

# Modifikasi Desain Struktur Gedung Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera (Tower Acacia) Serpong dengan Metode Beton Pracetak Menurut SNI 2847:2019

Nathanael Christopher Sutopo, Tavio, dan Candra Irawan  
 Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
 e-mail: tavio\_w@yahoo.com

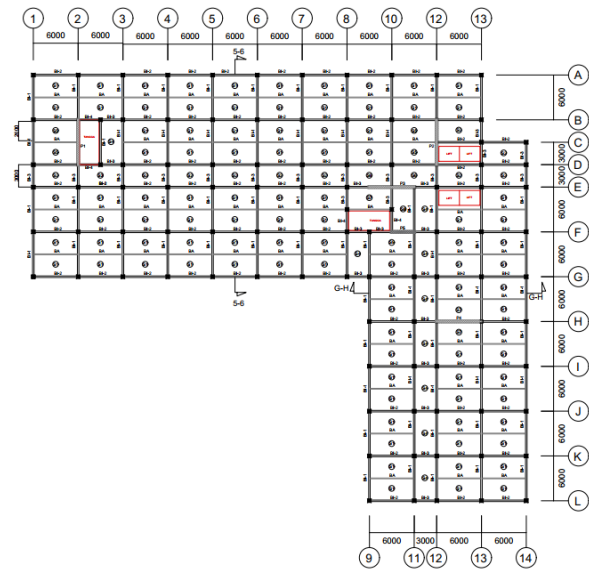
**Abstrak**—Gedung Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera (Tower Acacia) di Tangerang Selatan merupakan sebuah gedung yang dibangun dengan metode beton cor di tempat atau cor in situ. Gedung Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera (Tower Acacia) terdiri dari 39 lantai tower dan 1 lantai basement. Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan modifikasi perencanaan Gedung Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera (Tower Acacia) dengan menggunakan metode beton pracetak. Diharapkan dengan menggunakan metode beton pracetak, untuk menghasilkan waktu pengerjaan yang lebih cepat dan efisien, serta memastikan kualitas struktur sesuai perencanaan awal. Perencanaan pada tugas akhir ini memiliki acuan dasar SNI 1947:2019 untuk perhitungan beton struktural, PCI Handbook 7th Edition sebagai acuan dasar perencanaan elemen beton pracetak, SNI 1726:2019 untuk perhitungan gempa, SNI 1727:2019 untuk pembebanan struktur, dan Analisa struktur dari perencanaan akan menggunakan aplikasi bantu ETABS 18 dan spColumn. Sedangkan hasil perhitungan akan disajikan dalam gambar teknik. Elemen beton pracetak yang direncanakan adalah struktur pelat, balok, dan kolom. Serta sambungan dari Peikko Group Modix Rebar Coupler untuk sambungan balok, dan sambungan NMB Splice Sleeve untuk sambungan antar kolom.

**Kata Kunci**—Beton Pracetak, Dinding Geser, Sistem Ganda, ETABS, SDG 9, SDG 11.

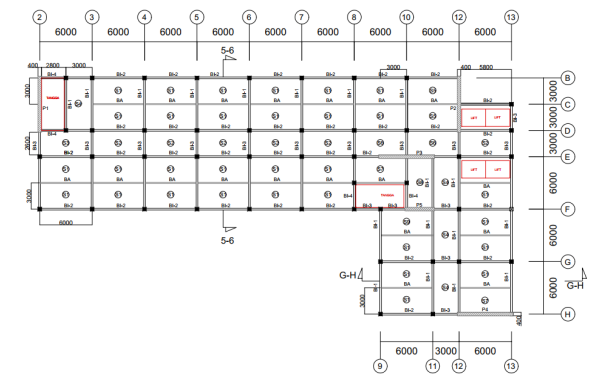
## I. PENDAHULUAN

**P**OPULASI penduduk Kota Tangerang Selatan dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 3,76% per tahun nya. Laju pertumbuhan penduduk ini relatif tinggi dibandingkan dengan kota lain di Indonesia. Salah satu alasan pertumbuhan penduduk di Kota Tangerang Selatan adalah dikarenakan posisinya sebagai kota satelit dari DKI Jakarta dengan biaya properti lebih terjangkau dibandingkan Ibukota, yang menjadikannya pilihan menarik untuk tinggal. Pertumbuhan penduduk yang cepat dibarengi dengan semakin sedikitnya ketersediaan lahan menyebabkan meningkatnya pembangunan tempat tinggal pada gedung tinggi, yaitu apartemen atau flat.

Pembangunan gedung tinggi (high rise building) di Indonesia umumnya dibangun dengan metode konvensional, dengan metode cor-in-situ atau cor di lapangan kerja untuk struktur beton. Proses konstruksi dengan metode cor-in-situ sangat bergantung dengan faktor cuaca dan sumber daya manusia di lapangan, dalam aspek durasi pekerjaan maupun biaya. Selain itu kebutuhan konstruksi dengan cor-in-situ menghasilkan limbah tambahan berupa bekisting. Kelemahan dari metode cor-in-situ tersebut dapat ditanggulangi dengan



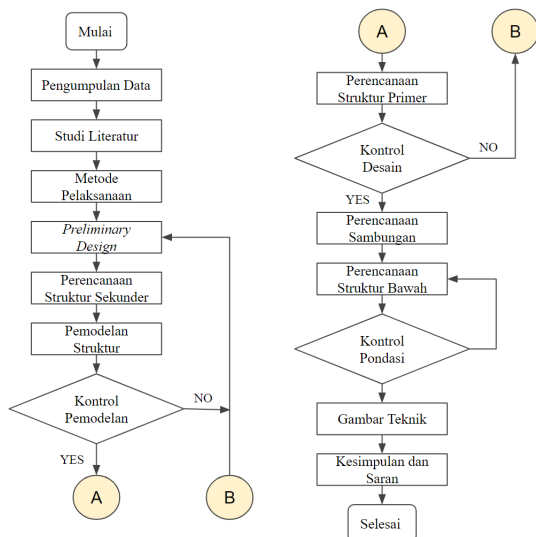
Gambar 1. Denah lantai dasar – lantai 1.



