

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG KONDOMINIUM  
HOTEL AMARSVATI LOMBOK DENGAN BALOK PRATEGANG**  
*Structure Modification of Condominium  
Hotel Amarsvati Lombok with Prestressed Beam*

**Nurul Auliyanti\*, Pathurahman\*\*, Suryawan Murtiadi\*\***

**\*Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram**

**\*\*Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram**

**Email : nurulauliyanti@gmail.com, pathur\_ftunram@yahoo.com, s.murtiadi@unram.ac.id**

**Abstrak**

*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.*

**PENDAHULUAN**

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 berbentang relatif panjang serta beban yang berat, balok prategang umumnya membutuhkan ukuran yang lebih kecil daripada balok beton bertulang biasa. Sehingga 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.

Berdasarkan uraian diatas, maka 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 area 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.

## **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 pertegang

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 komponen 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)

Pada desain pendahuluan struktur dengan beton prategang, bila momen gelagar (Mg) jauh lebih besar dari 20-30% MT (momen total), maka Mg tidak dapat menentukan desain dan desain pendahuluan dibuat hanya dengan memperhatikan MT. Bila Mg relatif kecil terhadap MT, maka desain ditentukan oleh  $ML = MT - Mg$ . Dengan demikian total gaya prategang efektif yang diperlukan, adalah:

$$F = \frac{MT}{0,65 h} \text{ atau } F = \frac{MT}{0,50 h} \dots\dots\dots (1)$$

dengan : MT = Momen total pada penampang, ML = Selisih antara momen total dan momen gelagar, Mg = Momen gelagar, h = Tinggi penampang (mm)

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 ditentukan sebagai berikut :

$$y_b = \frac{\sum A \times y}{\sum A} \text{ dan } y_a = h - y_b \dots\dots\dots (2)$$

dengan :  $y_b$  = 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 :

$$I_x = I + A (y-y_b)^2 \dots\dots\dots (3)$$

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

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 ini.

$$f = -\frac{F}{A} \pm \frac{F \cdot e \cdot y}{I} \pm \frac{M \cdot y}{I} \dots\dots\dots (4)$$

dengan : 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 ijin beton pada saat transfer gaya prategang :

- Tegangan tekan :  $f_{ci} = 0,6 f'_{ci}$
- Tegangan tarik :  $f_t = 0,25 \sqrt{f'_{ci}}$

Tegangan ijin beton pada saat layan :

- Tegangan tekan :  $f_c = 0,45 f'_c$
- Tegangan tarik :  $f_t = 0,5 \sqrt{f'_c}$

Perkiraan gaya prategang total :

$$\Delta = \Delta f_{pA} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pES} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCR} + \Delta f_{pSH} \dots \dots \dots (5)$$

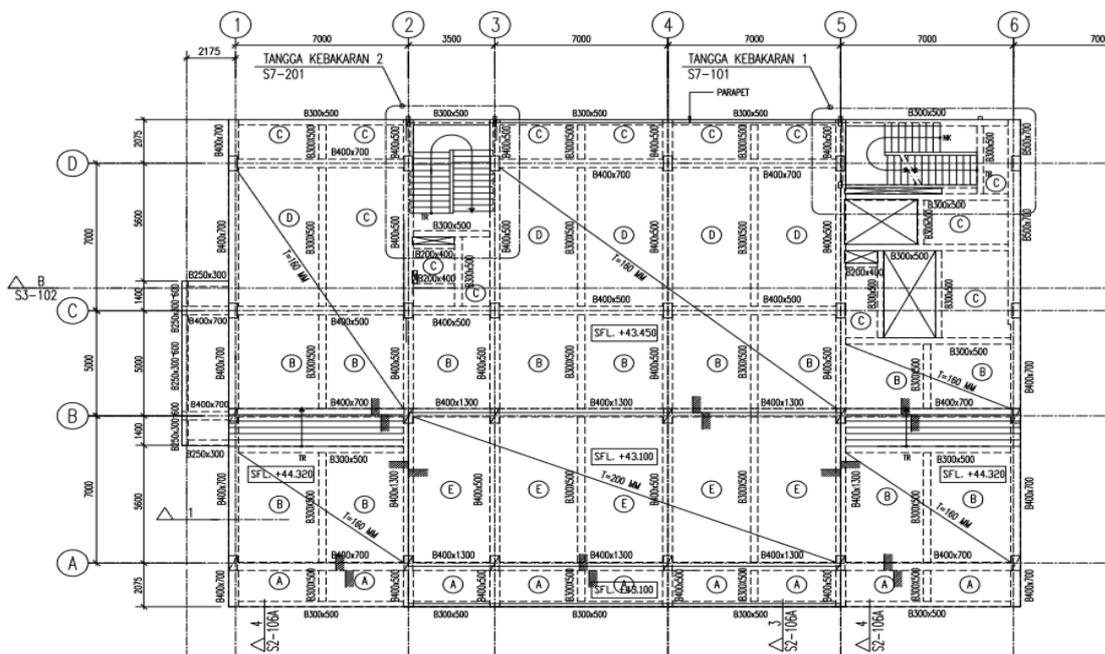
dengan :  $\Delta f_{pT}$  = Kehilangan prategang total,  $\Delta f_{pA}$  = Kehilangan prategang akibat slip ankur,  $\Delta f_{pF}$  = Kehilangan prategang akibat friksi/gesekan,  $\Delta f_{pES}$  = Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton,  $\Delta f_{pR}$  = Kehilangan prategang akibat relaksasi tendon,  $\Delta f_{pCR}$  = Kehilangan prategang akibat rangkai pada beton,  $\Delta f_{pSH}$  = Kehilangan prategang akibat susut pada beton.

