

## PERENCANAAN STRUKTUR APARTEMEN RASUNA SOLO

Jefry Dwi Prasetyo, Himawan Indarto\*), Indrastono M.A\*)

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### ABSTRAK

*Perencanaan Struktur Gedung Apartemen Rasuna ini didesain dengan mengacu pada SNI 2847-2013 tentang perencanaan beton dan SNI 1726-2012 tentang peraturan Gempa Indonesia. Struktur gedung apartemen rasuna ini, berada dalam kelas situs SD (tanah sedang) dan termasuk dalam kriteria desain seismik tipe D, dengan katagori resiko I. Sehingga dalam perencanaannya digunakan metode Sistem Rangka Pemikul momen Khusus (SRPMK). Dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), diharapkan bahwa struktur gedung memiliki tingkat daktilitas tinggi. Perencanaan struktur gedung Apartemen ini menggunakan konsep desain kapasitas berupa kolom kuat balok lemah. Struktur kolom dibuat lebih kuat dari struktur balok, agar pada bagian balok terjadi sendi plastis terlebih dahulu. Dengan menggunakan metode tersebut diharapkan gedung ini tidak mengalami keruntuhan total saat terjadi gempa yang kuat. Perencanaan struktur ini menggunakan software struktur. Material yang digunakan yaitu beton  $f'c$  30 MPa, baja tulangan mutu 400 MPa untuk Tulangan utama, dan 240 MPa untuk tulangan sengkang serta plat lantai. Pondasi yang digunakan pada struktur gedung ini adalah pondasi tiang pancang dengan diameter 50 cm dan kedalaman 16 m, dengan daya tiang pancang sebesar 136,23 ton*

**Kata kunci:** *Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), Desain Kapasitas Respon Spektrum, SNI 1726-2012.*

### ABSTRACT

*Rasuna Apartment Building Structure's Planning is designed refer to the concrete design regulation, SNI 2847-2013, and Indonesia Earthquake regulations, SNI 1726-2012. Rasuna apartment building's structure is belongs to the SD Class (medium soil) and the seismic design criteria of type D with risk category I. Therefore, Special moment resisting frame system (SMRFS) method is used to design this structure. Special moment resisting frame system (SMRFS)) is expected to generate a high ductility building. This apartment building structural is designed using the strong column weak beam design concept. The column structure is made stronger than the beams, so that the plastic hinge parts of the beam occurred first. Those methods proposed thats building is not collapsed during a strong earthquake. The concepts of this structure is designed with structure software. This building is using concrete with  $f'c$  30 MPa, and reinforcing steel with 400 MPa for main reinforcement, and 240 MPa for stirrups and platform. Then, this structure used a pile foundation with 50 centimeters diameter and 16 meters deepness with the strenght of pile is 136,23 ton*

