

# Desain Modifikasi Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya dengan Menggunakan Balok Beton Pratekan pada Lantai Atap

Muhammad Ridho, Harun Al Rasyid, Candra Irawan  
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: harun.ce.its@gmail.com

**Abstrak**—Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya yang ditinjau penulis merupakan gedung multifungsi yang terdiri dari 13 lantai dengan tinggi bangunan 48 meter. Dimana pada lantai 12 terdapat ruang pertemuan tanpa adanya struktur kolom di tengah ruangan dengan bentang balok sepanjang 12 meter. Sebagai solusi dari struktur ruang pertemuan tersebut maka diperlukan perencanaan balok beton pratekan. Perkembangan sistem beton pratekan yang semakin pesat dalam perencanaan gedung membutuhkan pertimbangan tertentu, untuk itu digunakan sistem post tension (pasca tarik) untuk kemudahan konstruksi pada gedung. Selain balok pratekan perencanaan juga memperhitungkan kondisi kegempaan yang ada. Berdasarkan identifikasi data tanah hasil uji Standart Penetration Test (SPT) dan Peta Hazard 2010, diketahui bahwa Kota Surabaya merupakan wilayah dengan jenis tanah sedang serta memiliki nilai respon spektra percepatan 0,2 detik sebesar 0,6g dan nilai Sds sebesar 0,528 sehingga masuk kondisi desain seismik D (KDS D). Dengan kondisi tanah yang masuk KDS D, maka struktur bangunan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Desain struktur pada bangunan ini meliputi perhitungan struktur atas dan struktur bawah. Dimana struktur atas terdiri dari perhtungan kolom, balok, pelat lantai, tangga. Sedangkan struktur bawah terdiri dari perhitungan poer, dan fondasi. Untuk material dalam perencanaan struktur menggunakan mutu bahan:  $f_c' = 30$  Mpa,  $f_y = 400$  Mpa. Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ditetapkan pada SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, dan SNI 1727-2013 untuk beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain. Dari perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, gaya pratekan yang didapat sebesar 2000 kN dengan kehilangan gaya pratekan sebesar 23,50%. Dan selanjutnya akan dituangkan dalam bentuk laporan perhitungan struktur dengan disertai gambar teknik yang dapat dijadikan acuan dalam pembangunan.

**Kata Kunci**—At-Tauhid Tower, Beton Pratekan, SRPMK.

## I. PENDAHULUAN

**M**ODIFIKASI yang akan dilakukan adalah perubahan bentang balok beton bertulang menjadi balok beton pratekan untuk meningkatkan panjang bentang dengan dimensi penampang yang relative kecil. Pada umumnya balok beton bertulang hanya mampu mencapai panjang maksimal 8 m, tetapi dengan modifikasi menjadi balok beton pratekan bentang balok menjadi lebih besar.

Beton pratekan merupakan teknologi konstruksi beton yang mengkombinasikan dua jenis bahan mutu tinggi yaitu beton dan baja dengan cara aktif yaitu dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan. Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Kemampuan beton dalam menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Sehingga, beton pratekan merupakan kombinasi yang ideal dari dua bahan modern yang berkekuatan tinggi [1].

Tujuan secara rinci dari pembahasan tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat menentukan *preliminary design* dari struktur primer dan sekunder.
2. Dapat menghitung pembebanan pada struktur tersebut.
3. Dapat memodelkan dan menganalisis struktur gedung dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Dapat menentukan metode pelaksanaan balok beton pratekan.
5. Dapat merencanakan balok beton pratekan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.
6. Dapat merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban yang dipikul.
7. Dapat menuangkan hasil perhitungan dalam bentuk gambar desain.

## II. METODOLOGI

### A. Umum

Sebelum mengerjakan penelitian, maka perlu disusun langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data, sampai tujuan akhir dari analisa.