**METODE PENELITIAN**

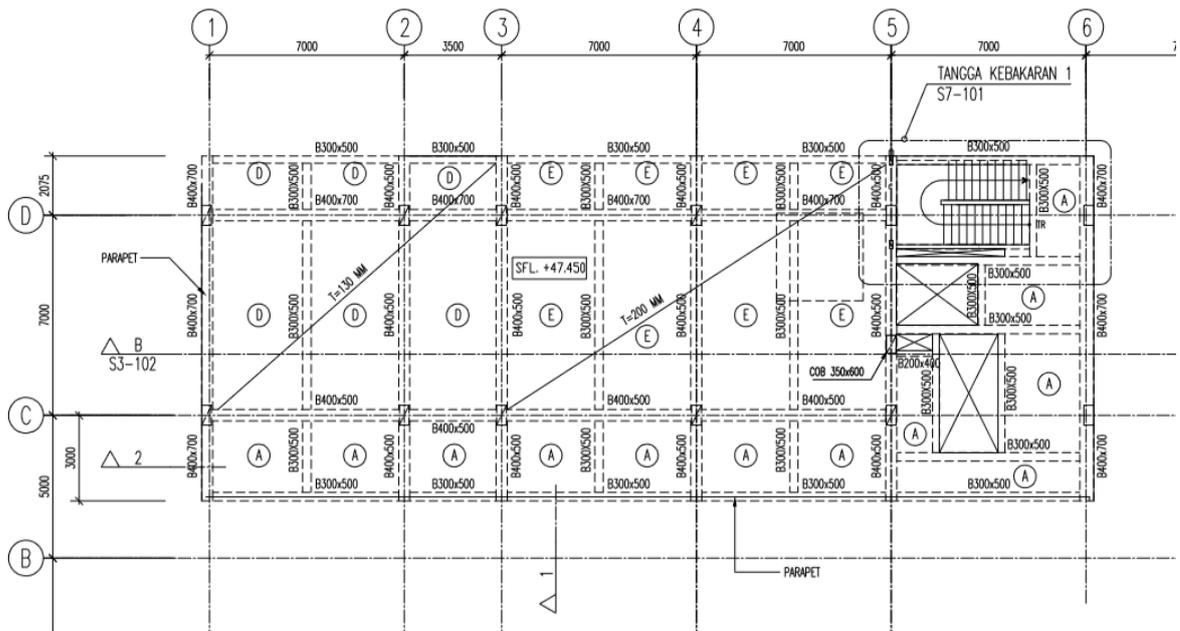
Gedung kondominium hotel Amarsvati terdiri dari 13 lantai + 1 lantai dak atap dengan 2 tower terpisah. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton konvensional dan dalam studi ini akan dilakukan modifikasi pada struktur balok memanjang yang terletak pada lantai 12 dan 13 dengan menggunakan beton prategang.