**keywords:** *Special Moment Resisting Frame System (SMRFS), Capacity Design, Spectrum Respons, SNI 1726-2012.*

*\*) Penulis penanggung jawab*

## **PENDAHULUAN**

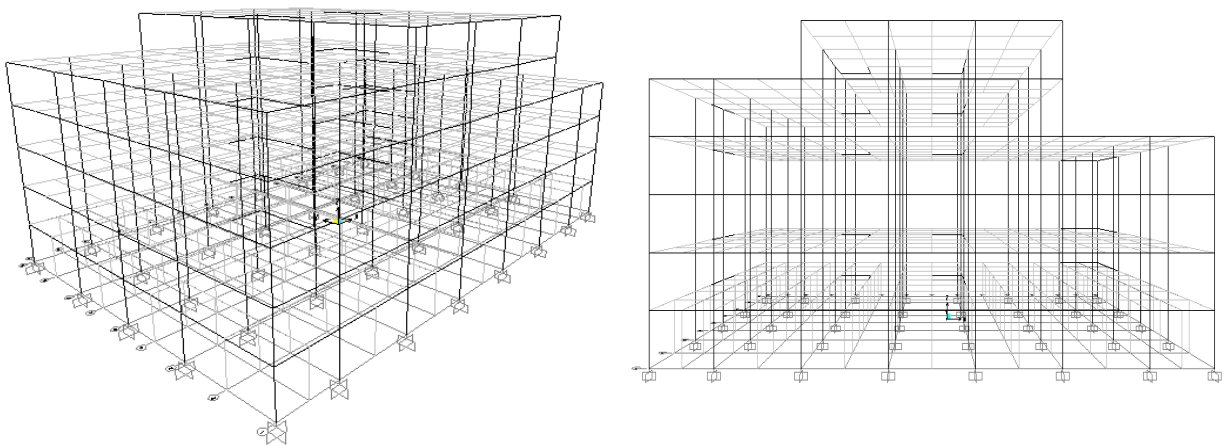
Kota Solo yang merupakan salah satu kota besar di Jawa Tengah. Dengan meningkatnya arus urbanisasi ini maka terjadi pertumbuhan penduduk yang berdampak pada kebutuhan tempat tinggal serta meningkatnya ekonomi yang ada di Kota Solo ini. Sering meningkatnya kebutuhan akan tempat tinggal maka menciptakan suatu pemikiran untuk membangun tempat tinggal yang tidak memakan terlalu banyak lahan karena keterbatasan lahan yang ada di kota Solo ini. Apartemen dianggap menjadi solusi terbaik sebagai rumah tinggal yang efektif, efisien dan dianggap tidak terlalu memakan lahan yang banyak. Apartemen ini nantinya akan dibangun di dalam pusat kota.

## **ANALISIS DAN DESAIN STRUKTUR**

Dalam perencanaan struktur Apartemen Rasuna ini, digunakan pedoman peraturan serta acuan antara lain:

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013
- b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung SNI 1726-2012
- c. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013

Desain struktur Apartemen Rasuna terdiri dari 5 lantai dengan satu atap dan didesain dengan menggunakan *Software* analisis struktur. Pemodelan struktur digambarkan pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Pemodelan struktur apartemen Rasuna Solo

## **MUTU BAHAN**

Bangunan Apartemen ini direncanakan dengan menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu material sebagai berikut:

- a. Beton ( $f'_c$ )  
Struktur = 30 MPa
- b. Baja ( $f_y$ )

BJTD- 40,  $f_y = 400$  MPa (Tulangan Ulir).  
BJTP- 24,  $f_y = 240$  MPa (Tulangan Polos).

## **PEMBEBANAN STRUKTUR**

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung apartemen ini adalah sebagai berikut:

- a. Beban mati yang digunakan mengacu pada SNI 1727-2013 adapun pembebanan untuk lantai 1 sampai dengan lantai atap sebesar  $110 \text{ kg/m}^2$ .
- b. Beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727-2013 adapun pembebanan untuk lantai 1 sampai dengan lantai 5 sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$  sedangkan untuk lantai atap sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$
- c. Beban gempa yang digunakan mengacu pada SNI 03-1726-2012

## **KOMBINASI BEBAN**

Kombinasi pembebanan yang digunakan untuk perhitungan dan analisis perencanaan Struktur Apartemen Rasuna Solo mengacu pada peraturan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013) dan standar ketahanan gempa untuk gedung (SNI 1726-2012), kombinasi yang digunakan yaitu:

- a.  $1,4 D$
- b.  $1,2 D + 1,6 L$
- c.  $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + L + 100\% \rho E_x + 30\% \rho E_y$
- d.  $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + L + 30\% \rho E_x + 100\% \rho E_y$
- e.  $1D + 1 L$

dimana:

