

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA  
RUMAH SAKIT DOKTER ROSNEDY 6 LANTAI + 1 BASEMENT  
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)  
DI KOTA SOLO**

**Naskah Publikasi**

untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat S-1 Teknik Sipil



diajukan oleh :

**HARUN MUHAMMAD**

**NIM : D 100 110 040**

kepada :

**PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA  
RUMAH SAKIT DOKTER ROSNEDY 6 LANTAI + 1 BASEMENT  
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)  
DI KOTA SOLO

Naskah Publikasi

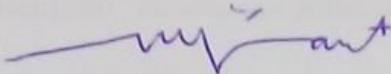
diajukan dan dipertahankan pada Ujian Pendadaran  
Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji  
Pada tanggal 11 Januari 2016

diajukan oleh

HARUN MUHAMMAD  
NIM : D100 110 040

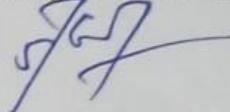
Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama



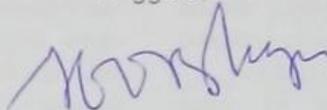
Muhammad Ujjanto, S.T., M.T.  
NIK : 728

Pembimbing Pendamping



Budi Setiawan, S.T., M.T.  
NIK : 785

Anggota



Ir. Abdul Rochman, M.T.  
NIK : 610

Tugas Akhir ini diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil

Surakarta, Januari 2016

Dekan Fakultas Teknik



Sunarjono, M.T., PhD.  
NIK : 733

Ketua Progdi Teknik Sipil



Mochamad Solikin, S.T., M.T., PhD.  
NIK : 792

**PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA  
RUMAH SAKIT DOKTER ROSNEDY 6 LANTAI + 1 BASEMENT  
DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)  
DI KOTA SOLO**

**Harun Muhammad**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417  
e-mail : [lagigaweemail@gmail.com](mailto:lagigaweemail@gmail.com)

**ABSTRAK**

Kota Solo menjadi sentral rujukan rumah sakit di daerah sekitarnya, sehingga kebutuhan akan rumah sakit menjadi meningkat untuk melayani kesehatan masyarakat di daerah kota solo dan sekitarnya. Oleh karena itu akan direncanakan sebuah gedung rumah sakit 6 lantai +1 *basement* dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) di kota tersebut. Yang harus dipertimbangkan dalam merencanakan struktur gedung diantaranya aspek keamanan, arsitektural dan ekonomi. Perencanaan gedung rumah sakit ini mengacu pada standar peraturan (SNI) terbaru yang telah diterbitkan, yaitu SNI-1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung) dan SNI-2847:2013 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung). Perencanaan gedung ini mencakup struktur utama (struktur atas balok kolom dan struktur bawah) serta struktur rangka atap baja IWF dan struktur pelat (pelat lantai, tangga, dan *basement*). Dengan lokasi gedung di kota Solo dan perhitungan klasifikasi situs tanah termasuk kategori *SD* (tanah sedang), maka diperoleh nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  adalah 0,755 dan 0,316. Untuk kebutuhan perencanaan beban gempa pada gedung SRPMM, dipakai faktor keutamaan bangunan  $I_e$  dengan nilai 1,5 (gedung rumah sakit memiliki unit bedah termasuk dalam kategori IV) faktor modifikasi respons ( $R$ ) sebesar 5, metode analisis beban gempa menggunakan statik ekuivalen. Mutu beton yang dipakai  $f'_c$  30 MPa, serta mutu tulangan baja ulir  $f_y$  400 MPa dan tulangan polos  $f_y$  240 MPa. Struktur balok direncanakan berdimensi 350/700 untuk lantai 1 sampai 3, dan 300/600 untuk lantai 4 sampai atap. Sedangkan untuk kolom direncanakan dengan dimensi 500/700 untuk lantai basement sampai sampai 1, dimensi 450/650 untuk lantai 2 sampai 3, dimensi 400/600 untuk lantai 4 sampai 6. Struktur bawah direncanakan memakai pondasi tiang pancang diameter 400 mm dengan kedalaman 18 m, dengan dimensi *poer* 1800x1800x650mm untuk 4 tiang dan *poer* 2300x2300x650mm untuk 5 tiang. *Sloof* direncanakan berdimensi 250/500.

