

Perbandingan Perancangan Gedung SRPMK di Atas Tanah dengan Kategori Tanah Lunak dan Tanah Baik

Y. Tajunnisa, S. Kamilia Aziz

Program Studi Diploma Teknik Sipil FTSP ITS, Surabaya

Email: yuyun_t@ce.its.ac.id

Abstract

This study compared the design of earthquake-resisting reinforced concrete structures on hard and soft soil using the calculation method of SRPMK (Special Resisting Moment Frame). Gravity load calculation is based on PPIUG 1983 while the earthquake loading is based on SNI 03-1726-2000. Earthquake effect on the structure is determined using the response spectrum analysis. The structure is analyzed using a three-dimensional system of open frame using available finite element software. The structure is then designed using SNI 03-2847-2002. The results of structural analysis shows that structure on hard soil. For foundation, structure on hard soil require 4 piles with a depth of 7 meter and structure on soft soil require 6 piles with a depth of 10 meter. As this study only considers low rise building, the difference for upper structure is insignificant.

Keywords: *Earthquake resistant reinforced concrete structures, SRPMK, good soil, soft soil and the response spectrum.*

Abstrak

Penelitian ini membandingkan perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa di atas tanah baik (keras) dan tanah lunak dengan menggunakan perhitungan metode SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus). Perhitungan beban berdasarkan (PPIUG 1983). Sedangkan pembebanan gempa berdasarkan (SNI 03-1726-2000). Beban gempa menggunakan analisa *response spectrum*. Struktur gedung dianalisa menggunakan sistem *open frame* tiga dimensi dengan bantuan *software*. Beban mati, hidup, dan gempa diaplikasikan pada struktur. Peraturan yang digunakan untuk merancang struktur gedung baik pada bangunan atas maupun bawah menggunakan SNI 03-2847-2002. Hasil analisa struktur menunjukkan tanah keras. Untuk pondasi, struktur pada tanah keras memerlukan 4 tiang dengan kedalaman 7 m dan struktur pada tanah lunak memerlukan 6 tiang dengan kedalaman 10 m. Dalam studi ini hanya mempertimbangkan bangunan bertingkat rendah, perbedaan untuk struktur atas tidak signifikan.

Kata kunci: *Struktur beton bertulang tahan gempa, SRPMK, tanah baik (keras), tanah lunak dan response spectrum.*

1. Pendahuluan

Gempa merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah gedung tinggal. Oleh karena gempa dapat merusak struktur gedung yang berakibat runtuhnya bangunan, dan berdampak fatal bagi keselamatan manusia. Untuk itu, hendaknya masyarakat lebih memperhatikan aspek-aspek dasar tolak ukur pembangunan suatu gedung tinggal tahan gempa yang diharapkan dapat meminimalisasi kerusakan struktur gedung dan korban jiwa. Selama ini ada beberapa model gedung

sederhana tahan gempa yang dapat dijadikan pilihan masyarakat untuk membangun gedung tahan gempa. Sebagian besar gedung didesain sangat sederhana karena peruntukannya untuk menyediakan gedung secara massal pasca terjadinya gempa. Tulisan ini bertujuan membandingkan perancangan gedung tahan gempa SRPMK di atas tanah lunak dan baik (keras).

2. Metodologi

Tahapan meliputi tahap persiapan, tahap penelitian dan penyusunan laporan. Tahapan persiapan meliputi

studi literatur dan mengumpulkan data terutama 2 data tanah yaitu tanah dengan kategori tanah lunak dan tanah baik (keras). Direncanakan denah dan dimensi awal struktur gedung beton bertulang 2 lantai. Pemodelan gedung menggunakan 2 model yaitu gedung beton sistem *open frame* yang berada di atas tanah baik (keras) dan tanah lunak. Sistem *open frame* artinya bahwa pemodelan berupa balok dan kolom saja, sedangkan plat dianggap sebagai beban dan dinding tidak dimodelkan. Kedua struktur dimodelkan dengan bantuan *software* SAP2000. Kedua model ini dirancang mampu berada di zona gempa tinggi dengan pembebanan gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2000 dan perancangan dengan SRPMK sesuai SNI 03-2847-2002. Bangunan atas menggunakan dimensi balok, kolom dan pelat yang sama. Bangunan bawah berupa poer dan pondasi tiang pancang beton bertulang. Tiang pancang dimodelkan secara utuh menjadi satu kesatuan dengan struktur atas secara 3 dimensi dengan menggunakan SAP2000.