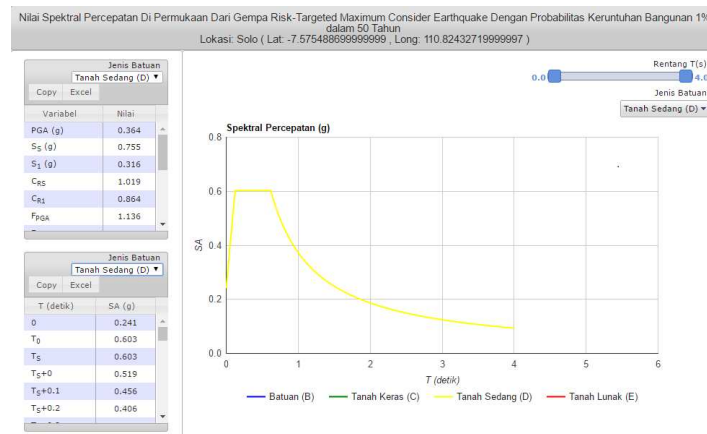
$D$  = Beban mati  
 $L$  = Beban hidup  
 $S_{DS}$  = Percepatan respons spektral pada perioda pendek  
 $\rho$  = Faktor redundansi struktur  
 $E_x$  = Beban gempa arah x  
 $E_y$  = Beban gempa arah y

## **ANALISI STRUKTUR TERHADAP GEMPA**

Analisis struktur gedung dilakukan berdasarkan konfigurasi struktur dan fungsi bangunan yang dikaitkan dengan kelas situs tempat bangunan didirikan dan peta zona gempa sesuai dengan standar ketahanan gempa untuk gedung (SNI 1726:2012). Dengan data sebagai berikut:

- a. Lokasi bangunan = Solo
- b. Kategori risiko = II
- c. Kelas situs = SD (Tanah Sedang)
- d. Faktor kepentingan seismik ( $I_e$ ) = 1,0
- e. Koefisien modifikasi respons ( $R$ ) = 8 (SRPMK)

Besarnya nilai respons spektral didapat dari *website* [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id), dan disesuaikan dengan lokasi tempat bangunan didirikan serta Kelas situs yang didapat dari percobaan laboratorium. Besaran nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 2:



Gambar 2. Grafik Respon Spektrum Solo (Tanah Sedang)

Dari grafik respon spektrum pada Gambar 2 didapatkan nilai parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek ( $S_{DS}$ ) dan perioda 1 ( $S_{D1}$ ) detik sebagai berikut:

- $S_{DS} = 0,758$  g.
- $S_{D1} = 0,737$  g.

Dengan melihat Nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ , serta SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.5, Perencanaan Struktur Apartemen Rasuna Solo termasuk dalam kategori desain seismik tipe D, sehingga di desain menggunakan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada struktur ini mempunyai Periode fundamental pendekatan ( $T_c$ ) dengan nilai  $T_c = 0,915$  detik, dimana batasan dari nilai  $T_c$  yang diizinkan yaitu sebesar  $T_{max} = 1,139$  detik dan  $T_{min} = 0,814$  detik

## PERENCANAAN BALOK INDUK

Prinsip perencanaan tulangan balok induk berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus SNI 2847-2013 Pasal 21.5.1 adalah sebagai berikut:

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi  $0,1A_g f'_c$
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektif elemen struktur
- Perbandingan lebar terhadap tinggi balok induk tidak boleh kurang dari 0,3

Balok harus bisa memikul beban dengan rumus perencanaan lentur sebagai berikut:

$$M_u \leq \phi \cdot M_n \quad (1)$$

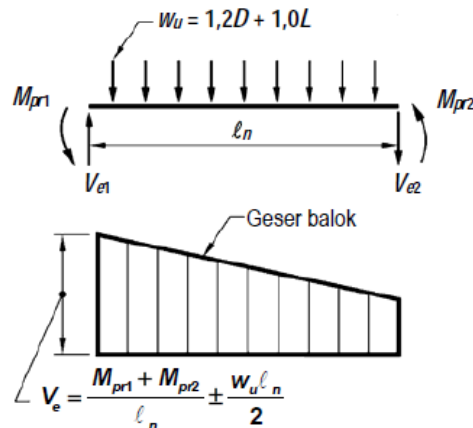
dimana :