**Tabel 1.** Perbandingan data gedung kondominium hotel Amarsvati sebelum dan setelah dimodifikasi

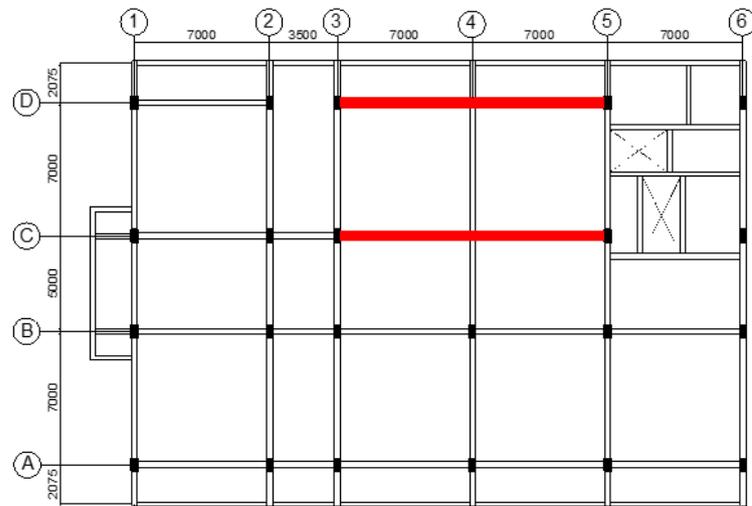
No.	Data	Sebelum dimodifikasi	Setelah dimodifikasi
a.	Zona gempa	5	5
b.	Jumlah lantai	13	13
c.	Tinggi gedung	+50,05 m	+50,05 m
d.	Struktur utama	Struktur Beton Bertulang	Struktur Beton Bertulang dan Balok Prategang <i>Post-Tensioning</i> .
e.	Fungsi per lantai		
	▪ Lantai 1 - 11	Hotel	Hotel
	▪ Lantai 12	Ruang Serbaguna dan Gym	Ruang Serbaguna dengan Balok Prategang dan Gym
	▪ Lantai 13	Ruang Serbaguna dan Kolam Renang	Ruang Serbaguna dengan Balok Prategang dan Kolam Renang