Langkah – langkah dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa SRPMK adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data
Data-data yang diperlukan dalam perencanaan seperti data tanah, peraturan-peraturan yang digunakan dan literatur yang mendukung.
2. *Preliminary* desain, meliputi:
 - a. Pemodelan struktur
Ditentukan dengan analisa kondisi lapangan
 - b. Penentuan dimensi struktur

Struktur utama: balok dan kolom
Struktur sekunder: atap, tangga, pelat lantai pracetak, pelat atap pracetak dan pondasi.

3. Analisa struktur dengan menggunakan *software*.
4. Metode struktur dimodelkan 3 dimensi *open frame* (dinding tidak dimodelkan) secara utuh dalam SAP2000, memodelkan tiang pancang sampai kedalaman *fixity point* dengan ujung perletakan tiang pancang adalah jepit.
5. Perhitungan pembebanan
Perhitungan beban-beban yang bekerja disesuaikan dengan peraturan pembebanan. Beban gempa dilakukan dengan bantuan SAP2000 dengan analisa beban gempa *response spectrum*.
6. Analisa gaya dalam
Untuk analisa gaya dalam dilakukan dengan bantuan program SAP2000.
7. Penulangan
Penulangan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 menggunakan output SAP2000.
8. Penggambaran

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Pembebanan Vertikal pada Struktur

Pembebanan vertikal pada bangunan ini, diletakkan pada *frame* dan *shell* yang berat sendirinya telah dihitung oleh program bantu SAP2000. Pembebanan gedung ini mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983). Beban yang dimasukkan pada program SAP2000 adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan Beban Plat Lantai 1
elev. +4,00

Beban Mati:

Berat sendiri plat = $0,12 \times 2400$
 $= 288 \text{ kg/m}^2$ (SAP)
 Spesi + keramik = $1 \times (21 + 24)$
 $= 45 \text{ kg/m}^2$
 Plafon + Rangka = $11 + 7$
 $= 18 \text{ kg/m}^2 + q \text{ DL}$
 $= 63 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup:

Beban hidup = 200 kg/m^2

b. Perhitungan Beban Plat Atap elevasi +8,00

Beban Mati :

Berat sendiri plat = $0,12 \times 2400$
 $= 288 \text{ kg/m}^2$ (SAP)
 Plafon + Rangka = $11 + 7$
 $= 18 \text{ kg/m}^2 + q \text{ DL}$
 $= 18 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

Beban pekerja = 100 kg/m^2

3.2. Perhitungan Gaya Lateral pada Struktur

Struktur bangunan ini diasumsikan terletak pada zona gempa 6 dan direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Adapun ketentuan yang digunakan dalam perencanaan pembebanan beban gempa disesuaikan dengan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002).

Struktur bangunan ini termasuk dalam struktur gedung tidak beraturan karena memenuhi ketentuan dalam SNI 03-1726-2002 pasal 4.2.2. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisis dalam permasalahan disini dipilih menggunakan analisis respon dinamik.

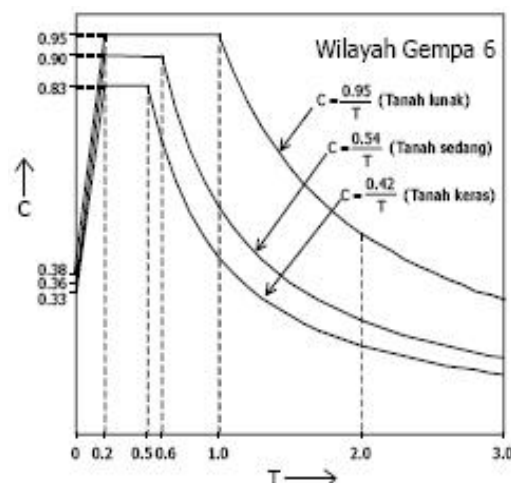
3.2.Perhitungan Pembebanan Gempa

Untuk menentukan pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung, yaitu berupa beban geser dasar nominal statik ekuivalen pada struktur beraturan, gaya geser dasar nominal sebagai respon dinamik ragam pertama pada struktur gedung tidak beraturan dan gaya geser dasar nominal sebagai respon dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak beraturan, untuk masing-masing Wilayah Gempa (WG) ditetapkan Spektrum Respon Gempa pada zone 6 dengan 2 bangunan yang berada di atas 2 kondisi tanah yaitu tanah lunak dan keras. Nilai C pada WG 6 dapat dilihat pada Gambar 1.