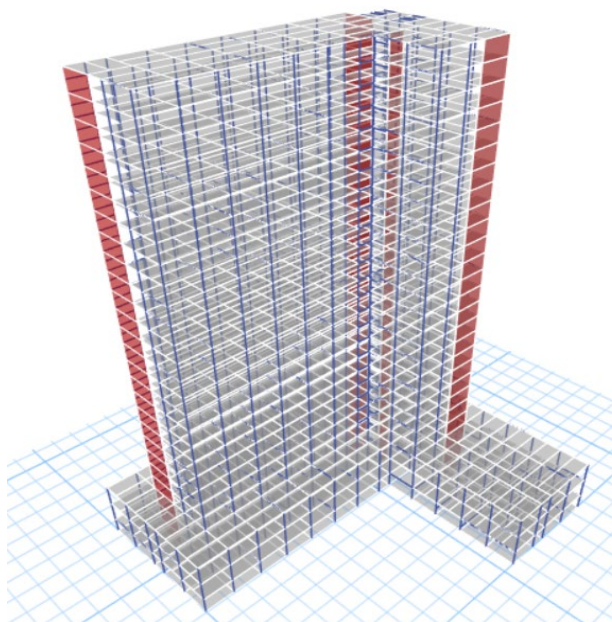
Gambar 2. Denah lantai 2 – roof floor.

pembangunan struktur beton menggunakan metode beton pracetak (precast concrete).

Beton pracetak adalah sebuah teknologi konstruksi dalam pengerjaan konstruksi beton yang fabrikasinya dilakukan di workshop/pabrik. Konstruksi pracetak membantu mengurangi biaya konstruksi, meningkatkan kinerja struktural serta menjaga kualitas pekerjaan [1]. Pada umumnya penggunaan beton pracetak dianggap lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran di tempat dengan alasan mengurangi biaya pemakaian bekisting, mereduksi biaya upah pekerja karena jumlah pekerja relatif lebih sedikit, mereduksi durasi pelaksanaan proyek sehingga overhead yang dikeluarkan menjadi lebih kecil [2]. Selain itu,



Gambar 3. Diagram alir penyelesaian studi.



Gambar 4. Permodelan struktur pada ETABS.

pekerjaan struktur dengan beton pracetak relatif lebih aman dan mudah dilakukan.

Gedung yang akan dimodifikasi pada Tugas Akhir ini adalah sebuah gedung apartemen Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera kota Tangerang Selatan. Kompleks apartemen ini memiliki rencana pembangunan 5 buah gedung, salah satu diantaranya adalah Tower Acacia yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini.

## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Pengumpulan Data Perencanaan

Pada perencanaan ulang Gedung Apartemen Skyhouse+ Alam Sutera (Tower Acacia) akan dimodifikasi dengan denah seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2 serta data perencanaan sebagai berikut:

1. Nama Gedung : Gedung Apartemen Skyhouse+

Tabel 1.  
Rekapitulasi Pengulangan Tangga.

Kode	Elemen	Tulangan Lentur	Tulangan Bagi-Susut
Tangga 3,5 m	Pelat Tangga	D18-70 mm	D10-100 mm
	Pelat Bordes	D18-70 mm	D10-100 mm
Tangga 4,5 m	Pelat Tangga	D18-70 mm	D10-100 mm
	Pelat Bordes	D18-70 mm	D10-100 mm

Tabel 2.  
Rekapitulasi Perencanaan Pelat Tower.

Tipe Pelat	Dimensi (mm)	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y	Tipe Jenka Short Inserts
S1	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S2	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S3	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S4	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S5	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S6	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S7	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S8	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14
S9	600 x 300	D10-150 mm	D10-400 mm	JRd/JM 14

Alam Sutera (Tower Acacia)

2. Lokasi : Jl. Jalur Sutera Boulevard No.kav.43, RT.002/RW.002, Kunciran, Kec. Pinang, Kota Tangerang, Banten 15144
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah Lantai : 25 lantai dan 1 lantai basement
5. Tinggi Bangunan : 89.25 m
6. Total Luas Area : 2466 m<sup>2</sup>
7. Mutu Beton ( $f'c$ ) : 35, 40, 45 MPa
8. Mutu Baja ( $f_y$ ) : 420 MPa

### B. Diagram Alir Penyelesaian Studi

Berikut merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penyelesaian studi, digambarkan pada Gambar 3.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Metode Pelaksanaan

#### 1) Proses Produksi Elemen Pracetak

Produksi komponen pracetak dilakukan di area *workshop* meliputi pengecoran pada bekisting dan pengeringan pada storage yard dalam kurun waktu tertentu. Perencanaan umur komponen pracetak pada tugas akhir ini adalah minimal 7 hari sebelum dilakukan pengangkatan dan pemasangan di posisi akhir. Pada umur 7 hari, kuat tekan beton ( $f'c$ ) baru mencapai 65% dari kekuatan desain.

Elemen pelat dan balok pracetak memiliki dimensi (*half-slab* dan *half-beam*) yang berbeda dengan dimensi saat *service* (*full-slab* dan *full-beam*). Elemen pracetak yang di produksi di *workshop* di desain untuk memiliki ketebalan dan kekuatan yang mampu menahan beban sendiri saat proses transportasi, *lifting*, dan menahan beban pekerja saat pemasangan di posisi akhir. Komponen pracetak akan di-cor atau *overtopping* dengan beton, untuk membuat struktur yang

Tabel 5.  
Perbandingan Berat Struktur Total.