**Kata kunci :** *perencanaan, sistem rangka pemikul momen menengah, struktur gedung.*

**ABSTRACT**

Solo city became a central referral hospital in the surrounding area, so the need for hospitals to be increased to serve the public health in solo city and surrounding area. Therefore it would planned hospital building with a 6 storey +1 basement bearer sway intermediate (SI) in the city. Which should be considered in the planning of the building structure including safety aspects, architectural and economic. Planning the hospital building refers to the regulatory standards (SNI) version that has been published, namely SNI-1726:2012 (Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung) and SNI 2847:2013 (Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung). The building plan includes a main structure (the structure of columns, beams, and under the structure) and the IWF steel roof structure and a slab structure (slab floors, staircases and basement). The location of the building in the city of Solo and the land sites including *SD* classification (soil medium), then the  $S_{DS}$  and  $S_{D1}$  values obtained are 0,755 and 0,316. For planning of earthquake loads on the building needs sway intermediate (SI), used primacy building factor 1.5 (for building hospitals have surgical units are included in category IV), response modification factor ( $R$ ) equal to 5, the method of analysis earthquake load using the static equivalent. Quality of concrete used  $f'_c$  30 MPa, and the quality of threaded rebar use  $f_y$  400 MPa and for plain rebar use  $f_y$  240 MPa. Dimensional beam structure planned 350/700 for the 1st to 3rd floors, and 300/600 for the 4th floor to the roof. As for the column is planned with the dimensions 500/700 for the basement up to 1st floor, the dimensions of 450/650 to the 2nd to 3rd floor, the dimension 400/600 for 4th to 6th floors. Under the structure of pile foundation planned to use 400 mm of a diameter with a depth of 18 m, and dimensions of pile cap 1800x1800x650mm for pile foundation 4 poles and pile cap 2300x2300x650mm for pile foundation 5 poles. *Sloof* planned dimension 250/500.

**Keywords:** *planning, system frame bearers secondary moment, the structure of the building.*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Nikmat sehat dan waktu luang adalah sebuah anugrah dari Alloh *subhanahu wata'ala*, oleh karena itu manusia harus senantiasa menjaga kesehatan dan menciptakan budaya sehat dari segala aspek. Akan tetapi manusia selalu mengabaikan kesehatan dan menganggapnya remeh, dari makanan, minuman yang banyak mengandung bahan kimia yang berbahaya mengakibatkan banyak penyakit-penyakit baru yang mematikan dan belum ada obatnya. Oleh karena itu keberadaan rumah sakit sangat dibutuhkan untuk melayani kesehatan manusia dengan berbagai penyakit yang mereka derita. Kota Surakarta menjadi rujukan untuk pasien-pasien dari wilayah sekitar Surakarta, karena memiliki rumah sakit dengan kualitas baik.

Kota Surakarta merupakan daerah dengan lahan yang terbatas dan harga tanahnya relatif mahal, untuk itu zonasi rumah sakit disusun pada massa bangunan bertingkat, sehingga pola pergerakan aktifitas umumnya adalah secara vertikal (Bakti husada, 2010). Perencanaan pembangunan gedung rumah sakit harus benar-benar aman karena menyangkut keselamatan manusia dan memiliki efisiensi dari segi energi, biaya, fungsi ruang dan ramah lingkungan.

Dari beberapa permasalahan di atas, maka dengan Tugas Akhir ini kami akan merencanakan sebuah gedung rumah sakit umum kelas B. Metode perencanaan struktur gedung yang kami gunakan adalah daktail parsial atau sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).

Konsep desain pada perencanaan gedung rumah sakit ini adalah hemat energi dengan cara penggunaan kaca pada fasad gedung untuk meminimalisir penggunaan lampu. Ditinjau dari segi struktur ada beberapa keunggulan diantaranya jarak kolom yang memiliki pola seragam dan jarak antar kolom tidak terlalu lebar sehingga lebih kompak dalam menghadapi guncangan gempa, struktur dengan ukuran elemen konsisten dan juga jarak antar tingkat sama sehingga penyaluran beban tidak terputus, denah gedung berbentuk U simetris dengan pemisahan portal (dilatasi) menjadikan denah portal berbentuk kotak-kotak sederhana untuk menghindari torsi horisontal pada gedung saat gempa.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, rumusan masalah yang bisa diambil sebagai acuan adalah :

1. Lahan yang terbatas di Surakarta dan harga tanah yang relatif mahal.
2. Merencanakan struktur gedung bertingkat rumah sakit yang tahan gempa.