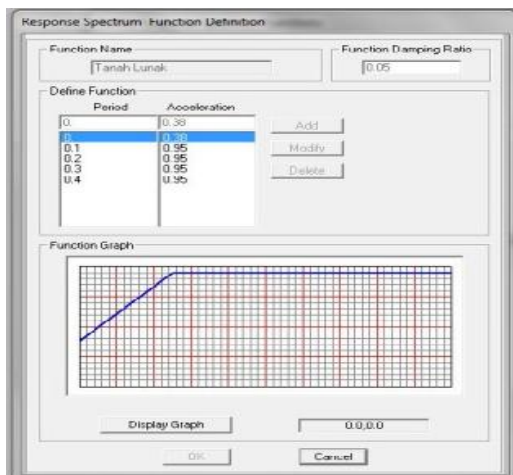
Faktor reduksi gempa [R] untuk SRPMK = 8,5. Sedangkan respon spektrum percepatan gempa tanah lunak di wilayah gempa 6, seperti gambar 2.

Percepatan respon spektrum untuk tanah baik (keras) yang diinputkan ke dalam SAP2000 dapat dilihat pada gambar 3.

Faktor reduksi yang ada di SAP2000 sesuai ACI 318-99 harus disesuaikan dengan SNI Beton 2847, seperti pada gambar 4.



Gambar 1. Faktor Respon Gempa C (SNI 1726)



Gambar 2. *Input* akselerasi tanah lunak pada zona 6; kondisi ultimit; $R_m = 8,5$ dengan $T = 0,4$ detik

Analisis respons dinamik dilakukan dengan bantuan program SAP V14.2.0 dengan cara memasukkan data respons spektrum gempa rencana wilayah gempa 6.

3.3. Kombinasi pembebanan

Berikut adalah kombinasi pembebanan yang digunakan:

1. 1D + 1L
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,4D
4. 1,2D + 1L
5. 1D + 1L + Ex
6. 1D + 1L + Ey
7. 1D + 1L - Ex
8. 1D + 1L - Ey
9. 1,2D + 1L + Ex
10. 1,2D + 1L + Ey
11. 1,2D + 1L - Ex
12. 1,2D + 1L - Ey

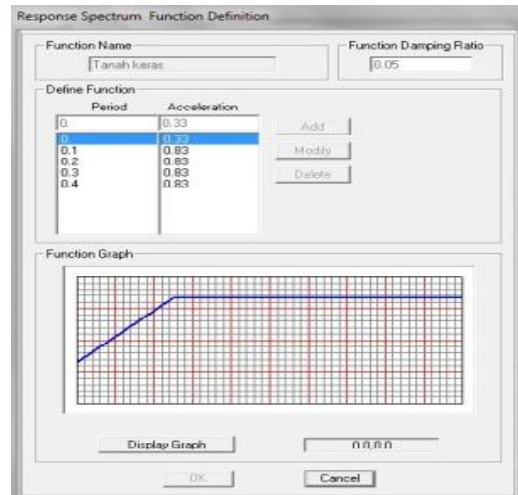
Dimana:

D = Beban mati sendiri material penyusun struktur dan peralatan

L = Beban hidup

Ex = Beban gempa arah sumbu X (100%) dan sumbu Y (30%), global sistem (daktilitas terbatas)

Ey = Beban gempa arah sumbu X (30%) dan sumbu Y (100%), global sistem (daktilitas terbatas)



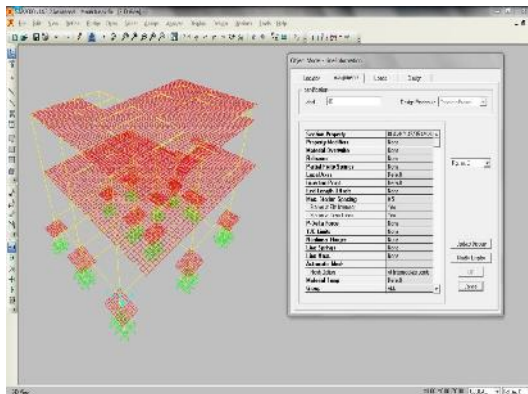
Gambar 3. *Input* akselerasi tanah keras pada zona gempa 6; kondisi ultimit = 8,5 dengan $T = 0,4$ detik

3.4. Pemodelan Struktur

Pemodelan tiga dimensi struktur beton bertulang tahan gempa dengan software SAP2000. Material dan dimensi yang sudah direncanakan melalui tahapan preliminary design, dimasukkan dalam SAP2000 melalui define. Dead, Live dan Quake Load di apply ke pemodelan. Besar beban sesuai dengan perhitungan manual. Pemodelan struktur seperti pada gambar 5.