Kombinasi Beban	Perhitungan Manual (ton)	Hasil ETABS (ton)
Beban Mati	28208,79	39624,37
Beban Hidup	7060,44	5432,32
Total Beban	44198,37	45056,69

Tabel 6.  
Perbandingan Berat Struktur Total.

Arah	Vs (kN)	Vd (kN)	Vd/Vs
X	27121,688	32451,893	119,65%
Y	27121,688	37399,938	137,90%

Tabel 7.  
Kontrol Sistem Ganda.

Elemen Struktur	Gempa Arah X		Gempa Arah Y	
	Fx (kg)	%	Fy (kg)	%
Kolom	1304,33	43,81 %	1922,95	55,68 %
Shearwall	1672,65	56,19 %	1530,63	44,32 %
Total	2976,98	100 %	3453,58	100 %

monolit dan komponen pracetak siap menerima dimensi service.

2) *Transportasi Komponen Pracetak*

Proses transportasi komponen pracetak dari area *workshop* ke area penampungan komponen pada lokasi proyek dilakukan saat beton berumur minimal 7 hari. Perpindahan komponen dilakukan dengan menggunakan trailer yang ditarik oleh truk. Trailer *MAXX-D LHX 40k Flatbed Gooseneck Trailer* memiliki dimensi panjang bersih 12,2 m dan lebar bersih 3,1 m. Trailer ini dapat mengangkut beban maksimum 20 ton. Komponen pracetak yang diangkut harus dipastikan memiliki dimensi dan beban yang lebih kecil daripada kapasitas trailer.

3) *Pengangkatan Komponen Pracetak*

Pada proyek ini, digunakan 2 jenis *crane* dari merk *Liebherr* dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. *4000 HC 80 Heavy Load* yang memiliki radius maksimum mencapai 100 m, dengan kapasitas maksimum 34 ton pada radius maksimum, dan tinggi pengangkatan maksimum 110 m.
2. *LTM 1030-2.1* yang memiliki kapasitas maksimum 35 ton dan radius maksimum 40 m. *Mobile crane* ini dapat mencapai tinggi .

B. *Perencanaan Struktur Sekunder*

Struktur sekunder hanya di desain untuk menahan beban yang bekerja secara langsung pada bagian struktur tersebut dan tidak didesain untuk menahan beban secara keseluruhan. Desain struktur sekunder mengikuti peraturan Badan Standarisasi Nasional, 2019, dan H. Wilden, 2010 [3]-[5].

1) *Tangga*

Hasil desain tangga dapat dilihat pada Tabel 1.

2) *Pelat Tower Pracetak*

Hasil desain Pelat Tower Pracetak dapat dilihat pada Tabel 2.

3) *Balok Anak*

Hasil desain Balok Anak (BA) adalah sebagai berikut:

1. Penampang : 300 x 450 mm

Tabel 3.  
Perbandingan Simpangan Terjadi Dan Simpangan Izin Arah X.

Lantai	$\Delta x$ (mm)	P (kN)	Vx (kN)	h (mm)	$\theta X$	Cek
26	1,810	7935,77	1059,1	3500	0,0007	OK
25	1,887	20168,1	503,139	3500	0,0039	OK
24	1,628	31965,2	502,733	3500	0,0054	OK
23	0,979	43738,2	558,358	3500	0,0040	OK
22	0,286	55631,6	543,071	3500	0,0015	OK
21	-0,308	67603,1	655,034	3500	-0,0017	OK
20	-0,710	79615,8	862,84	3500	-0,0034	OK
19	-0,924	91648,4	891,505	3500	-0,0049	OK
18	-0,952	103954	834,169	3500	-0,0062	OK
17	-0,770	116288	893,27	3500	-0,0052	OK
16	-0,435	128665	1083,12	3500	-0,0027	OK
15	-0,022	141045	1297,34	3500	-0,0001	OK
14	0,336	153451	1388,81	3500	0,0019	OK
13	0,561	165885	1263,08	3500	0,0038	OK
12	0,644	178344	1064,39	3500	0,0056	OK
11	0,649	190815	1028,58	3500	0,0063	OK
10	0,688	203903	1176,36	3500	0,0062	OK
9	0,825	217034	1381,33	3500	0,0067	OK
8	1,056	230142	1469,74	3500	0,0086	OK
7	1,337	243341	1333,9	3500	0,0127	OK
6	1,540	256549	1064,06	3500	0,0193	OK
5	1,232	269801	899,239	3500	0,0192	OK
4	-21,41	283132	917,991	3500	-0,3430	OK
3	10,901	303799	1429,88	4500	0,0936	OK
2	12,337	333505	2079,94	4500	0,0799	OK
1	4,620	360760	2024,82	3500	0,0428	OK

Tabel 4.  
Perbandingan Simpangan Terjadi Dan Simpangan Izin Arah Y.

Lantai	$\delta_{x total}$ (mm)	$\frac{\delta_x}{L_{lantai}}$ (mm)	h (mm)	$\Delta x$ (mm)	$\Delta$ izin (mm)	Cek
26	3,234	0,329	3500	1,810	53,846	OK
25	2,905	0,343	3500	1,887	53,846	OK
24	2,562	0,296	3500	1,628	53,846	OK
23	2,266	0,178	3500	0,979	53,846	OK
22	2,088	0,052	3500	0,286	53,846	OK
21	2,036	-0,056	3500	-0,308	53,846	OK
20	2,092	-0,129	3500	-0,710	53,846	OK
19	2,221	-0,168	3500	-0,924	53,846	OK
18	2,389	-0,173	3500	-0,952	53,846	OK
17	2,562	-0,140	3500	-0,770	53,846	OK
16	2,702	-0,079	3500	-0,435	53,846	OK
15	2,781	-0,004	3500	-0,022	53,846	OK
14	2,785	0,061	3500	0,336	53,846	OK
13	2,724	0,102	3500	0,561	53,846	OK
12	2,622	0,117	3500	0,644	53,846	OK
11	2,505	0,118	3500	0,649	53,846	OK
10	2,387	0,125	3500	0,688	53,846	OK
9	2,262	0,150	3500	0,825	53,846	OK
8	2,112	0,192	3500	1,056	53,846	OK
7	1,92	0,243	3500	1,337	53,846	OK
6	1,677	0,280	3500	1,540	53,846	OK
5	1,397	0,224	3500	1,232	53,846	OK
4	1,173	-3,892	3500	-21,41	53,846	OK
3	5,065	1,982	4500	10,901	69,231	OK
2	3,083	2,243	4500	12,337	69,231	OK
1	0,84	0,840	3500	4,620	53,846	OK