$M_u$  = Momen terfaktor penampang

$\phi$  = Nilai keamanan sebesar 0,8

$M_n$  = Kekuatan lentur nominal pada penampang

Dengan yang dihitung dengan 5 kondisi, yaitu kondisi momen negatif exterior, kondisi momen negatif interior, kondisi momen positif exterior, kondisi momen positif interior dan kondisi momen pada lapangan. Perhitungan Tulangan Geser, harus mengacu pada gaya geser yang terjadi akibat ( $M_{pr}$ ) pada daerah sendi plastis dihitung berdasarkan tulangan terpasang dengan tegangan tarik baja  $f_s = 1,25 f_y$  dan faktor reduksi 1,0 sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2



Gambar 3. Probable Moment Balok Menahan Gempa ke Kiri SNI-2847-2013

Gaya geser rencana balok direncanakan berdasarkan kuat lentur maksimum balok ( $M_{pr}$ ) yang terjadi pada daerah sendi plastis balok yaitu pada penampang kritis dengan jarak  $2h$  dari tepi balok. Gaya geser terfaktor pada muka tumpuan dihitung sebagai berikut:

$$V_e = \frac{W_u \ell_u}{2} \pm \left( \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_2}}{L_n} \right) \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$W_u$  = Beban terfaktor per satuan panjang balok

$\ell_u$  = Panjang tak tertumpu elemen tekan

$M_{pr}$  = kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka joint yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25f_y$

$L_n$  = Panjang efektif balok

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2 Bahwa untuk spasi sengkang tertutup pada Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) diambil yang terkecil dari :

1.  $d/4$ ; dimana  $d$  adalah tinggi penampang balok
2. Enam kali diameter terkecil tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal
3. 150 mm

## PERENCANAAN KOLOM

Prinsip perencanaan komponen elemen kolom untuk perhitungan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1, dijelaskan bahwa komponen elemen struktur tersebut harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada kolom melebihi  $0,1 A_g f'_c$
2. Sisi terpendek kolom tidak kurang dari 300 mm.
3. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

Struktur ini dirancang dengan menggunakan Konsep Kolom kuat balok lemah ( *strong column weak beam*) yang didesain dengan rumus sebagai berikut :

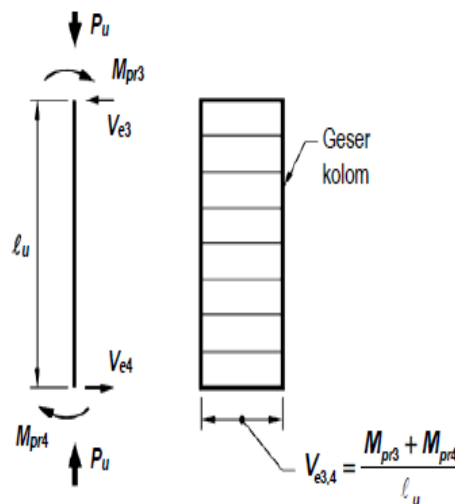
$$\Sigma M_c > 1,2 \Sigma M_g \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

$\Sigma M_c$  = Momen nominal kolom

$\Sigma M_g$  = Momen nominal balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.5.1 Kuat gaya geser rencana  $V_e$  ditentukan dari kuat momen maksimum,  $M_{pr}$  dari setiap ujung komponen struktur yang bertemu di Hubungan Balok Kolom yang bersangkutan. Namun pasal tersebut juga dibatasi bahwa  $V_e$  tidak perlu lebih besar dari gaya geser rencana yang ditentukan dari kuat Hubungan Balok-Kolom. Gambar dibawah merupakan gaya-gaya yang bekerja pada sepanjang kolom, dimana gaya geser  $V_e$  yang bekerja pada kolom diperoleh dari hasil bagi antara momen maksimum yang bekerja pada ujung kolom dengan bentang bersih kolom.