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-99
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity	Yes
6 Phi (Bending-Tension)	0.8
7 Phi (Compression Tied)	0.6
8 Phi (Compression Spiral)	0.7
9 Phi (Shear)	0.6
10 Pattern Live Load Factor	1.
11 Utilization Factor Limit	1.

Gambar 4. *Input* data faktor reduksi yang disesuaikan dengan SNI 2847-2002



Gambar 5. Pemodelan struktur tiga dimensi Pada SRPMK, beban gempa direduksi. Reduksi beban gempa R dapat dilihat pada tabel 1.

Pembebanan gempa menggunakan respon spektrum, input percepatan getaran gempa pada tanah lunak dan keras masing-masing adalah seperti gambar 6 dan 7.

3.5. Kontrol Stabilitas Struktur akibat Gaya Gempa

3.5.1 Kontrol partisipasi massa

Dari hasil analisa struktur diperoleh partisipasi rasio massa struktur pada Tabel 2 dan 3. Rasio massa pada tanah baik arah x adalah 0,995 dan arah y adalah 0,966. Sedangkan pada tanah lunak, arah x 0,991 adalah dan arah y adalah 0,955. Diperoleh nilai partisipasi rasio massa lebih besar 90%, artinya struktur memenuhi syarat.

3.5.2 Kontrol simpangan struktur tanah

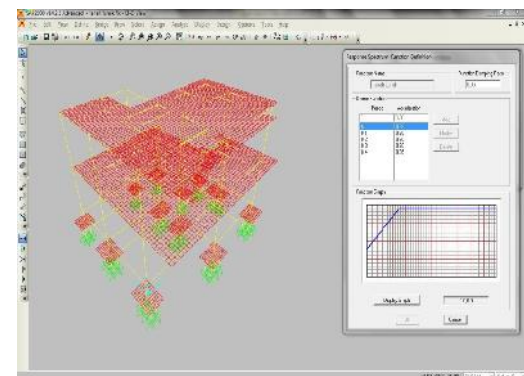
Akibat gaya lateral gempa, maka titik tiang pancang mengalami simpangan. Pada gambar 8 menunjukkan pergeseran titik tiang pancang pada struktur yang direncanakan di atas tanah keras.

Pada *output* SAP2000, dapat dilihat joint displacement pada titik tiang.

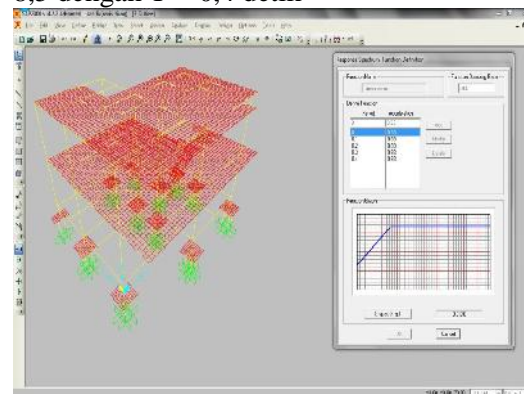
Tabel 4 dan 5 merupakan *resume* untuk deformasi *maximum/minimum* pada tanah keras dan lunak.

Tabel 1. Faktor reduksi gempa maksimum

Sistem dan subsistem gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m	f
			Pers. (6)	Pers. (39)
Rangka pemikul momen khusus				
1 (SRPMK)				
Sistem rangka pemikul momen (Sistem struktur yang ada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban grafitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul momen terutama melalui mekanisme lentur)	a. Baja	5,2	8,5	2,8
	b. Beton bertulang	5,2	8,5	2,8
Rangka pemikul momen menengah beton				
2 (SRPMM)				
Rangka pemikul momen biasa				
3 (SRPMB)				
a. Baja	2,7	4,5	2,8	
b. Beton bertulang	2,1	3,5	2,8	
Rangka batang baja pemikul momen khusus				
4 (SRBPMK)				
		4,0	6,5	2,8