2. Bentang : 6 m
3. Tulangan Longitudinal Tumpuan:
  - a. Atas : 2 D16
  - b. Tengah : 2 D16
4. Bawah : 2 D16
5. Tulangan Longitudinal Lapangan:
  - a. Atas : 2 D16
  - b. Tengah : 3 D16
6. Bawah : 5 D16
7. Tulangan Sengkang:
  - a. Tumpuan : 2 D10-120
  - b. Lapangan : 2 D10-120

Tabel 8.  
Kontrol Pengaruh P-Delta arah X.

Lantai	$\delta_{y \text{ total}}$ (mm)	$\frac{\delta_y}{h}$ /Lantai (mm)	h (mm)	$\Delta_y$ (mm)	$\Delta$ izin (mm)	Cek
26	4,14	0,725	3500	3,988	53,846	OK
25	3,415	0,314	3500	1,727	53,846	OK
24	3,101	-0,495	3500	-2,723	53,846	OK
23	3,596	-0,664	3500	-3,652	53,846	OK
22	4,26	-0,807	3500	-4,439	53,846	OK
21	5,067	-0,799	3500	-4,395	53,846	OK
20	5,866	-0,592	3500	-3,256	53,846	OK
19	6,458	-0,270	3500	-1,485	53,846	OK
18	6,728	-0,079	3500	-0,435	53,846	OK
17	6,807	-0,030	3500	-0,165	53,846	OK
16	6,837	0,267	3500	1,469	53,846	OK
15	6,57	0,673	3500	3,702	53,846	OK
14	5,897	0,631	3500	3,471	53,846	OK
13	5,266	0,357	3500	1,964	53,846	OK
12	4,909	0,346	3500	1,903	53,846	OK
11	4,563	0,352	3500	1,936	53,846	OK
10	4,211	0,299	3500	1,645	53,846	OK
9	3,912	0,345	3500	1,898	53,846	OK
8	3,567	0,352	3500	1,936	53,846	OK
7	3,215	0,277	3500	1,524	53,846	OK
6	2,938	0,258	3500	1,419	53,846	OK
5	2,68	0,328	3500	1,804	53,846	OK
4	2,352	-0,463	3500	-2,547	53,846	OK
3	2,815	0,952	4500	5,236	69,231	OK
2	1,863	1,345	4500	7,398	69,231	OK
1	0,518	0,518	3500	2,849	53,846	OK

Tabel 9.  
Perbandingan simpangan terjadi dan simpangan izin arah Y.

Lantai	$\Delta Y$ (mm)	P (kN)	$V_y$ (kN)	h (mm)	$\theta Y$	Cek
26	3,988	7935,77	2165,39	3500	0,0008	OK
25	1,727	20168,1	1585,39	3500	0,0011	OK
24	-2,723	31965,2	937,521	3500	-0,0048	OK
23	-3,652	43738,2	990,494	3500	-0,0084	OK
22	-4,439	55631,6	1081,87	3500	-0,0119	OK
21	-4,395	67603,1	1044,28	3500	-0,0148	OK
20	-3,256	79615,8	1088,01	3500	-0,0124	OK
19	-1,485	91648,4	1331,53	3500	-0,0053	OK
18	-0,435	103954	1555,97	3500	-0,0015	OK
17	-0,165	116288	1622,18	3500	-0,0006	OK
16	1,469	128665	1506,3	3500	0,0065	OK
15	3,702	141045	1436,05	3500	0,0189	OK
14	3,471	153451	1431,73	3500	0,0193	OK
13	1,964	165885	1324,62	3500	0,0128	OK
12	1,903	178344	1289,62	3500	0,0137	OK
11	1,936	190815	1240,46	3500	0,0155	OK
10	1,645	203903	1024,35	3500	0,0170	OK
9	1,898	217034	906,554	3500	0,0236	OK
8	1,936	230142	939,844	3500	0,0246	OK
7	1,524	243341	973,922	3500	0,0198	OK
6	1,419	256549	1062,64	3500	0,0178	OK
5	1,804	269801	1167,68	3500	0,0217	OK
4	-2,547	283132	1070,53	3500	-0,0350	OK
3	5,236	303799	1591,83	4500	0,0404	OK
2	7,398	333505	3213,93	4500	0,0310	OK
1	2,849	360760	3188,03	3500	0,0167	OK

8. Tipe Short Inserts : JRd/JM 18

C. Permodelan Dan Analisis Struktur

Gedung modifikasi dimodelkan menggunakan program bantu ETABS 18.1.0, yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Kontrol Pembebanan Rekapitulasi kontrol pembebanan manual dengan ETABS disajikan pada Tabel 3.

Selisih dari perhitungan manual dan hasil ETABS  $\Delta = 1,9\%$ . Pembebanan pada ETABS dapat disimpulkan sudah benar ( $\leq 5\%$ ).

Tabel 10.  
Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Balok Induk.