### C. Tujuan Perencanaan

1. Mendesain rumah sakit dengan gedung bertingkat untuk menyiasati lahan yang terbatas dan mahal.
2. merencanakan struktur gedung bertingkat yang tahan gempa dengan sistem daktail parsial atau SRPMM.

### D. Manfaat perencanaan

Manfaat yang bisa diambil dari Tugas Akhir ini bagi penulis adalah menambah pengetahuan tentang perencanaan dan memberi pengalaman dalam merencanakan struktur gedung bertingkat tahan gempa, khususnya dalam perencanaan struktur beton bertulang.

### E. Batasan Masalah

Mengantisipasi melebarnya pembahasan, dalam penyusunan Tugas Akhir ini, perencanaan gedung ini dibatasi pada masalah-masalah berikut :

1. Peraturan yang digunakan
  - a. SNI-1727:2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
  - b. SNI-1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung.
  - c. SNI-2847:2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.
2. Pada perhitungan dan pembahasan di dalam Tugas Akhir ini, batasan-batasan masalahnya adalah sebagai berikut:
  - a. Struktur gedung rumah sakit 6 lantai + 1 *basement* dengan SRPMM di kota Solo.
  - b. Perencanaan struktur yang dihitung meliputi perhitungan struktur atap (kuda-kuda), beton bertulang (pelat lantai, pelat tangga, balok, kolom, pondasi), dan dinding *basement*.
  - c. Ketinggian kolom lantai *basement* hingga lantai 6 adalah 4,5 m.
  - d. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:  
Mutu beton  $f'_c = 30$  MPa.  
Mutu baja  $f_y = 400$  MPa.  
Mutu baja  $f_y = 240$  MPa.
  - e. Tebal pelat lantai 12 cm. Adapun dimensi awal balok 300/600 mm, dimensi awal balok anak 200/400 mm dan balok *sloof* 300/600 mm, serta dimensi awal kolom 360/600 mm.
  - f. Pondasi yang digunakan adalah pondasi jenis tiang pancang.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Latar Belakang Perencanaan Gedung Tahan Gempa

#### 1. Pengertian gempa

Gempa adalah getaran atau guncangan tanah yang diakibatkan oleh gesekan lapisan kulit bumi secara tiba-tiba, aktivitas gunung vulkanik, atau ledakan bom. Akan tetapi dari kejadian gempa-gempa

bumi yang bisa memberikan dampak kerugian bagi manusia dan bangunan adalah gempa yang diakibatkan oleh gesekan lapisan bumi yang biasa disebut gempa tektonik.

## 2. Kenapa gedung dirancang tahan gempa?

Dari sekian bencana alam yang terjadi seperti banjir, gunung meletus, kebakaran hutan menjadi penyebab utama jatuhnya korban jiwa. Akan tetapi berbeda dengan bencana gempa bumi bukan penyebab utama jatuhnya korban jiwa, melainkan jatuhnya korban jiwa akibat tertimpa reruntuhan bangunan ketika terjadi gempa bumi. Beberapa laporan telah menemukan bahwa bangunan runtuh memberikan kontribusi lebih dari 75 persen kematian dari gempa selama abad tersebut (Elnashai dan Di Sarno, 2008). Oleh karena itu bangunan harus dirancang sedemikian hingga tahan terhadap guncangan gempa.

## 3. Klasifikasi kekuatan gempa

Klasifikasi kekuatan gempa diukur dengan dua cara yaitu skala energi yang dikeluarkan (*energy based measurements*) dan intensitas akibat gempa (*phenomenological scales*) kedua skala ini sama pentingnya dalam menentukan besarnya energi dan dampak lingkungan akibat gempa bumi.

Pada umumnya satuan yang dipakai untuk mengukur kekuatan gempa adalah *Richter Magnitude Scale* (SR), sedangkan *Mercalli Modified Intensity Scale* (MMI) adalah skala untuk mengukur dampak gempa terhadap lingkungan. Dari kedua skala yang telah disebutkan kurang dapat dijadikan dasar untuk perencanaan bangunan tahan gempa, oleh karena itu dipakailah skala *Peak Ground Acceleration* (PGA) yaitu skala puncak percepatan tanah. Satuan PGA menjadi standar untuk menggambarkan dampak lingkungan akibat gempa, yang mana skala ini sudah berkaitan dengan dasar aplikasi perhitungan teknis di bidang rekayasa.