Gambar 6. Input akselerasi tanah lunak pada zona gempa 6, kondisi ultimit, $R_m = 8,5$ dengan $T = 0,4$ detik



Gambar 7. Input akselerasi tanah keras pada zona gempa 6, kondisi ultimit = 8,5 dengan $T = 0,4$ detik

Tabel 2. Partisipasi Rasio Massa pada Struktur pada Tanah Baik

Output Case	Step Type	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y
MODAL	Mode	1.000000	0.715833	0.441	0.155	1.586E-05	0.441	0.155
MODAL	Mode	2.000000	0.661491	0.264	0.473	1.084E-05	0.706	0.628
MODAL	Mode	3.000000	0.537340	0.060	0.148	3.999E-05	0.766	0.776
MODAL	Mode	4.000000	0.369103	6.674E-04	1.339E-04	5.487E-03	0.766	0.776
MODAL	Mode	5.000000	0.247821	0.057	0.025	1.993E-04	0.824	0.801
MODAL	Mode	6.000000	0.240959	0.038	0.066	1.375E-05	0.862	0.867
MODAL	Mode	7.000000	0.207796	8.916E-03	0.014	6.531E-05	0.871	0.881
MODAL	Mode	8.000000	0.178287	6.128E-04	1.754E-05	6.287E-04	0.871	0.881
MODAL	Mode	9.000000	0.170703	6.933E-04	0.075	3.763E-06	0.872	0.957
MODAL	Mode	10.000000	0.157829	0.117	3.830E-04	4.838E-04	0.989	0.957
MODAL	Mode	11.000000	0.144253	9.224E-06	1.427E-03	0.072	0.989	0.959
MODAL	Mode	12.000000	0.142231	6.242E-03	7.537E-03	0.026	0.995	0.966

Tabel 3. Partisipasi Rasio Massa Struktur pada Tanah Lunak

Output Case	Step Type	StepNum	Period Sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumU Y
MODAL	Mode	1.000000	0.686775	0.480	0.099	1.702E-05	0.480	0.099
MODAL	Mode	2.000000	0.632387	0.173	0.517	1.780E-05	0.653	0.617
MODAL	Mode	3.000000	0.514101	0.063	0.109	4.108E-05	0.716	0.726
MODAL	Mode	4.000000	0.369024	6.455E-04	1.449E-04	5.288E-03	0.717	0.726
MODAL	Mode	5.000000	0.240766	0.068	0.012	1.635E-04	0.785	0.738
MODAL	Mode	6.000000	0.233493	0.022	0.077	3.578E-05	0.807	0.815
MODAL	Mode	7.000000	0.200688	9.771E-03	0.013	4.536E-05	0.817	0.828
MODAL	Mode	8.000000	0.178098	3.170E-04	1.066E-04	6.020E-04	0.817	0.828
MODAL	Mode	9.000000	0.159766	1.632E-05	0.119	1.296E-05	0.817	0.947
MODAL	Mode	10.000000	0.149393	0.160	1.237E-06	3.547E-03	0.977	0.947
MODAL	Mode	11.000000	0.143566	8.133E-03	1.004E-04	0.079	0.986	0.948
MODAL	Mode	12.000000	0.135717	5.446E-03	7.383E-03	0.020	0.991	0.955

Tabel 4. Resume Deformasi Maksimum/Minimum, Kondisi Batas Layan Tanah Keras

Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
deformasi	Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
δx max	3460	1.2D + 1L + Ex + 0.3Ey	Combination	Max	1.566072	3.342419	0.015907	0.000535	0.000352	0.000236
δx max	3463	1.2D + 1L + Ex + 0.3Ey	Combination	Min	-1.83534	-3.28982	-0.34882	-0.00052	-0.00027	-0.00023
δx max	3463	1.2D + 1L + 0.3Ex + Ey	Combination	Max	1.517935	3.277903	0.046852	0.000467	0.000343	0.000235
δx max	3463	1.2D + 1L + 0.3Ex + Ey	Combination	Min	-1.77834	-3.22535	-0.37364	-0.00051	-0.00026	-0.00023