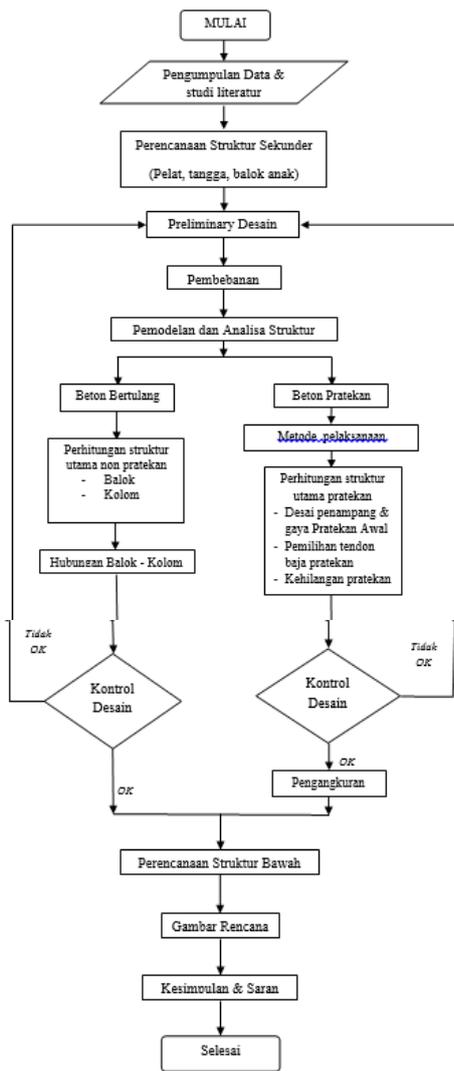
### B. Bagan Alir Penyelesaian Penelitian

Lingkup pekerjaan yang akan dilaksanakan dalam menyelesaikan penelitian ini akan diterangkan sesuai bagan alir pada Gambar 1.

### C. Pengumpulan Data

Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian ini yaitu:

- a. Tipe Bangunan = Gedung At-Tauhid Tower Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- b. Lokasi = Jl Sutorejo No. 59 Surabaya
- c. Ketinggian Lantai = 4,0 m



Gambar 1. Bagan alir penyelesaian penelitian.

- d. Mutu Beton ( $f'c$ ) = 40 Mpa
- e. Mutu Baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

**D. Studi Literatur**

Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa peraturan mengenai perancangan beton pratekan dan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini. Desain modifikasi struktur ini ditinjau dengan menggunakan analisa respon dinamik dan menggunakan panduan peraturan perancangan struktur beton untuk bangunan gedung SNI 2847:2013 [2], perancangan ketahanan gempa SNI 1726:2012 [3] dan peraturan pembebanan PPIUG 1983 [4].

**E. Kombinasi**

Berdasarkan peraturan Badan Standardisasi Nasional (2013) Pasal 9.2.1, beban-beban yang dibebankan kepada struktur bangunan dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi tertentu, sehingga struktur memenuhi syarat keamanan, antara lain [2]:

- 1,4 D (1)
- 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R) (2)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W) (3)
- 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr atau R) (4)
- 1,2D + 1,0E + 1,0L (5)
- 0,9D + 1,0W (6)

Tabel 1. Dimensi balok

No.	Tipe	Dimensi
1	Balok Anak	30/40
2	Balok Induk	40/70
3	Balok Lift	40/60
4	Balok Prategang	50/80

Tabel 2. Dimensi pelat

Tipe Pelat	Ukuran	Tebal
Lantai 1-12	400x600	120
Lantai Atap	400x600	120

$0,9D + 1,0E$  (7)

**III. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**A. Perencanaan Dimensi (Preliminary Design)**

Desain awal bangunan terdiri dari beberapa komponen, diantaranya dimensi balok, dimensi kolom, dimensi pelat, dan dimensi tangga.

**1) Dimensi Balok**

Dasar perencanaan mengenai dimensi balok dapat dilihat pada Tabel 1.

- a. Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum ( $h$ ) menggunakan  $L/12$ .
- b. Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$ ) selain 420 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum ( $h$ ) harus dikalikan dengan  $0,4 \times (f_y/700)$ .

Hasil perhitungan diperoleh tebal pelat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**2) Dimensi Kolom**

Berikut adalah perhitungan dimensi kolom untuk K1, dengan beban yang diterima:

$$Q_d = 671726,03 \text{ kg}$$

$$Q_l = 65526 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2D + 1,6L$$

$$= 1,2(671726,03) + 1,6(65526)$$

$$= 910912,83 \text{ kg}$$

$$= 9109128,3 \text{ N}$$

$$A_g = \frac{P_u \times 3}{f'c} = \left( \frac{9109128,3}{40} \right) = 6831,846 \text{ mm}^2$$

$b = dd = \sqrt{A_g} = \sqrt{68318,64} = 826 \text{ mm} \approx 800 \text{ mm}$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka kolom K1 yang dipakai adalah 80/80.