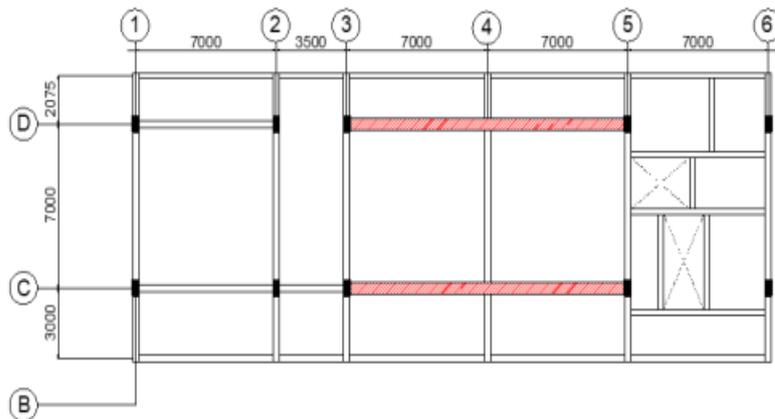
**Gambar 2.** Denah Eksisting Lantai 12



Gambar 3. Denah Eksisting Lantai 13



Gambar 4. Denah Balok Beton Prategang Lantai 12

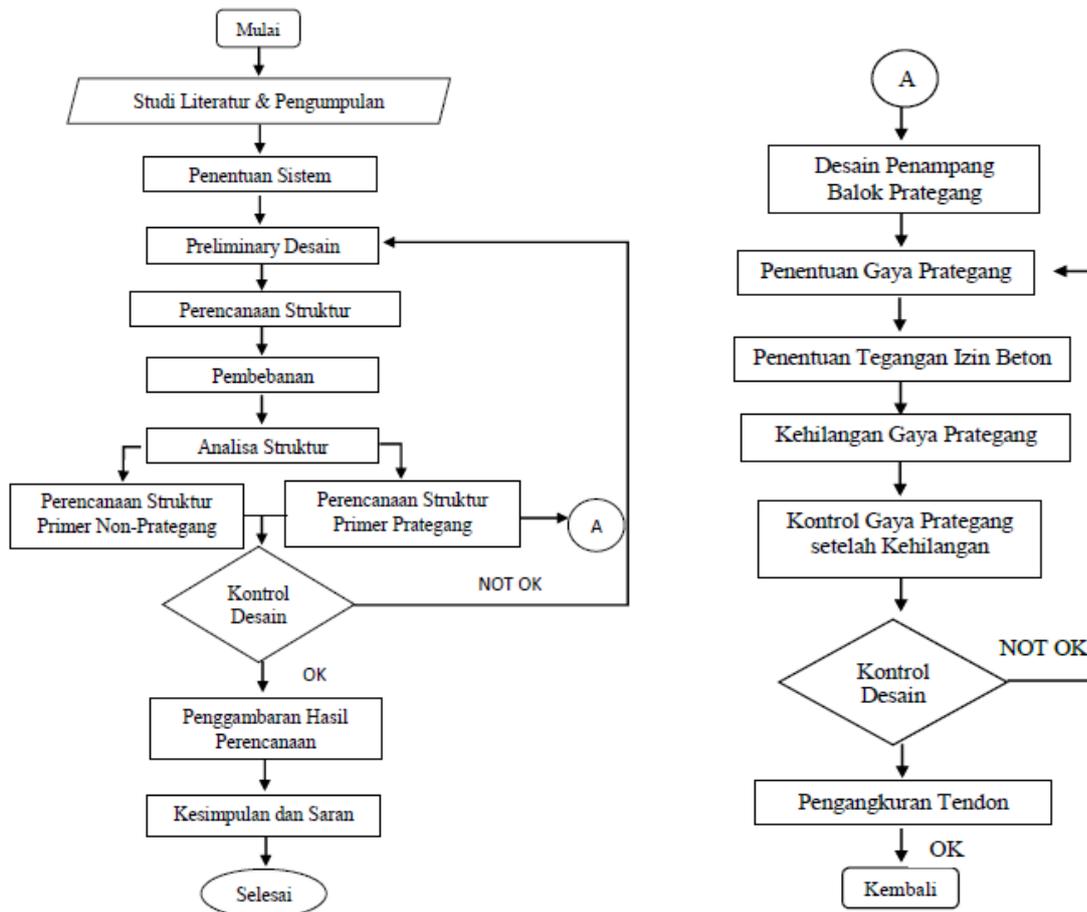


Gambar 5. Denah Balok Beton Prategang Lantai 13

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

- a) Mutu Beton ( $f_c$ ) : 35 MPa (Non Prategang) dan 50 MPa (Prategang)
- b) Mutu Baja ( $f_y$ ) : 400 MPa (Non Prategang) dan 400 MPa (Prategang)
- c) Sengkang : 240 MPa
- d) Tipe *Strand* : ASTM A 416-06 Grade 270 (VSL)
- e) Diameter *Strand* : 12,7 mm
- f) Luas Penampang *Strand* : 98,7 mm
- g) Kuat Tarik *Strand* ( $f_{pu}$ ) : 1860 MPa
- h) Kuat Leleh *Strand* ( $f_{py}$ ) : 1675 MPa
- i) Mutu Baja Tendon ( $f_y$ ) : 1860 MPa
- j) Tendon : Kawat *Strand* (*post-tension*)  $\varnothing 12.70$  mm
- k) Panjang bentang : 14 m
- l) Dimensi balok prategang : 350/700 mm
- m) Mutu beton pelat ( $f_c$ ) : 35 MPa
- n) Tebal pelat ( $t_f$ ) : 150 mm
- o) Jarak antar balok ( $s$ ) : 7 m

Langkah-langkah dalam perencanaan struktur bangunan terdiri dari perencanaan pelat lantai, balok, dan balok prategang seperti pada bagan alir berikut ini



Gambar 6. Diagram Alir Perencanaan Balok Prategang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perencanaan Pendahuluan

Dalam merencanakan dimensi balok induk mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2. Pendimensionan balok induk direncanakan sebagai balok tertumpu sederhana.

**Tabel 1.** Dimensi rencana balok induk.

Tipe 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

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

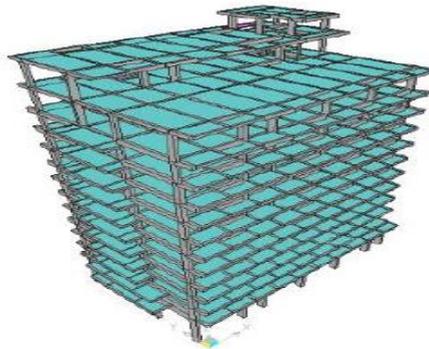
Dimensi kolom yang digunakan adalah dimensi eksisting dari Gedung Kondominium Amarsvati. Perhitungan dimensi kolom yang menopang balok prategang ditentukan dengan cara *trial and error*. Dimensi kolom masing-masing lantai dapat dilihat dalam Tabel 3. Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan peraturan yang berlaku (SNI 1726:2013). Kebutuhan tulangan untuk pelat lantai dapat dilihat pada Tabel 4. Analisa struktur pada modifikasi struktur gedung Kondotel Amarsvati Lombok dilakukan dengan memasukkan beban-beban yang diterima sehingga didapatkan hasil analisis struktur seperti pada Gambar 7.