Tabel 5. Resume Deformasi Maksimum/Minimum, Kondisi Batas Layan Tanah Lunak

Type	Joint	Output Case	Case Type	Step Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
deformasi	Text	Text	Text	Text	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
δx max	3465	1.2D + 1L + Ex + 0.3Ey	Combination	Max	1.261238	2.166137	-0.03111	0.00017	0.000283	0.000169
δx min	3465	1.2D + 1L + Ex + 0.3Ey	Combination	Min	-1.4925	-2.11046	-0.22218	-0.00017	-0.00022	-0.00017
δy max	3465	1.2D + 1L + 0.3Ex + Ey	Combination	Max	1.122849	2.25569	-0.03514	0.000175	0.000259	0.000161
δy min	3465	1.2D + 1L + 0.3Ex + Ey	Combination	Min	-1.35411	-2.19989	-0.21815	-0.00017	-0.00019	-0.00016

$R = 8,5; H = 8000 \text{ mm}$
 $= < \frac{0,03}{R} \times H = \frac{0,03}{8,5} \times 8000 = 28,23 \text{ mm}$
 $< 30 \text{ mm}$, maka dipakai 28,23 mm. Dari hasil SAP2000 didapatkan bahwa simpangan maksimum yang terjadi

3,342 mm < 28,23 mm. Artinya struktur memenuhi syarat. Secara lengkap tabel perbandingan untuk 2 struktur adalah seperti pada Tabel 6.



Gambar 8. Nodal spin pile di atas tanah keras

Tabel 6. Perbandingan Elemen Struktur Gedung Metode SRPMK pada Tanah Keras dan Lunak

Elemen	Item	Tanah Keras	Tanah Lunak
PELAT			
Pelat Lantai 2	Tebal Pelat	12 Cm	12 Cm
	Tulangan Tumpuan Arah X	Ø10 - 150	Ø10 - 150
	Tulangan Tumpuan Arah Y	Ø10 - 150	Ø10 - 150
	Tulangan Susut	Ø8 - 150	Ø8 - 150
	Tulangan Lapangan Arah X	Ø10 - 150	Ø10 - 150
	Tulangan Lapangan Arah Y	Ø10 - 150	Ø10 - 150
	Tulangan Susut	Ø8 - 150	Ø8 - 150
Pelat Lantai Atap	Tebal Pelat	10 Cm	10 Cm
	Tulangan Tumpuan Arah X	Ø10 - 200	Ø10 - 200
	Tulangan Tumpuan Arah Y	Ø10 - 200	Ø10 - 200
	Tulangan Susut	Ø8 - 200	Ø8 - 200
	Tulangan Lapangan Arah X	Ø10 - 200	Ø10 - 200
	Tulangan Lapangan Arah Y	Ø10 - 200	Ø10 - 200
Pelat Tangga	Tebal Pelat	10 Cm	10 Cm
	Tulangan Arah X	Ø10 - 120	Ø10 - 120
	Tulangan Arah Y	Ø10 - 120	Ø10 - 120
Pelat Bordes	Tebal Pelat	10 Cm	10 Cm
	Tulangan Arah X	Ø10 - 120	Ø10 - 120
	Tulangan Arah Y	Ø10 - 120	Ø10 - 120
Kontrol Simpangan	U1.Max	1,83534 mm	1,493 mm
	U2.Max	3,34242 mm	2,256 mm
	U3.Max	0,37364 mm	0,222 mm
	R1.Max	0,000535 mm	0,000175 mm
	R2.Max	0,000352 mm	0,000283 mm
	R3.Max	0,000236 mm	0,00017 mm
BALOK			
Lantai 2			
BA -1	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	3D13	3D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -70	Ø10 -70
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	3D13	3D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
BA - 2	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	7D13	8D13
	Tulangan Tekan	4D13	4D13
	Tulangan Geser	Ø10 -70	Ø10 -60
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	4D13	4D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
BA - 3	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	5D13	6D13
	Tulangan Tekan	3D13	3D13
	Tulangan Geser	Ø10 -65	Ø10 -60

Tabel 6. Perbandingan Elemen Struktur Gedung Metode SRPMK pada Tanah Keras dan Lunak (Lanjutan)