Satuan PGA disetarakan dengan satuan percepatan gravitasi ( $1g = 9,8 \text{ m/detik}^2$ ) yang bergerak secara horisontal. Sebagai contoh, skala  $0,001g$  ( $0,01 \text{ m/detik}^2$ ) sudah terasa oleh manusia,  $0,02g$  ( $0,2 \text{ m/detik}^2$ ) manusia kehilangan keseimbangan,  $0,5g$  ( $5 \text{ m/detik}^2$ ) bangunan teknis mulai rusak tetapi dapat bertahan jika durasi gempa pendek (Lorant, 2010). Korelasi skala intensitas pada PGA bisa dilihat pada tabel II.1.

## 4. Peta potensi gempa

*United States Geological Survey* (USGS) menyusun peta potensi gempa (*seismic hazard maps*) yang diperoleh dari catatan sejarah gempa bumi, waktu periode gempa, kondisi geografis, serta berdasarkan PGA dan kecepatan gempa di masing-masing lokasi (Idham, 2014). Karena peta potensi gempa berdasarkan catatan sejarah gempa bumi, maka peta selalu mengalami perubahan zona potensi gempa. Sebagai contoh pada SNI-1726-2002 peta wilayah seismik Indonesia terdiri dari 6 zona potensi

gempa, akan tetapi peta tersebut kurang menggambarkan kondisi seismik pada wilayah Indonesia yang sebenarnya. Sehingga pada SNI-1726-2012 peta wilayah seismik Indonesia diperbarui menjadi 15 zona potensi gempa. Penentuan wilayah seismik Indonesia merujuk pada ketentuan *International Building Code* (IBC 2000), yang mana zona seismik dibedakan berdasarkan tingkat percepatan tanah  $PGA < 0,05g$  sampai  $> 1,2g$ .

Tabel 1. Korelasi skala intensitas pada PGA (USGS)

Intensitas Instrumental	Akselerasi (g)	Kecepatan (cm/s)	Getaran terasa	Potensi Kerusakan
I	< 0,0017	< 0,1	tidak terasa	tidak merusak
II - III	0,0017 - 0,014	0,1 - 1,1	lemah	tidak merusak
IV	0,014 - 0,039	1,1 - 3,4	ringan	tidak merusak
V	0,039 - 0,092	3,4 - 8,1	sedang	sedikit merusak
VI	0,092 - 0,18	8,1 - 16	kuat	merusak ringan
VII	0,18 - 0,34	16 - 31	kuat sekali	merusak sedang
VIII	0,34 - 0,65	31 - 60	sangat kuat sekali	merusak sedang - berat
IX	0,65 - 1,24	60 - 116	maha kuat	merusak berat
X+	> 1,24	> 116	luar biasa kuat	menghancurkan

## 5. Peraturan perencanaan gedung tahan gempa di Indonesia

Pada SNI-1726-2012 disajikan peta potensi gempa terbaru yang terdiri dari 15 zona, memperbaharui peta gempa sebelumnya yang hanya memiliki 6 zona, hal ini dikarenakan terjadinya gempa-gempa besar yang melanda wilayah Indonesia, seperti gempa Aceh 2004 (9,0-9,3SR), gempa Nias 2005 (8,7SR) dan Yogyakarta 2006 (6,3SR). Penetapan parameter risiko gempa yang dipakai pada SNI-1726-2012 didasarkan pada suatu parameter yang disebut  $MCE_R$  (*Maximum Credible Earthquake, Risk Targeted*).  $MCE_R$  adalah suatu gempa besar yang terjadi di sebuah wilayah, yang mana seismisitas dari wilayah tersebut disesuaikan dengan target risiko.  $MCE_R$  yang dipakai adalah yang mengimplementasikan peta bahaya spektral dengan probabilitas 2% untuk periode desain 50 tahun (periode ulang gempa bumi sekitar 2500 tahun).

### B. Konsep Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa

#### 1. Daktilitas

Menurut SNI-1726-2002, daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa di atas

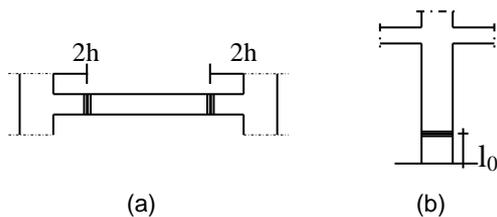
beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan. Ditinjau dari faktor daktilitas, struktur dibagi menjadi 3 kategori sebagai berikut.