**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

**Tabel 4.** Kebutuhan tulangan pelat dua arah pada Arah X dan Y

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



**Gambar 7.** Pemodelan Struktur Kondotel Amarsvati Lombok dengan program SAP2000.

Hasil analisis struktur harus dikontrol dengan batasan-batasan tertentu, seperti kontrol geser dasar, kontrol simpangan antar lantai dan kontrol partisipasi massa. Hal ini dilakukan untuk meninjau apakah struktur tersebut kuat dalam memikul beban-beban yang bekerja.

Menurut SNI 1726:2013 Pasal 7.9.4, bahwa nilai akhir respons spektrum tidak boleh kurang dari 85% nilai respons yang dihitung menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen.

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

Setelah dilakukan pengalihan faktor skala, didapatkan kontrol akhir gaya geser dasar sebagai berikut.

**Tabel 5.** Kontrol akhir gaya geser dasar

Gaya geser dasar	Vdinamik	0,85 Vstatik	Kontrol akhir
Fx (kN)	3.196,118	2.701,109	ok
Fy (kN)	4.040,016	2.701,109	ok

Simpangan ijin antar lantai 1 ( $\Delta_a$ ) = 0,020 x h<sub>sx</sub> = 0,020 x 7000 mm = 140 mm (untuk simpangan ijin lantai 1)

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

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

**Tabel 6.** Hasil modal partisipasi massa

Output Case Text	Step Num	Unitless	Period Sec	SumUX Unitless	SumUY 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%

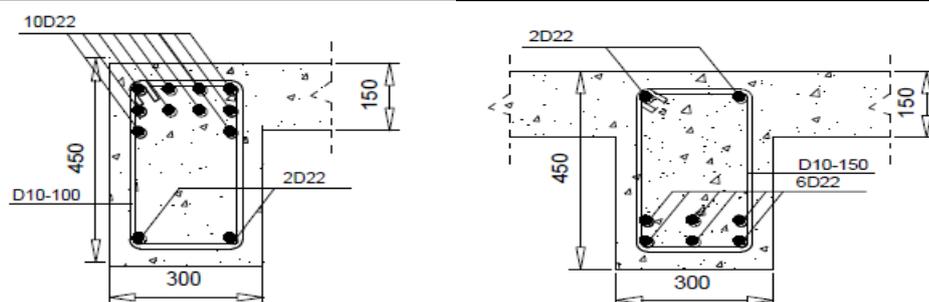
**Perencanaan Struktur Primer Non-Prategang**

Perencanaan struktur primer non prategang ini meliputi perencanaan balok induk, kolom dan hubungan balok-kolom. Perhitungan ini mengacu pada peraturan yang berlaku yaitu SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1726:2012

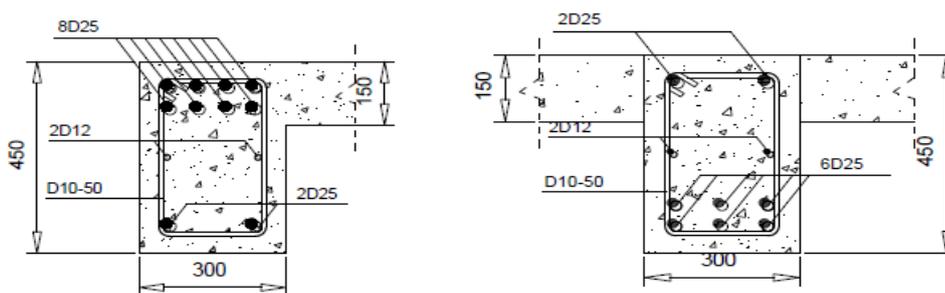
tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Dalam perhitungan tulangan balok induk akan meninjau balok tipe B1 (Balok interior dengan bentang = 7 m) dengan dimensi 450/300. Dari hasil perhitungan diperoleh balok dimensi 300/450 dan 250/300 dengan kebutuhan tulangan tumpuan, lapangan dan geser yang dapat dilihat pada Tabel 7. Posisi tulangan lentur, geser, dan torsi untuk balok induk dapat dilihat pada Gambar 8. Kolom yang digunakan dimensi 450/800, kebutuhan tulangan 12D22 dan kebutuhan tulangan geser D10-300.