Kode	Tulangan Longitudinal	Tumpuan (buah)	Lapangan (buah)
BI-1	Atas	4 D22	2 D22
	Tengah	2 D22	3 D22
	Bawah	2 D22	5 D22
BI-2	Atas	3 D22	2 D22
	Tengah	2 D22	3 D22
	Bawah	2 D22	5 D22
BI-3	Atas	4 D22	3 D22
	Tengah	2 D22	2 D22
	Bawah	3 D22	4 D22
BI-4	Atas	4 D22	2 D22
	Tengah	2 D22	2 D22
	Bawah	3 D22	4 D22

Tabel 11.  
Rekapitulasi Penulangan Geser Balok Induk

Kode	Tumpuan	Lapangan	Tipe Jenka Short Inserts
BI-1	2 D13-120	2 D13-180	JRd/JM 30
BI-2	2 D13-100	2 D13-150	JRd/JM 24
BI-3	2 D13-80	2 D13-120	JRd/JM 14
BI-4	2 D13-80	2 D13-120	JRd/JM 14

Tabel 12.  
Rekapitulasi Penulangan Kolom.

Kode	Penampang (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang	
			Tumpuan	Lapangan
C1i	900x900	20 D32	6 / 6 D13-80	5 / 5 D13-150
C1e	900x900	16 D32	5 / 5 D13-80	5 / 5 D13-150
C2i	800x900	16 D32	5 / 5 D13-100	5 / 3 D13-150
C2e	800x900	12 D32	4 / 4 D13-80	4 / 4 D13-150
C3i	800x800	12 D32	4 / 4 D13-90	4 / 4 D13-150
C3e	800x800	12 D32	4 / 4 D13-80	4 / 4 D13-150
C4i	650x750	24 D32	6 / 6 D13-90	3 / 3 D13-150
C4e	650x750	12 D32	4 / 4 D13-100	4 / 4 D13-150
C5e	650x650	24 D32	5 / 5 D13-90	2 / 2 D13-150
C5i	650x650	12 D32	4 / 4 D13-100	2 / 2 D13-150
C <sub>tangga</sub>	500x500	16 D32	5 / 5 D13-100	5 / 5 D13-100

1) Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Berdasarkan hasil ETABS dari periode fundamental mode 1 dan mode 2, maka nilai Tx dan Ty adalah sebagai berikut:

- a. Tx = 0,338 (mode 2)
- b. Ty = 0,31 (mode 1)

Dikarenakan nilai periode dari ETABS untuk kedua arah lebih kecil dari batas bawah periode, maka digunakan nilai Ta, sehingga nilai Tx dan Ty sebesar 1,461 s.

2) Kontrol Gaya Geser Dasar

Rekapitulasi kontrol gaya geser dasar disajikan pada Tabel 4 dengan mengacu pada persyaratan X.

3) Kontrol Dual System

Dalam perencanaan gedung dengan sistem ganda SRPMK dan dinding geser, disyaratkan agar struktur rangka pemikul momen memikul minimum dari 25% beban geser nominal dalam arah kerja masing-masing beban gempa. Kontrol dilakukan dari hasil *Joint Reaction* pada model struktur di aplikasi ETABS. Rekapitulasi dari hasil total reaksi SRPMK dan dinding geser dapat dilihat sebagai Tabel 5.

4) Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan analisis program bantu ETABS diperoleh dari partisipasi massa total lebih dari 90% untuk arah X dan arah Y, lebih tepatnya 90,32% untuk arah X dan 91,78% untuk

Tabel 15.  
Rekapitulasi Perencanaan Dinding Geser .

Kode	tw (mm)	L (mm)	Elemen Batas Khusus (EBK)			
			Displacement-Based		Strength-Based	
			Panjang (mm)	Tinggi (mm)	Panjang g (mm)	Tinggi (mm)
P1, P2	400	6000	-	-	1200	37252
P3, P4	400	6000	1929	6900	1929	31646
P5	400	3000	-	-	-	-

Tabel 16.  
Rekapitulasi Penulangan Dinding Geser.

Kode	Longitudinal	Transversal	Confinement EBK	
			Sejajar Dinding	Tegak Lurus Dinding
P1, P2	2 D22-200	2 D13-200	3 D13-50	2 D13-60
P3, P4	2 D22-200	2 D13-200	3 D13-50	6 D13-60
P5	2 D22-200	2 D13-200	-	-

arah Y sehingga memenuhi syarat BSN,2019 [3].

5) Kontrol Simpangan

Simpangan yang terjadi pada struktur harus memenuhi syarat di mana simpangan izin yang bekerja harus kurang dari 0,02h<sub>sx</sub>. Rekapitulasi kontrol simpangan yang disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

6) Kontrol Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta dianalisa untuk menentukan apakah perlu memperhitungkannya. Jika koefisien stabilitas  $\theta \leq 10\%$ , maka pengaruh P-Delta tidak perlu diperhitungkan. Data yang diperbandingkan adalah *story forces* yang didapatkan dari program ETABS. P didapatkan dari kombinasi pembebanan *service* (1 DL + 1 LL), sedangkan Vx dan Vy masing-masing didapatkan dari *load case* gempa arah X dan arah Y. Hasil Rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

D. Perencanaan Struktur Primer

Struktur primer menahan kombinasi beban secara keseluruhan, baik beban gravitasi, maupun beban gempa. Komponen struktur primer yang akan diperhitungkan adalah balok induk, kolom, dan dinding geser.

1) Balok Induk

Hasil desain Balok Induk (BI) dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11.

2) Kolom

Hasil desain Kolom dapat dilihat pada Tabel 12.