- a. Sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) atau bisa disebut prinsip elastik penuh.
- b. Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) atau bisa disebut prinsip daktil parsial.
- c. Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMB) atau bisa disebut prinsip daktil penuh.

## 2. Sendi plastis

Menurut SNI-2847-2013, daerah sendi plastis adalah panjang elemen rangka dimana pelelehan lentur diharapkan terjadi akibat perpindahan desain gempa. Ketika terjadi gempa struktur akan menerima gaya lateral bolak-balik, sehingga pada daerah-daerah yang mempunyai momen terbesar yaitu pada ujung-ujung balok, akan mengalami regangan tarik baja tulangan secara bergantian. Jika regangan tarik baja tulangan sudah mencapai titik leleh, maka beton akan mulai meretak.

Berikut gambarnya sendi plastis pada SRPMM dan SRPMK.



Gambar 1. Sendi plastis pada balok (a) dan kolom (b)

## C. Pembebanan Struktur

### 1. Faktor dan Kombinasi Pembebanan

Faktor beban digunakan sebagai nilai keamanan jika ada beban yang melebihi rencana, serta kombinasi pembebanan adalah kombinasi dari beberapa jenis beban karena diprediksi beban-beban tersebut akan terjadi secara bersamaan. Hal ini diatur di dalam SNI-1727-2013 yaitu sebagai berikut.

- 1,4D
- 1.2D + 1.6L + 0.5(L<sub>r</sub> atau R)
- 1.2D + 1.6(L<sub>r</sub> atau R) + (L atau 0.5W)
- 1.2D + 1.0W + L + 0.5(L<sub>r</sub> atau R)
- 0.9D + 1.0W
- 1.2D + 1.0E + L
- 0.9D + 1.0E

dengan :

- D = beban mati
- E = beban gempa maksimum
- L = beban hidup
- L<sub>r</sub> = beban hidup atap
- R = beban hujan
- W = beban angin

## 2. Faktor Reduksi Kekuatan (Ø)

Nilai faktor reduksi kekuatan (Ø) diatur didalam SNI-2847-2013 Pasal 9.3 seperti tabel berikut ini.

Tabel 2. Nilai faktor reduksi kekuatan (Ø)

Kriteria	Nilai Ø
Penampang terkendali tarik (Pasal 9.3.2.1)	0,90
Penampang terkendali tekan dengan tulangan spiral (Pasal 9.3.2.2)	0,75
Penampang terkendali tekan selain tulangan spiral (Pasal 9.3.2.2)	0,65
Geser dan Torsi (Pasal 9.3.2.3)	0,75
Tumpuan pada beton (Pasal 9.3.2.4)	0,65

(Sumber: SNI-1726-2012)

## D. Beban Gempa

### 1. Faktor penentu beban gempa

1a). *Faktor keutamaan (I<sub>e</sub>) dan kategori risiko struktur bangunan.* Di dalam SNI-1726-2012 Pasal 4.1.2, kategori risiko struktur bangunan dikelompokkan menjadi 4 kategori. Adapun faktor keutamaan gedung disesuaikan menurut kategori risiko struktur bangunan tersebut.

1b). *Koefisien beban gempa dasar (C).* Nilai C diperoleh dari diagram respons spektrum berdasarkan periode getar alami struktur (T). Nilai C digunakan sebagai beban dasar untuk gaya geser desain struktur.

1c). *Faktor reduksi beban gempa (R).* Faktor reduksi beban gempa atau faktor modifikasi respons (R) adalah suatu nilai yang mereduksi jumlah beban gempa berdasarkan tipe struktur yang direncanakan serta komponen struktur pendukung lainnya. Nilai R diatur di dalam SNI-1726-2012 Pasal 7.2.1.

1d). *Berat seismik efektif (W<sub>t</sub>).* Berat seismik efektif adalah berat sendiri dari keseluruhan struktur ditambah dengan berat beban hidup yang direduksi. Berat seismik efektif diatur di dalam SNI-1726-2012 Pasal 7.7.2.