**3) Dimensi Pelat**

Perencanaan desain pelat terdiri dari pelat satu arah dan pelat dua arah yang mendesainnya hanya menerima beban lentur saja. SNI 03- 2847-2002 Pasal 11.5.3.3. Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847- 2002 Ps 11.5.3.3. Dari hasil perhitungan diperoleh tebal pelat yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**4) Dimensi Tangga**

Data perencanaan dimensi tangga seperti diuraikan di bawah ini:

- a. Kuat tekan beton ( $f'c$ ) = 30 Mpa
- b. Kuat leleh tulangan ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- c. Tebal Pelat = 15 cm

Tabel 3.  
Penulangan pelat

Tipe Pelat	Elemen	Arah Penulangan					
		Arah X			Arah Y		
		$\theta$	-	Jarak	$\theta$	-	Jarak
Plat Lantai 1-12	Tumpuan	10	-	200	10	-	250
	Lapangan	10	-	200	10	-	250
Plat Atap	Tumpuan	10	-	250	10	-	250
	Lapangan	10	-	250	10	-	250

Tabel 4.  
Rekapitulasi penulangan tangga

Tipe Tangga	Elemen	Arah Penulangan					
		Arah X			Arah Y		
		$\theta$	-	Jarak	$\theta$	-	Jarak
Tipe 1	Pt-Tangga	16	-	125	10	-	300
	Pt-Bordes	16	-	200	10	-	300

Tabel 5.  
Rekapitulasi penulangan balok bordes

Penulangan Balok Bordes 25/40						
Tarik	2D	16	Tumpuan	2 $\theta$	10	- 150
Tekan	2D	16	Lapangan	2 $\theta$	10	- 150

Tabel 6.  
Rekapitulasi penulangan balok lift

Penulangan Balok Lift (BL) 40/60						
Gaya	Momen		Geser			
Dalam	236.67 kNm		132.17 kN			
Tarik	5D	22	Tumpuan	2D	13	250
Tekan	3D	22	Lapangan	2D	13	250

Tabel 7.  
Rekapitulasi penulangan balok anak

Penulangan Balok Anak 30/40						
	Tumpuan		Lapangan		Geser	
Tarik	4D	16	4D	16	Tum	2 $\theta$ 10 150
Tekan	2D	16	2D	16	Lap	2 $\theta$ 10 150

- d. Diameter tulangan lentur = 13 mm
- e. Tebal selimut beton = 40 cm
- f. Lebar injakan (*i*) = 30 cm
- g. Tinggi injakan (*t*) = 20 cm
- h. Tinggi tangga = 400 cm
- i. Tinggi bordes = 200 cm
- j. Panjang datar tangga = 300 cm

**B. Perhitungan Struktur Sekunder**

**1) Perencanaan Penulangan Pelat**

Pada analisa pelat Gedung parametrik ini menggunakan tebal 12 cm sesuai preliminary desain. Pada analisa perhitungan plat 2 arah yang ditinjau adalah pada pelat lantai ukuran 4m x 6m dengan fungsi ruang sebagai ruang hunian.

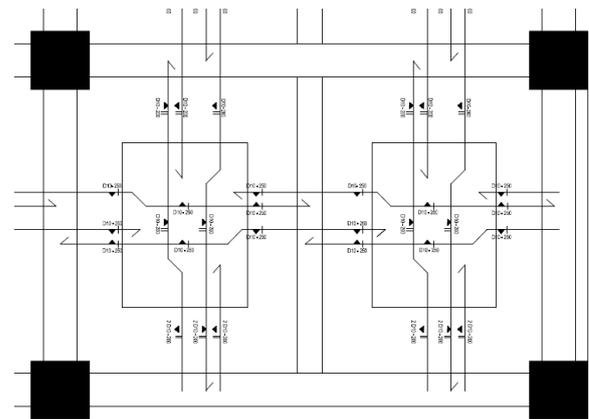
Hasil penulangan pelat atap dan pelat lantai ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

**2) Perencanaan Penulangan Tangga dan Balok Bordes**

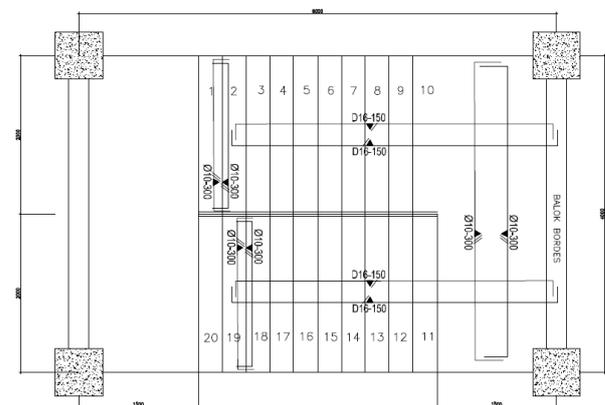
Penulangan pelat tangga dan balok bordes yang dipasang ditunjukkan pada Tabel 4-5 dan Gambar 3.