3) Dinding Geser

Hasil desain Dinding Geser dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

E. Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

Pada daerah sambungan, harus diperhitungkan panjang tulangan penyaluran. Dalam perencanaan ini, digunakan sambungan produk *Modix Rebar Coupler* dari Peikko Group sebagai sambungan balok anak-balok induk dan balok-kolom, sedangkan untuk sambungan antar kolom digunakan produk *Splice Sleeve* dari NMB, dan untuk sambungan antara pelat dengan balok digunakan panjang penyaluran yang akan di *overlapping* dengan beton.

Untuk menopang balok dan menahan gaya geser friksi, juga akan di desain konsol pendek pada balok induk dan kolom. Konsol pendek pada balok induk berguna untuk

Tabel 13.  
Rekapitulasi Perencanaan Konsol Pendek.

Jenis Konsol	Elemen Menumpu	h (mm)	b (mm)	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang
C1, C2, C3, C4, C5, SW	BI-1	300	350	3 D16	3 D13
	BI-2	250	350	3 D16	3 D13
	BI-3	200	300	3 D16	3 D13
	BI-4	200	300	4 D16	3 D13
	BA	150	300	2 D16	2 D13

Tabel 14.  
Rekapitulasi Single-Sided Connection Balok-Kolom/Shearwall.

Tipe Kolom	Tipe Balok	Bagian	Pada Kolom	Pada Balok
C1, C2, C3, C4, C5, SW	BI-1	Atas	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-1200
		Bawah	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-1200
	BI-2	Atas	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-1000
		Bawah	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-1000
	BI-3	Atas	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-800
		Bawah	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-800
SW	BI-4	Atas	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-800
		Bawah	SM22A-P12-512(380)	SM22B-P-800
	BA	Atas	SM16A-P12-376(280)	SM16B-P-900
		Bawah	SM16A-P12-376(280)	SM16B-P-900

menopang balok anak, dan konsol pendek pada kolom berguna untuk menopang balok induk.

1) Konsol Pendek

Hasil desain konsol pendek dapat dilihat pada Tabel 15.

2) Sambungan Balok Anak-Balok Induk

Perencanaan sambungan Balok Anak-Balok Induk menggunakan panjang penyaluran. Panjang penyaluran bagian atas menerima tarik, sedangkan panjang penyaluran bagian bawah menerima tekan. Sambungan akan di desain menjadi dua tipe, *single-sided* dan *double-sided*. Perhitungan panjang penyaluran mengacu pada BSN,2019 [3].

Sambungan *single-sided connection* tulangan tarik (atas) menggunakan panjang penyaluran, sedangkan sambungan *single-sided connection* tulangan tarik (bawah) Balok Anak-Balok Induk untuk BI1-BA menggunakan sambungan *Modix* sebagai berikut:

1. Pada Balok BI-1 : SM16A-L-290
2. Pada Balok Anak : SM16B-P-900

Sambungan *double-sided connection* tulangan tarik (atas) menggunakan panjang penyaluran, sedangkan sambungan *double-sided connection* tulangan tekan (bawah) Balok Anak- Balok Induk untuk BA-BI1-BA menggunakan sambungan *Modix* sebagai berikut:

1. Pada Balok Anak Kiri : SM16B-P-900
2. Pada Balok BI-1 : SM16A-D-350
3. Pada Balok Anak Kanan : SM16B-P-900

3) Sambungan Balok Induk-Kolom/Shearwall

Perencanaan sambungan kolom-balok induk di desain untuk menerima kondisi tarik dan tekan. Desain tulangan yang dapat menerima kondisi tarik dan tekan disebabkan karena kedua sisi tulangan bisa menerima tarik maupun tekan, karena itu di desain untuk kondisi tarik yang memiliki panjang penyaluran lebih besar.

Sambungan akan di desain menjadi dua tipe, *single-sided* dan *double-sided*. Sistem sambungan antara balok induk dan kolom direncanakan memanfaatkan panjang penyaluran tulangan balok sesuai pada BSN,2019 [3]. Hasil desain Kolom dapat dilihat pada Tabel 16 dan Tabel 17.

Tabel 17.  
Rekapitulasi Double-Sided Connection Balok-Kolom/Shearwall .