**Tabel 7.** Resume penulangan lentur, geser dan torsi balok induk

Tipe Balok	Penulangan Lentur				Penulangan Geser				Penulangan Torsi				Sengkang
	Tulangan Lapangan Pokok		Tulangan Tumpuan Pokok		Tulangan Lapangan Geser	Tulangan Tumpuan Geser	Tulangan Lapangan			Tulangan Tumpuan			
	As Tarik	As Tekan	Begel dia-jrk	Begel dia-jrk	As Tarik	As Tarik	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah	
B1	6 D 22	2 D 22	D10 - 150	D10 - 100	10 D 22	10 D 22	2D25	2D12	6D25	8D25	2D12	2D25	D10-50
B2	4 D 22	2 D 22	D10 - 250	D10 - 200	8 D 22	8 D 22	3D22	2D12	5D22	9D22	2D12	3D22	D10-50
B3	3 D 22	2 D 22	D10 - 200	D10 - 100	4 D 22	4 D 22	3D22	2D12	4D22	4D22	2D12	3D22	D10-75



a. tulangan lentur dan geser di daerah tumpuan      b. tulangan lentur dan geser di daerah lapangan



c. tulangan torsi di daerah tumpuan      b. tulangan torsi di daerah lapangan

**Gambar 8.** Posisi tulangan lentur, geser, dan torsi untuk balok induk (B1)

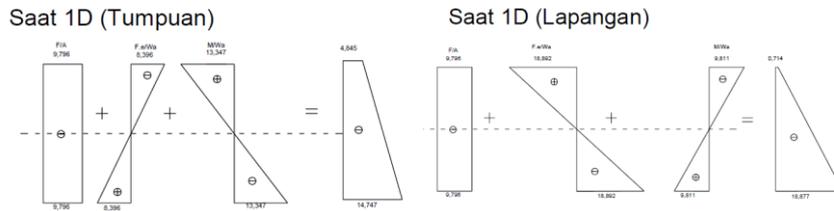
### Perencanaan Balok Prategang

Balok prategang dalam modifikasi struktur gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok direncanakan dengan menggunakan sistem pasca-tarik (*Post-Tension*). Sistem ini berarti gaya prategang diberikan setelah beton mengeras, kemudian dilakukan pengangkuran di kedua ujung balok. Balok prategang yang direncanakan berada pada lantai 12 dan 13 dengan panjang bentang masing-masing 14 m. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton saat belum keras, diambil waktu *curing* 14 hari. Berdasarkan koefisien tabel konversi kekuatan dalam PBI 1971, nilai  $f_{ci} = 0.88 \times 50 = 44$  MPa. 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 dengan spesifikasi yang telah dijelaskan pada sub bab metode perancangan. Dengan nilai

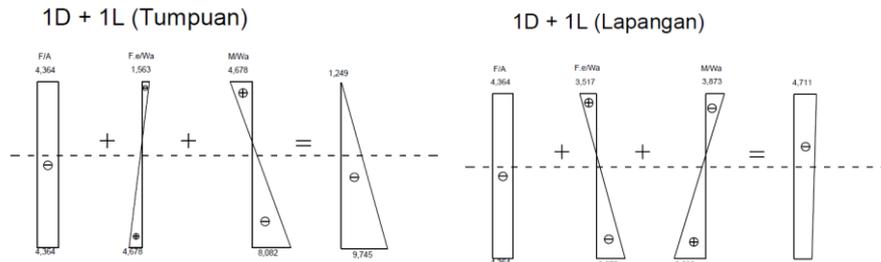
tegangan ijin tendon yang didapat, dihitung jumlah luasan *strand* yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya prategang ( $F_o = 2400000$  N) yang diinginkan. Dari tabel *prestressed strand* VSL digunakan *strand* berjumlah 19 buah dengan tipe tendon 5-19 satu buah. Hasil perhitungan balok prategang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Hasil perhitungan balok prategang