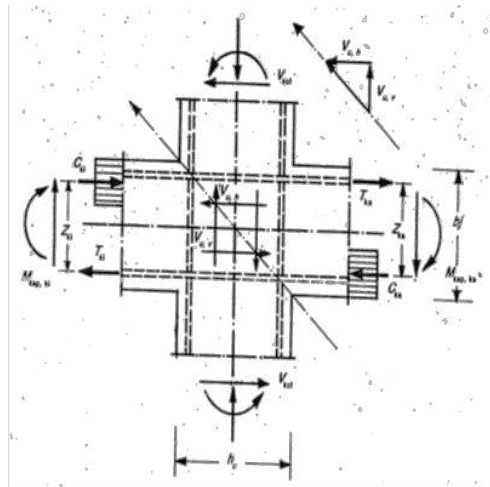
Gambar 4. Gaya Geser Rencana Kolom SRPMK.

Bedasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3 Spasi untuk tulangan geser atau tulangan transversal sepanjang  $L_o$  komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

1. Seperempat Dimensi komponen struktur minimum;
2. Enam kali diamter batang tulangan Longitudinal yang terkecil

## PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK DAN KOLOM

Hubungan balok– kolom (HBK) atau *beam–column joint* mempunyai peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu struktur gedung bertingkat tinggi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hubungan balok-kolom (HBK) harus didesain kuat untuk menghindari perpindahan sendi plastis ke dalam joint. Sehingga diperlukan tulangan Sengkang untuk memperkuat bagian dalam dari joint balok- kolom, agar pada daerah joint mampu menerima dan menyalurkan gaya gaya yang dihasilkan oleh balok dan kolom, serta untuk menghindari kegagalan struktur yang dimulai dari daerah *joint*. Dapat kita lihat *free body* gaya- gaya yang berkerja pada *joint* pada gambar dibawah :



Gambar 5. Gaya – gaya yang bekerja pada hubungan balok-kolom

## PERENCANAAN PONDASI

Berdasarkan letak kedalaman tanah keras dari hasil uji laboatorium dengan kedalaman tanah keras 16 m, maka jenis pondasi yang digunakan pada Gedung Apartemen Rasuna adalah Tiang pancang dengan diameter 50 cm, dengan 2 tipe. Tipe pertama yaitu terdiri dari 3 tiang pancang dalam satu *pilecap*, tipe kedua yaitu terdiri dari 2 tiang pancang dalam satu *pilecap*.

Daya dukung ijin pondasi dihitung berdasarkan data nilai N-SPT dengan menggunakan metode *Meyerhoff*, Adapun formulanya adalah sebagai berikut :

$$Q_{ult} = 40.N_b.A_b + 0,5.N.A_s \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

$Q_{ult}$  = daya dukung batas pondasi tiang pancang (ton)

$N_b$  = nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang

$A_b$  = luas penampang dasar tiang ( $m^2$ )

$N$  = nilai N-SPT rata-rata

$A_s$  = luas selimut tiang ( $m^2$ ).

Beban yang harus ditahan oleh pondasi ini adalah Gaya aksial yang terjadi berasal dari beban Struktur diatasnya yang dianalisis dengan bantuan *software* analisis struktur . Dengan memasukan gaya aksial terfaktor terbesar tersebut ke dalam gambar diagram interaksi dengan menggunakan program struktur di dapatkan kapasitas kolom maksimum ( $M_{pr-x}$  dan  $M_{pr-y}$ ). Berikut adalah formula yang digunakan untuk menghitung beban maksimum.