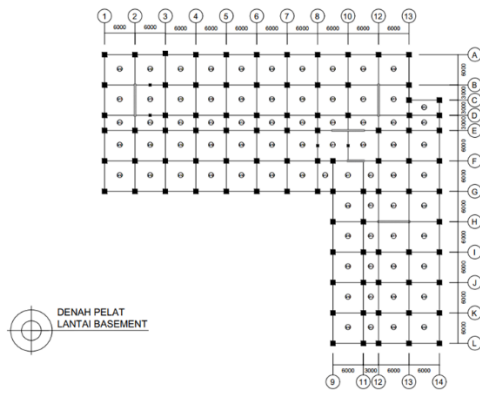
Tipe Kolom	Tipe Balok	Bagian	Balok Kiri	Pada Kolom	Balok Kanan	Tipe Kolom	Tipe Balok	Bagian	Balok Kiri	Pada Kolom	Balok Kanan
C1	BI-1 – BI-1	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-1200	C3	BI-2 – BI-3	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-1200			Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D26-812(200-(45)-412-(45))	SM22B-P-800
	BI-2 – BI-2	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-900	SM22B-P-1000		BI-1 – BI-4	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-800	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D-900	SM22B-P-1000			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-847(200-(45)-447-(45))	SM22B-P-800
	BI-1 – BI-3	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-3 – BI-3	Atas	SM22B-P-800	SM22A-D-800	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-942(225-(45)-492-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-800	SM22A-D-800	SM22B-P-800
	BI-2 – BI-3	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-1 – BI-1	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-750	SM22B-P-1200
		Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D26-911(225-(45)-461-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D-750	SM22B-P-1200
	BI-1 – BI-4	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-2 – BI-2	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-1000
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-942(225-(45)-492-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-1000
	BI-3 – BI-3	Atas	SM22B-P-800	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-1 – BI-3	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-750	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-800	SM22A-D-900	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-800(187,5-(45)-425-(45))	SM22B-P-800
C2	BI-1 – BI-1	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-1200	C4	BI-2 – BI-3	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-1200			Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D26-665(162,5-(45)-340-(45))	SM22B-P-800
	BI-2 – BI-2	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-1000		BI-1 – BI-4	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-750	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-1000			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-800(187,5-(45)-425-(45))	SM22B-P-800
	BI-1 – BI-3	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-3 – BI-3	Atas	SM22B-P-800	SM22A-D-750	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-942(225-(45)-492-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-800	SM22A-D-750	SM22B-P-800
	BI-2 – BI-3	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-800		BI-1 – BI-1	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-650	SM22B-P-1200
		Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D26-812(200-(45)-412-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D-650	SM22B-P-1200
	BI-1 – BI-4	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-2 – BI-2	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-1000
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-942(225-(45)-492-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-1000
	BI-3 – BI-3	Atas	SM22B-P-800	SM22A-D-900	SM22B-P-800		BI-1 – BI-3	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-650	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-800	SM22A-D-900	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-707(162,5-(45)-382-(45))	SM22B-P-800
C3	BI-1 – BI-1	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-800	SM22B-P-1200	C5	BI-2 – BI-3	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-650	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D-800	SM22B-P-1200			Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D26-665(162,5-(45)-340-(45))	SM22B-P-800
	BI-2 – BI-2	Atas	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-1000		BI-1 – BI-4	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-650	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1000	SM22A-D-800	SM22B-P-1000			Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-707(162,5-(45)-382-(45))	SM22B-P-800
	BI-1 – BI-3	Atas	SM22B-P-1200	SM22A-D-800	SM22B-P-800		BI-3 – BI-3	Atas	SM22B-P-800	SM22A-D-650	SM22B-P-800
		Bawah	SM22B-P-1200	SM22A-D26-847(200-(45)-447-(45))	SM22B-P-800			Bawah	SM22B-P-800	SM22A-D-650	SM22B-P-800

4) Sambungan Balok-Pelat

Perencanaan sambungan antara balok dengan pelat lantai menggunakan tulangan balok dan tulangan penyaluran dari pelat. Kedua penyalur tersebut dijadikan monolit dengan cor

*overtopping*. Perencanaan sambungan pelat lantai dan balok pada tugas ini berdasarkan BSN,2019 [3]. Panjang penyaluran pada daerah tarik arah X dan arah Y adalah sepanjang 350 mm. Panjang penyaluran pada daerah tekan arah X dan arah Y adalah sepanjang 200 mm.





Gambar 5. Denah Pelat Basement.

Tabel 18. Dimensi Pelat Basement.

Tipe Pelat	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Ln (cm)	Sn (cm)	Iy/Ix	Arah
S10	600	600	600	600	1,00	2 arah
S11	600	600	600	580	1,03	2 arah
S12	600	300	600	300	2,00	2 arah
S13	600	600	600	560	1,07	2 arah
S14	600	300	600	280	2,14	1 arah

Tabel 19. Rekapitulasi Penulangan Pelat Basement.

Tipe Pelat	Tulangan Positif		Tulangan Negatif	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
S10	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-100 mm	D13-100 mm
S11	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-100 mm	D13-100 mm
S12	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-250 mm
S13	D13-150 mm	D13-250 mm	D13-60 mm	D13-100 mm
S14	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-250 mm	D13-250 mm

5) Sambungan Kolom-Kolom

Perencanaan sambungan antar-kolom digunakan *Splice Sleeve System* dari NMB. Penerapan sistem ini menyebabkan struktur kolom telah monolit, sehingga tulangan antar kolom tidak perlu diperhitungkan panjang penyalurannya.

Tipe *sleeve* yang digunakan adalah tipe *super UX sleeve* 10U dikarenakan tulangan pada setiap kolom berdiameter 32 mm. Sambungan memiliki tegangan leleh 586MPa, dan setelah sambungan dipasang, kemudian rongga yang ada akan di-*grouting* dengan menggunakan SS Mortar tipe 2 yang memiliki kekuatan minimum sebesar 65,5 MPa.

F. Perencanaan Struktur Bawah

1) Pelat Basement

Perencanaan Pelat Basement dapat dilihat pada Gambar 5, Tabel 18 dan Tabel 19.

2) Pondasi Tiang Pancang

Perencanaan pondasi mengacu kepada BSN,2019, BSN,2017, dan P. Rolando,2010 [3], [4], [6], [7]. Pada jurnal ini, pondasi dibagi menjadi 5 jenis *pile cap* yang dapat dilihat pada Gambar 6.

Perencanaan pondasi pada modifikasi struktur menggunakan tiang pancang *Presstressed Concrete Spun Pile* dari PT. WIKA BETON ukuran 600 mm tipe C dengan spesifikasi sebagai berikut:

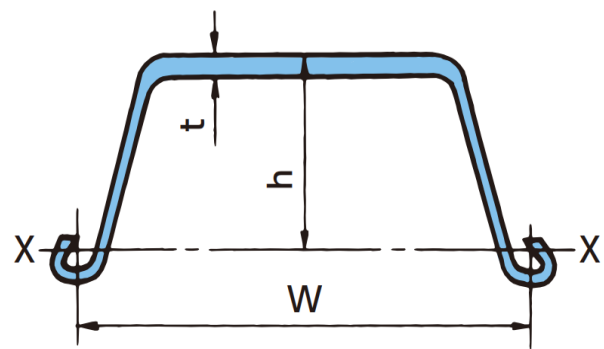
- $f_c = 52 \text{ MPa}$
- Diameter tiang pancang = 600 mm
- Ketebalan dinding tiang = 100 mm
- Luas Penampang = 1570,8 cm<sup>2</sup>

Tabel 20. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.

