm} < 29,17 \text{ mm}$ (OK)

Daerah Limit Tendon

Posisi Tendon

Bentuk lintasan tendon adalah

parabola dan untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung, perhitungan ditinjau setengah bentang :

$$Y_i = \frac{4 \cdot f \cdot X_i \cdot (L - X_i)}{L^2}$$

Dimana :

Y_i = ordinat tendon yang ditinjau

X_i = absis tendon yang ditinjau

L = panjang bentang, 14000 mm

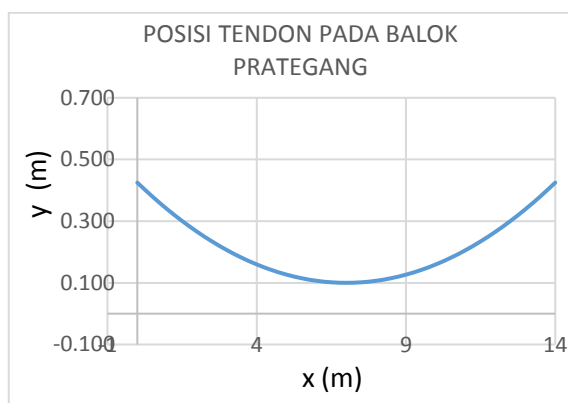
f = tinggi puncak parabola, (225+100= 335) mm

Sehingga apabila posisi tendon dihitung jarak dari serat bawah balok :

Perhitungan posisi tendon disajikan dalam bentuk tabel.

Tabel 12. Posisi Tendon pada ½ bentang.

x	y	Letak Tendon dari tepi bawah
0	0.000	425
500	46.95	380,23
1000	90.43	338,78
1500	130.42	300,64
2000	166.94	265,82
2500	199.98	234,31
3000	229.55	206,12
3500	255.63	181,25
4000	278.24	159,69
4500	297.37	141,45
5000	313.02	126,53
5500	325.19	114,92
6000	333.88	106,63
6500	339.10	101,66
7000	340.84	100



Gambar 16. Posisi tendon pada balok prategang

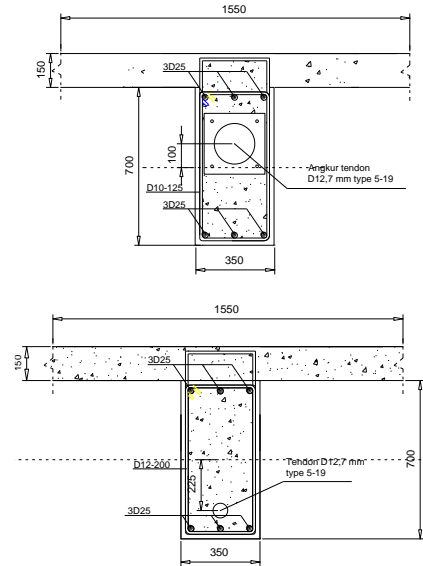
Penulangan Lunak Tambahan

Tulangan lentur untuk daerah lapangan dan

tumpuan : 3D25

Tulangan geser tumpuan : D12-125

Tulangan geser lapangan : D12-200



Gambar 19. Penulangan pada balok prategang

H. Fondasi

Fondasi menggunakan Pile Cap dimensi 3 x 3 m dengan 9 tiang pancang beton diameter 0,6m kedalaman 18 m

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan dalam modifikasi struktur gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok dengan balok prategang ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok pada lantai 12 dan 13 memiliki dimensi struktur sebagai berikut :
 - a. Struktur Sekunder :
 - Pelat Lantai = 150 cm
 - b. Struktur Primer :
 - 1) Balok Induk = 300/450 mm (bentang 7 m dan 5 m) 250/300 mm (bentang 3,5 m)
 - 2) Balok Prategang = 350/700 mm
 - 3) Kolom
 - lantai dasar s/d 1 = 900/550 mm
 - lantai 2 s/d 9 = 800/450 mm

lantai 10 s/d atap = 700/350 mm
penopang balok prategang = 800/450 mm

2. Balok prategang yang direncanakan dicor ditempat dan dibuat monolit dengan kolom dengan sistem pasca-tarik, dimana tendon ditarik setelah beton mengeras.
3. Balok prategang ini memiliki bentang bersih sepanjang 14 m. Jumlah strand yang dibutuhkan 19 buah dengan diameter 12,7 mm, tipe ASTM A 416-06 Grade 270 produk VSL.
4. Gaya prategang awal pada balok prategang ini sebesar 2400 kN dan mengalami kehilangan prategang sebesar 26,29 %, sehingga besar gaya prategang setelah terjadi kehilangan sebesar 1769,131 kN.
5. Fondasi menggunakan Pile Cap dimensi 3 x 3 m dengan 9 tiang pancang beton diameter 0,6 m kedalaman 18 m
6. Perencanaan gaya gempa pada perencanaan ini menggunakan analisa respons spectrum di wilayah Lombok Utara yang sesuai dengan SNI 1726:2012, diantaranya yaitu kontrol gaya geser dasar, kontrol simpangan antar lantai, dan kontrol partisipasi massa.

B. Saran

Berdasarkan pengerjaan tugas akhir ini, saran yang dapat penulis berikan yaitu :

- 1 Dalam merencanakan balok prategang, perlu diperhatikan nilai eksentrisitas dan gaya prategangnya, karena dengan eksentrisitas yang besar akan mendapatkan gaya prategang yang lebih kecil, sehingga jumlah strand dan luasan tendon yang digunakan lebih sedikit, namun perlu dikontrol terhadap tegangan ijinnya.
- 2 Perencanaan gedung dengan prategang selanjutnya dapat direncanakan pada pelat atau struktur kolom.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2014. *Pedoman Penulisan Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Mataram. Mataram.

- Galista B.D., 2017. *Desain Modifikasi Struktur Gedung Galaxy Mall 3 Dengan Menggunakan Balok Pratekan Untuk Amenities Dengan Meninjau Pengaruh Torsi Akibat Ketidakberaturan Struktur Banguna*. Insitut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Hadi, T.F., 2017. *Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen The Royal Olive Residence Jakarta Dengan Balok Prategang*, Insitut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Iqbal, M., 2017. *Perencanaan Ulang Struktur Gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok Dengan Portal Baja Beton Komposit "Encased Composite Members"*, Universitas Mataram. Mataram.
- Lin, T.Y., Burns, N.H., 2000. *Desain Struktur Beton Prategang Edisi Ketiga*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Nawy, E.G., 2001. *Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Edisi Ketiga*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- PPPURG, 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Rifanli M., 2017. *Desain Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Elpis Residence Jakarta Menggunakan Sistem Ganda Dan Balok Beton Prategang*. Insitut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Setiawan A., 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI 2847:2013*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- SNI 1726, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1727, 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 2847, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.