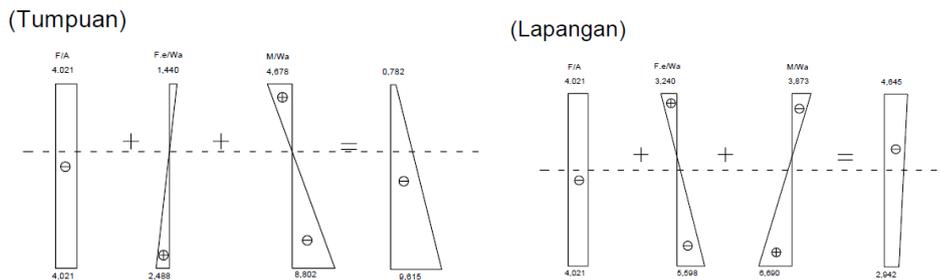
No.	Parameter hasil perhitungan	Nilai
1	Gaya prategang awal	
	- Gaya awal ( $F_o$ )	2400 kN
	- Gaya eff ( $F_{eff}$ )	$0,8 \times 2400 = 1920$ kN
2	Eksentrisitas Tendon :	
	- e lapangan	225 mm
	- e tumpuan	100 mm
3	Tegangan ijin pada saat transfer (tumpuan)	
	- Tegangan tarik ijin	3,32 MPa
	- Tegangan tekan ijin	-30,8 MPa
4	Tegangan ijin pada saat transfer (lapangan)	
	- Tegangan tarik ijin	1,66 MPa
	- Tegangan tekan ijin	-26,4 MPa
5	Tegangan ijin pada saat beban layan (tumpuan)	
	- Tegangan tarik ijin	4,38 MPa
	- Tegangan tekan ijin	-21 MPa
6	Tegangan ijin pada saat beban layan (lapangan)	
	- Tegangan tarik ijin	4,38 MPa
	- Tegangan tekan ijin	-21 MPa
7	Kontrol tegangan pada saat transfer sebelum kehilangan prategang (tumpuan)	
	- Serat atas	$3,32 \text{ MPa} \geq -4,845 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$-30,8 \text{ MPa} \geq -14,747 \text{ MPa}$ (OK)
8	Kontrol tegangan pada saat transfer sebelum kehilangan prategang (lapangan)	
	- Serat atas	$1,66 \text{ MPa} \geq -0,714 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$-26,4 \text{ MPa} \geq -18,877 \text{ MPa}$ (OK)
9	Kontrol tegangan pada saat sesudah kehilangan prategang (tumpuan)	
	- Serat atas	$4,38 \text{ MPa} \geq -1,249 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$-21 \text{ MPa} \geq -9,745 \text{ MPa}$ (OK)
10	Kontrol tegangan pada saat sesudah kehilangan prategang (lapangan)	
	- Serat atas	$-21 \text{ MPa} \geq -4,711 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$4,38 \text{ MPa} \geq -3,763 \text{ MPa}$ (OK)
11	Kabel <i>strand</i>	
	- Luas total <i>strand</i> yang dibutuhkan ( $A_{perlu}$ )	1843,318 mm <sup>2</sup>
	- Jumlah <i>strand</i> yang dibutuhkan (n)	18,676 buah $\approx$ 19 buah
12	Gaya prategang setelah kehilangan prategang	$73,71 \% \times 2400 = 1769,1312$ kN
13	Total kehilangan gaya prategang	26,29 %
14	Kontrol tegangan setelah kehilangan prategang (tumpuan)	
	- Serat atas	$4,38 \text{ MPa} \geq -0,782 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$-21 \text{ MPa} \geq -9,615 \text{ MPa}$ (OK)
15	Kontrol tegangan setelah kehilangan prategang (tumpuan)	
	- Serat atas	$-21 \text{ MPa} \geq -4,645 \text{ MPa}$ (OK)
	- Serat bawah	$4,38 \text{ MPa} \geq -2,949 \text{ MPa}$ (OK)
16	Lendutan ijin ( $\Delta_{ijin}$ )	29,17 mm
17	Lendutan saat <i>jacking</i>	
	- Akibat tekanan tendon	8,67 mm
	- Akibat beban sendiri	2,31 mm
18	Lendutan saat beban layan	
	- Akibat tekanan tendon	6,39 mm
	- Akibat beban sendiri	23,52 mm
19	Lendutan total ( $\Delta_{total}$ )	17,13 mm < 29,17 mm (OK)