**3) Perencanaan Penulangan Balok Lift**

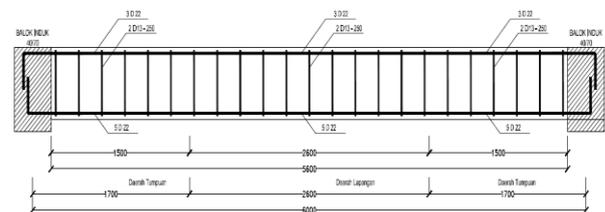
Perencanaan balok lift meliputi balok balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh *Hyundai elevator* dengan spesifikasi sebagai berikut:



Gambar 2. Detail penulangan pelat.



Gambar 3. Penulangan tangga.



Gambar 4. Penulangan balok lift.

- Kecepatan = 1 m/s
- Kapasitas = 9 orang / 600 kg
- Lebar pintu = 800 mm

**Dimensi sangkar:**

- Outside = 1460 x 1295
- Inside = 1400 x 1130
- Hoistway = 3700 x 1710

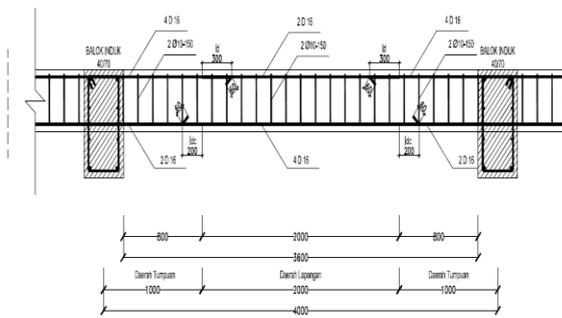
**Beban ruang mesin:**

- R1 = 4100 kg
- R2 = 2450 kg

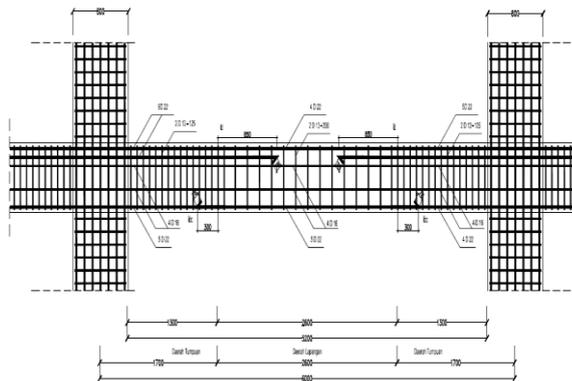
Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok lift yang digunakan adalah 40/60 untuk bentang 600 cm. Hasil penulangan balok lift dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 4.

**4) Perencanaan Penulangan Balok Anak**

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok anak yang digunakan adalah 30/40 untuk bentang 600 cm. Hasil perhitungan perencanaan penulangan balok anak direpresentasikan pada Tabel 7 dan Gambar 5.



Gambar 5. Penulangan balok anak.



Gambar 6. Penulangan balok induk.

C. Pembebanan dan Pemodelan Struktur

1) Kombinasi Beban Berfaktor

Perhitungan dengan cara SNI 03 – 2847 – 2002 kombinasi yang digunakan adalah pasal 11.2:

$$U = 1,4 D$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

$$U = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 E$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Keterangan:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- E = Beban gempa

2) Pembebanan Gempa

Data-data analisa gempa diperoleh dari SNI 03- 1726-2012 yang akan digunakan pada perancangan gedung adalah sebagai berikut [3]:

- Kelas situs tanah = SD (tanah sedang)
- Kategori Resiko = II
- Faktor keutamaan = 1,0
- Ss = 0,60 g
- S1 = 0,20 g