Tipe	Dimensi (cm)	Diameter Spun Pile (cm)	Jumlah Pile	Kedalaman Tiang (m)
PC 1	300 x 300	60	4	10
PC 2	300 x 400	60	6	30
PC 3	270 x 1020	60	14	30
PC 4	720 x 720	60	25	6
PC 5	720 x 1020	60	35	8

Tabel 21. Rekapitulasi Penulangan Pile Cap.

Tipe	Tulangan Positif		Tulangan Negatif	
	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
PC 1	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm
PC 2	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm
PC 3	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm
PC 4	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm
PC 5	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm	D25-80 mm



Gambar 6. Dimensi sheet pile.

- Berat = 393 kg/m
- Bending Moment Crack* = 29 ton.m
- Bending Moment Break* = 58 ton.m
- Allowable Compression* = 229,50 ton
- Decompression Tension* = 163,67 ton

Hasil dari perencanaan pondasi tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 20.

3) Pile Cap

Hasil Perencanaan Penulangan Pile Cap dapat dilihat pada Tabel 21.

4) Dinding Basement

Dinding Basement sebagai struktur penahan tanah direncanakan untuk menahan tanah di bagian luar bangunan, pada bagian basement. Untuk mendesain struktur penahan tanah hal yang diperhatikan adalah gaya horizontal yang bekerja pada konstruksi penahan, yang disebabkan tanah, kondisi muka air tanah, dan *surchage load* yang terjadi pada tanah. Pada Tugas Akhir ini direncanakan Turap sebagai penahan tanah. Dalam perencanaan, dipakai *Steel Sheet Pile* dari *Nippon Steel* tipe NS-SP-II.

Adapun Sheet Pile memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- W = 400 mm
- h = 100 mm
- t = 10,5 mm
- Sectional Area:
  - Per pile = 61,18 cm<sup>2</sup>
  - Per 1 m = 153 cm<sup>2</sup>/cm
- Moment of Inertia:
  - Per pile = 1240 cm<sup>3</sup>

- b. Per 1 m = 8740 cm<sup>3</sup>/cm
- 6. Section Modulus:
  - a. Per pile = 152 cm<sup>4</sup>
  - b. Per 1 m = 874 cm<sup>4</sup>/cm
- 7. Unit mass:
  - a. Per pile = 48 kg/m
  - b. Per 1 m = 120 kg/m<sup>2</sup>

Perencanaan *sheet pile* menggunakan program bantu GEO 5, dan didapatkan panjang *Sheet Pile* NS-SP-II yang dibutuhkan untuk menjaga stabilitas tanah pada lokasi proyek adalah 6,7 m, dengan 3,2 m tertanam dibawah elevasi basement. Direncanakan kedalaman desain 7 m dibawah permukaan tanah.

#### 5) Sloof

*Sloof* atau *tie beam* berguna sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya, hal ini untuk menjaga penurunan bersamaan pada pondasi. Beban yang ditimpakan kepada *sloof* adalah beban *sloof* sendiri, beban yang terjadi pada area pelat basement yang menumpu, dan beban aksial yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Adapun data perencanaan *sloof* adalah sebagai berikut:

1. b = 400 mm
2. h = 600 mm
3. f'c = 40 MPa
4. fy = 420 MPa
5. Selimut beton (Cc) = 40 mm
6. Tulangan longitudinal = 16D22
7. Tulangan sengkang = 2D13-200 mm.

#### 6) Tusuk Konde

Penulangan tusuk konde berfungsi sebagai penghubung antara tiang pancang dengan *pile cap*. Tulangan dimasukkan kedalam *spun pile* dan kemudian di cor agar monolit dengan *pile cap*. Menurut BSN,2019 [3], penulangan tusuk konde diambil rasio tulangan minimum sebesar 2% dari diameter

tiang pancang. Maka digunakan tulangan tusuk konde 6D25.

### IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

(1) Perhitungan struktur dan elemen beton pada Tugas Akhir ini sesuai dengan acuan SNI 2847:2019. (2) Perencanaan dilakukan sesuai dengan SNI 1726:2019 untuk pembebanan gempa, beban mati berdasarkan ASCE 7-05 dan PPIUG 1983 dan pembebanan hidup berdasarkan SNI 1727:2020. (3) Analisa permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS 18. Sedangkan data-data perhitungan respons spektrum mengacu pada SNI 1726:201. (4) Sambungan pada balok menggunakan produk *Modix Rebar Coupler* dari *Peikko Group*, Sambungan pada kolom menggunakan *Coupler Sleeve* dari *NMB Splice Sleeve*. Sedangkan untuk elemen non-pracetak, seperti shearwall, dan tangga, serta elemen pelat pracetak menggunakan sambungan konvensional dengan tulangan menerus. (5) Pondasi dari gedung ini direncanakan menggunakan Prestressed Concrete Spun Pile dari PT. WIKA BETON ukuran 600 mm tipe A1.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. B., Yadav, and A. S. Rushabh, "Pre-cast technology: an initial step to sustainable development," *International Journal for Scientific Research & Developmen*, vol. 1, no. 7, pp. 4–6, 2013.
- [2] I. E. Wulfram, *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak & Bekisting*. Yogyakarta: Andi Publisher, 2006.
- [3] B. S. Nasional, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [4] B. S. Nasional, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [5] H. Wilden and Precast/Prestressed Concrete Institute., *PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete*, 7th ed. Precast/Prestressed Concrete Institute, 2010.
- [6] B. S. Nasional, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.
- [7] P. Rolando, C. Nawawi, and J. P. Michael, *Soil-Foundation-Structure Interaction*, 1st ed. London, 2010. doi: <https://doi.org/10.1201/b10568>.