Gambar 9. Diagram tegangan saat 1 D



Gambar 10. Diagram Tegangan saat 1D+1L

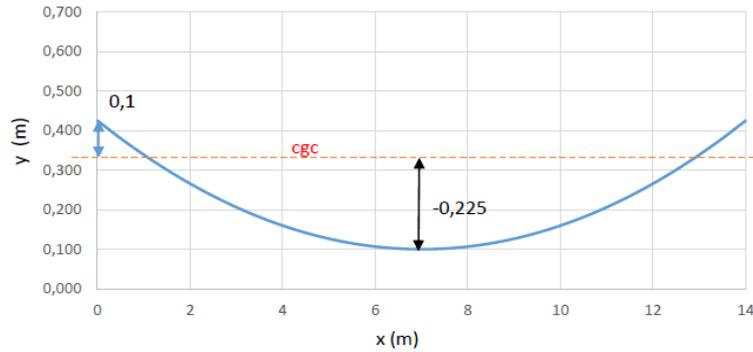


Gambar 11. Diagram tegangan setelah kehilangan prategang

Daerah limit kabel adalah daerah dimana kabel tendon prategang boleh berada tanpa menimbulkan tegangan-tegangan yang menyalahi tegangan yang diijinkan. Sehingga pada daerah tersebut gaya prategang dapat diterapkan pada penampang tanpa menyebabkan terjadinya tegangan tarik pada serat beton Bentuk lintasan tendon adalah parabola dan untuk mengetahui posisi tendon ditinjau setengah bentang, seperti disajikan pada Tabel 9.

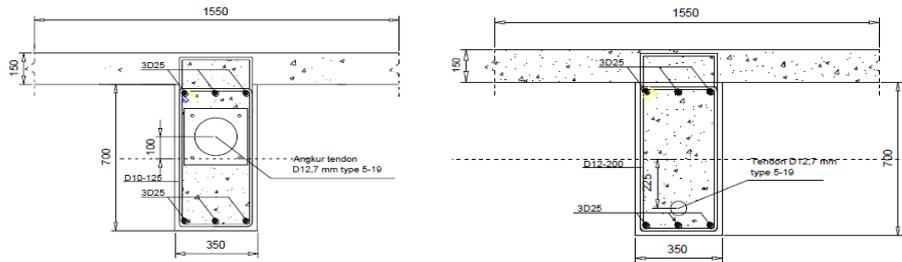
Tabel 9. Posisi Tendon pada ½ bentang

X (m)	Y (m)	Letak Tendon dari titik berat (m)
0	0.000	0,100
0.5	0.045	0,055
1	0.086	0,014
1.5	0.124	-0,024
2	0.159	-0,059
2.5	0.191	-0,091
3	0.219	-0,119
3.5	0.244	-0,144
4	0.265	-0,165
4.5	0.284	-0,184
5	0.298	-0,198
5.5	0.310	-0,210
6	0.318	-0,218
6.5	0.323	-0,223
7	0.325	-0,225



Gambar 12. Posisi tendon pada balok prategang

Perencanaan kebutuhan tulangan lunak didasarkan pada gaya gempa yang terjadi. Dengan cara perhitungan yang sama dengan perhitungan penulangan balok induk, maka di dapatkan tulangan lentur 3D25 pada kedua serat dan tulangan geser D12-125 pada daerah tumpuan serta D12-200 pada daerah lapangan.



Gambar 13. Penulangan pada balok prategang

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan yang telah dilakukan dalam modifikasi struktur gedung Kondominium Hotel Amarsvati Lombok dengan balok prategang ini dapat diambil simpulan 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 mm
  - b. Struktur primer terdiri dari : balok induk = 300/450 mm (bentang 7 m dan 5 m); 250/300 mm (bentang 3,5 m); balok prategang = 350/700 mm; kolom : lantai dasar s/d 1 = 550/900 mm; lantai 2 s/d 9 = 450/800 mm, lantai 10 s/d atap = 350/700 mm, penopang balok prategang = 450/800 mm
2. Balok prategang 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.
3. Gaya prategang awal pada balok prategang sebesar 2400 kN dengan eksentrisitas tumpuan sebesar 100 mm dan eksentrisitas lapangan sebesar 225 mm.
4. Balok prategang mengalami kehilangan gaya prategang akibat pengangkutan 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%. Kehilangan prategang total sebesar 26,29 %, sehingga besar gaya prategang setelah terjadi kehilangan sebesar 1769,131 kN.

## Saran

Dalam merencanakan balok prategang, perlu diperhatikan nilai eksentrisitas dan gaya prategangnya. Perancangan struktur gedung dengan prategang selanjutnya dapat dilakukan pada pelat atau struktur kolom.

## DAFTAR PUSTAKA

- Galista, B.,D. (2017). Desain Modifikasi Struktur Gedung Galaxy Mall 3 Dengan Menggunakan Balok Pratekan Untuk Amenities Dengan Meninjau Pengaruh Torsi Akibat Ketidakberaturan Struktur Bangunan. 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.