Elemen	Item	Tanah Keras	Tanah Lunak
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	4D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	3D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø19	2Ø13
BI – 1	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	6D13	6D13
	Tulangan Tekan	3D13	3D13
	Tulangan Geser	Ø10 -90	Ø10 -90
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
BI – 2	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	7D13	7D13
	Tulangan Tekan	4D13	4D13
	Tulangan Geser	Ø10 -90	Ø10 -90
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
BI – 3	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	8D13	9D13
	Tulangan Tekan	4D13	5D13
	Tulangan Geser	Ø10 -75	Ø10 -90
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
BI – 4	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	10D13	11D13
	Tulangan Tekan	5D13	6D13
	Tulangan Geser	Ø10 -90	Ø10 -80
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	3Ø13	2Ø13
Lantai Atap			
BA – 1	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	3D13	3D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -70	Ø10 -70
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	3D13	3D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13

Tabel 6. Perbandingan Elemen Struktur Gedung Metode SRPMK pada Tanah Keras dan Lunak (Lanjutan)

Elemen	Item	Tanah Keras	Tanah Lunak
BA – 2	TUMPUAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	3D13	3D13
	Tulangan Geser	Ø10 -70	Ø10 -70
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	3D13	3D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
	BA – 2	TUMPUAN	
Tulangan Tarik		6D13	6D13
Tulangan Tekan		3D13	3D13
Tulangan Geser		Ø10 -70	Ø10 -70
LAPANGAN			
Tulangan Tarik		3D13	3D13
Tulangan Tekan		2D13	2D13
Tulangan Geser		Ø10 -100	Ø10 -100
Tulangan Torsi		2Ø13	2Ø13
BI – 1		TUMPUAN	
	Tulangan Tarik	6D13	11D13
	Tulangan Tekan	3D13	6D13
	Tulangan Geser	Ø10 -90	Ø10 -80
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	3D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
	BI – 2	TUMPUAN	
Tulangan Tarik		5D13	5D13
Tulangan Tekan		3D13	3D13
Tulangan Geser		Ø10 -80	Ø10 -50
LAPANGAN			
Tulangan Tarik		5D13	5D13
Tulangan Tekan		2D13	2D13
Tulangan Geser		Ø10 -100	Ø10 -100
Tulangan Torsi		2Ø13	2Ø13
BI – 3		TUMPUAN	
	Tulangan Tarik	7D13	7D13
	Tulangan Tekan	4D13	4D13
	Tulangan Geser	Ø10 -90	Ø10 -90
	LAPANGAN		
	Tulangan Tarik	5D13	5D13
	Tulangan Tekan	2D13	2D13
	Tulangan Geser	Ø10 -100	Ø10 -100
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
	BK	TUMPUAN	
Tulangan Tarik		3D13	3D13
Tulangan Geser		Ø10 -50	Ø10 -50
LAPANGAN			
Tulangan Tarik		3D13	3D13
Tulangan Geser		Ø10 -100	Ø10 -100

Tabel 6. Perbandingan Elemen Struktur Gedung Metode SRPMK pada Tanah Keras dan Lunak (Lanjutan)

Elemen	Item	Tanah Keras	Tanah Lunak
	Tulangan Torsi	2Ø13	2Ø13
Panjang Penyaluran	Tulangan Tarik Dengan Kait		
	90 Ø	200 mm	200 mm
	Tulangan Tekan	100 mm	100 mm
KOLOM	Tulangan Lentur	14D22	18D22
	Tulangan Geser	Ø10 - 80 mm	Ø10 - 80 mm
SLOOF			
<i>Sloof</i> Tumpuan	Tulangan Atas	3D22	3D22
	Tulangan Tengah	2D13	2D13
	Tulangan Bawah	3D22	3D22
	Tulangan Sengkang 2 Kaki	Ø13 - 120 mm	Ø13 - 120 mm
<i>Sloof</i> Lapangan	Tulangan Atas	3D22	2D22
	Tulangan Tengah	2D13	2D13
	Tulangan Bawah	3D22	2D22
	Tulangan Sengkang 2 Kaki	Ø13 - 100 mm	Ø13 - 100 mm
PONDASI			
<i>Poer</i>	Tebal poer	500 mm	500 mm
	Jumlah Tiang Pancang Yang Direncanakan	4 Tiang	6 Tiang
	Kedalaman Tiang Yang Direncanakan	7 M	10 M
	Tulangan Arah X	D22 - 125	D22 - 100
	Tulangan Arah Y	D22 - 125	D22 - 100