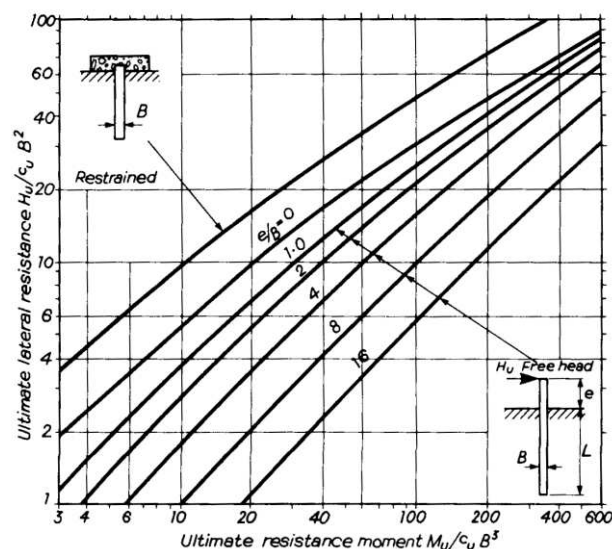
$$P = \frac{P_u}{n} \pm \frac{M_x.y}{b.\Sigma y^2} \pm \frac{M_y.x}{a.\Sigma x^2} \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

$P_u$  = Gaya aksial yang diterima oleh tiang pancang

$M_x$  = Momen arah-x  
 $M_y$  = Banyak arah-y  
 $n$  = Banyak tiang.  
 $a$  = Banyak tiang dalam satu kolom.  
 $b$  = Banyak tiang dalam satu baris.  
 $x,y$  = Titik pusat tiang terhadap titik pusat penampang.

Pemeriksaan untuk cek geser ponds dan kontrol gaya lateral harus dilakukan. Cek geser ponds adalah untuk mengetahui apakah tebal *pile cap* cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang terjadi. Sedangkan kontrol gaya lateral bertujuan untuk mengetahui momen lateral maksimum yang mampu ditahan oleh tiang. Untuk mencari momen lateral bisa menggunakan Grafik *Broms Ultimate Lateral Resistance* seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik *broms ultimate lateral resistance*

## KESIMPULAN

Hasil perencanaan struktur gedung Apartemen Rasuna Solo dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Gempa merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan struktur gedung. Di mana suatu struktur gedung didesain berdasarkan daerah zona gempa wilayah dan fungsi bangunan tersebut.
2. Perencanaan struktur ini didesain menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan menggunakan konfigurasi kerutuhan struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Di mana Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dirancang dengan menggunakan konsep *Strong Column Weak Beam*, di mana kolom dirancang sedemikian rupa agar struktur dapat berespon terhadap beban gempa dengan mengembangkan mekanisme sendi plastis pada balok-baloknya dan pada dasar kolom
3. Dalam perencanaan struktur harus dilakukan dengan baik dan benar, terutama dalam pemodelan dan pembebanan agar menghasilkan perhitungan yang akurat.

## SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pembaca agar dapat membuat Tugas Akhir yang lebih baik lagi, adalah sebagai berikut :



1. Dalam merencanakan struktur gedung yang berada di wilayah yang terdapat intensitas gempa, sebaiknya menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan konsep Desain Kapasitas, karena dengan menggunakan metode perencanaan ini diharapkan sendi plastis dapat terbentuk di balok, sehingga apabila terjadi gempa yang kuat struktur masih bisa berdiri (tidak terjadi keruntuhan) dan kemungkinan jatuhnya korban jiwa masih bisa dihindari.
2. Dalam melakukan perencanaan struktur sebaiknya menggunakan peraturan dan pedoman standar yang terbaru, sehingga perhitungan struktur gedung yang digunakan sesuai dengan syarat yang berlaku dan terbaru

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standardisasi Nasional. 2010. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 03-1726-2012. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847-2013. Bandung: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Perencanaan Struktur gedung dan struktur lain*. Bandung: BSN.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Satyarno, Iman, dkk. 2012. *Belajar SAP 2000 Cepat-Tepat-Mahir Seri 2*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Wang, Chu-Kia, and Charles G. Salmon. 1994. *Disain Beton Bertulang*. Edisi Keempat. Jakarta: Erlangga.