3) Periode Hasil Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu dengan menggunakan spectrum respon gempa IBC 2006 yang typical dengan spectrum respon SNI-1726-2010. Dari hasil analisa struktur diperoleh periode alami fundamental gempa tertinggi sebesar  $T = 1,910$  detik. Periode tidak boleh melebihi  $C_u \times T_a$ .

$$T = 1,910 \text{ detik} < C_u \times T_a = 1,43 \times 1,5188 = 2,172 \text{ detik}$$

D. Perhitungan Struktur Utama

1) Perhitungan Penulangan Balok Induk

- Data perencanaan
- Dimensi balok (b balok) = 400 mm

Tabel 8. Rekapitulasi penulangan balok induk

Tipe	BI-1			BI-2		
Dimensi	400	x	700	400	x	700
Tumpuan Atas	7	D	22	7	D	22
Tumpuan Bawah	4	D	22	4	D	22
Lapangan Atas	5	D	22	5	D	22
Lapangan Bawah	4	D	22	4	D	22
Torsi	4	$\theta$	16	4	$\theta$	16
Geser Tumpuan	2 $\theta$ 13	-	125	2 $\theta$ 13	-	125
Geser Lapangan	2 $\theta$ 13	-	200	2 $\theta$ 13	-	200

Tabel 9. Rekapitulasi penulangan kolom

Tipe	K1		
Dimensi	800	x	800
Lentur	20	D	25
Geser Tumpuan	4 $\theta$ 13	-	80
Geser Lapangan	2 $\theta$ 13	-	150

- Dimensi balok (h balok) = 700 mm
- Bentang balok (L) = 6000 mm
- Kuat Tekan Beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Kuat Leleh Tul. Lentur ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Kuat Leleh Tul. Geser ( $f_{yv}$ ) = 400 Mpa
- Diameter Tulangan Lentur = D22
- Diameter Tulangan Geser = D13

Tebal selimut beton ( $t_{decking}$ ) = 40 mm. Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan tulangan tumpuan, lapangan dan geser yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 6.

2) Perhitungan Penulangan Kolom

- Data perencanaan
- Tinggi kolom = 4000 mm
- b kolom = 800 mm
- h kolom = 800 mm
- Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur ( $f_y$  lentur) = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser ( $f_y$  geser) = 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D lentur) = 25 mm
- Diameter tulangan geser ( $\theta$  geser) = 13 mm
- Tebal selimut beton (decking) = 50 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 40 mm

Perhitungan penulangan kolom dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 7.

3) Perhitungan Penulangan Balok Pratekan

- Data perencanaan
- Bentang balok (L balok) = 12000 mm
- Dimensi balok (b balok) = 500 mm
- Dimensi balok (h balok) = 800 mm
- Kuat tekan beton balok ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Kuat tekan beton plat ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur lunak ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Kuatleleh tulangan geser ( $f_{yv}$ ) = 00 Mpa
- Kuat leleh tulangan puntir ( $f_{yt}$ ) = 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D lentur) = 25 mm
- Diameter tulangan geser ( $\theta$  geser) = 10 mm
- Diameter tulangan puntir ( $\theta$  puntir) = 16 mm
- Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) = 25 mm
- Tebal selimut ( $t_{decking}$ ) = 50 mm

Perhitungan penulangan balok pratekan dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 8.



*E. Perhitungan Struktur Bawah*

Perhitungan pondasi tiang pancang

Data perencanaan

Kedalaman rencana = 18 m

Diameter tiang = 0,6 m

Tebal selimut beton = 65 mm

P. izin bahan = 229,5 Ton

Berat tiang = 393 kg/m

$F_c'$  = 35 Mpa

$F_y$  = 400 Mpa

Perhitungan penulangan tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 9-10.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini dapat ditarik beberapa ringkasan

data perencanaan diantaranya; (1) Dimensi struktur dengan komponen pelat: tebal pelat lantai 12 cm, tebal pelat atap 12 cm, kolom 80x80 cm, balok anak 30/40, balok lift 40/60, balok induk 40/70, balok pratekan 50/80; (2) Perhitungan gaya gempa menggunakan SNI-1726-2012 dengan mencari grafik gempa response spectrum berdasarkan zona gempa dan data tanah sesuai peraturan SNI-1726-2012.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Y. Lin and N. H. Burns, *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 2*. Batam: Interaksara, 2000.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSNI, 2013.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSNI, 2012.
- [4] Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 1983.