Dari Tabel 6, hasil perbandingan elemen struktur gedung metode SRPMK pada tanah keras dan lunak, dapat dilihat bahwa dimensi pelat atap, pelat lantai, tangga, pelat bordes, balok dan kolom dibuat sama. Begitu pula pada penulangan pelat atap, pelat lantai, tangga dan pelat bordes. Sedangkan pada penulangan balok dan kolom ada sedikit perbedaan di beberapa tempat, berturut turut pada tanah keras dan lunak yaitu balok tumpuan BA-2: 7D13, 8D13; tulangan geser 10-70, 10-60, tumpuan balok BA-3: 5D13, 6 D13, tulangan geser 10-65, 10-60, tulangan tarik lapangan balok BA-3: 4D13, 5 D13, tulangan tekan lapangan BA-3: 2D13, 3D13, tulangan geser 10-100, 10-100, tulangan torsi: 2 D19, 2D13; tumpuan tulangan tarik Balok BI-3: 8D13, 9D13, tulangan

tekan 4D13, 5D13, tulangan geser 10-75, 10-90, dan seterusnya dapat dilihat di Tabel 6. Pada struktur yang berdiri di atas tanah lunak membutuhkan tulangan yang lebih banyak dibandingkan pada tanah keras. Perbedaan tersebut tidak terlalu jauh, rata-rata tiap penampang balok pada daerah tumpuan tulangan tarik hanya berbeda 1 tulangan D13, sedangkan pada tulangan tekan sebagian besar sama, hanya beberapa balok saja yang berbeda, dan itu pun berbeda 1 D13. Adapun pada tulangan lentur lapangan, hampir sebagian besar sama, jika ada yang berbeda hanya beberapa balok saja. Tulangan geser pun demikian, perbedaan tidak terlalu jauh, pada struktur di atas tanah lunak, membutuhkan tulangan geser yang lebih rapat. Tebal *poer* dibuat sama

yaitu 500 mm, dengan ukuran poer yang berbeda, digunakan tiang pancang segitiga panjang tiap sisi 24 cm. Jumlah tiang yang dibutuhkan pada tanah keras dan lunak berturut-turut adalah 4 dan 6 dengan kedalaman berturut-turut 7 m dan 10 m. Perbedaan yang tidak terlalu signifikan ini disebabkan pemodelan pada struktur bertingkat rendah.

4. Simpulan

Dari hasil analisa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada struktur yang berdiri di atas tanah lunak membutuhkan tulangan yang lebih banyak dibandingkan pada tanah keras. Perbedaan tersebut tidak terlalu jauh, rata-rata tiap penampang balok pada daerah tumpuan tulangan tarik hanya berbeda 1 tulangan D13, sedangkan pada tulangan tekan sebagian besar sama, hanya beberapa balok saja yang berbeda, dan itu pun berbeda 1 D13. Adapun pada tulangan lentur lapangan, hampir sebagian besar sama, jika ada yang berbeda hanya beberapa balok saja. Tulangan geser pun demikian, perbedaan tidak terlalu jauh, pada struktur di atas tanah lunak, membutuhkan tulangan geser yang lebih rapat. Pada pondasi, Tebal poer dibuat sama yaitu 500 mm, dengan ukuran poer yang berbeda, digunakan tiang pancang segitiga panjang tiap sisi 24 cm. Jumlah tiang yang dibutuhkan pada tanah keras dan lunak berturut-turut adalah 4 dan 6 dengan kedalaman berturut-turut 7 m dan 10 m.
2. Perbedaan yang tidak terlalu signifikan ini disebabkan pemodelan

pada struktur bertingkat rendah, disarankan dibuat perbandingan untuk struktur bertingkat tinggi.

Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)*. Bandung: Ditjen Cipta Karya Direktorat Masalah Bangunan.
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-2847-2002)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Panitia Teknik Konstruksi dan Bangunan. 2002. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-1726-2002)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional (BSN).
- Terzaghi, Karl dan Ralph B. Peck. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Wang, C. K, dan Salmon, C. G. 1990. *Desain Beton Bertulang*, Edisi ke 4 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Wang, C. K, dan Salmon, C. G. 1990. *Desain Beton Bertulang*, Edisi ke 4 Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*, Cetakan ke II. Jakarta: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Yayasan Lembaga Penyelidikan
Masalah Bangunan. 1971.
*Peraturan Beton Bertulang
Indonesia (PBI 1971)*. Jakarta:
Yayasan Lembaga Penyelidikan
Masalah Bangunan.

Halaman ini sengaja dikosongkan