### 2. Respons spektrum di wilayah Indonesia

Respons spektrum setiap wilayah di Indonesia berbeda-beda tergantung dari lokasi serta kondisi tanahnya. Respons spektrum di wilayah Indonesia diatur di dalam SNI-1726-2012 Pasal 6. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi respons spektrum suatu wilayah.

2a). *Parameter respons percepatan periode pendek (S<sub>s</sub>) dan periode 1 detik (S<sub>1</sub>).* Parameter S<sub>s</sub> dan S<sub>1</sub> diperoleh berdasarkan peta gempa di dalam SNI-1726-2012. Parameter respons percepatan periode pendek atau 0,2 detik (S<sub>s</sub>) dan periode 1 detik (S<sub>1</sub>) dipakai karena di antara periode tersebut mengandung energi gempa terbesar.

2b). *Klasifikasi situs tanah (sebagai faktor amplifikasi).* Dalam menentukan situs tanah

diperlukan investigasi tanah dengan kedalaman sampai 30 m. Karakteristik tanah yang diperlukan adalah kecepatan gelombang geser ( $v_s$ ), standar tahanan penetrasi N-SPT ( $M$ ) dan kuat geser tanah ( $s_u$ ). Dari 3 kriteria tersebut minimal harus ada 2 kriteria untuk menentukan situs tanah. Situs tanah diklasifikasikan menjadi 6 situs, yaitu SA sampai SF.

### E. Dilatasi (Pemisahan Struktur)

#### 1. Simpangan antar lantai tingkat

Pada SNI-1726-2012 pasal 7.8.6, untuk menghitung defleksi pusat massa ditingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) seperti berikut ini:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

$$\Delta_x = \frac{C_d \cdot (\delta_{xe} - \delta_{(x-1)e})}{I_e} \leq \Delta_a$$

$\mu = \delta_{x,(\max)} / \delta_{e,x,(\max)}$  (rumus untuk mengetahui nilai daktilitas dari suatu struktur portal)

#### 2. Pemisahan struktur

Pada SNI-1726-2012 pasal 7.12.3, untuk menghitung pemisahan struktur harus dapat mengakomodasi terjadinya simpangan pada kondisi inelastik maksimum ( $\delta_M$ ),  $\delta_M$  dihitung dengan persamaan dibawah ini:

$$\delta_M = \frac{C_d \cdot \delta_{\max}}{I_e}$$

Struktur-struktur yang bersebelahan harus dipisah dengan jarak minimal sebesar  $\delta_{MT}$ , untuk menghitung  $\delta_{MT}$  digunakan persamaan dibawah ini:

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2}$$

### LANDASAN TEORI

#### A. Perencanaan Struktur Atap Rangka Baja IWF (Gable)

1. Cek terhadap gaya tekan
- a. Menentukan rasio kelangsingan

$$\frac{L \cdot k}{i_y} < \frac{L \cdot k}{i_x}; \text{ tekuk arah x}$$

$$\frac{L \cdot k}{i_y} > \frac{L \cdot k}{i_x}; \text{ tekuk arah y}$$

- b. Menentukan  $\lambda_c$

$$\lambda_c = \frac{L \cdot k}{\pi \cdot i_x} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}; \text{ tekuk arah x}$$

$$\lambda_c = \frac{L \cdot k}{\pi \cdot i_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}}; \text{ tekuk arah y}$$

- c. Menentukan gaya aksial terfaktor

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

$$\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2 > 1,2$$

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

2. Cek terhadap gaya lentur

- a. Cek kapasitas berdasarkan *Flange Local Buckling (FLB)* dan *Web Local Buckling (FLB)*  
penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y \cdot S_x$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

penampang tidak kompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_R) \cdot \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

penampang langsing

$$M_n = M_r \left( \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

- b. Cek kapasitas berdasarkan *Local Torsional Buckling (LTB)*

bentang pendek

$$M_n = M_p$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

Bentang menengah

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_r + (M_p - M_r) \cdot \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right]$$

$$M_n \leq M_p$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

bentang panjang

$$M_p = f_y \cdot S_x$$

$$M_n = M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left( \frac{\pi \cdot E}{L} \right)^2 \cdot I_y \cdot C_w}$$

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

3. Cek terhadap gaya geser

- a. Jika,  $\rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

- b. Jika,  $\rightarrow 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot \left[ 1,10 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \right] \cdot \frac{t_w}{h}$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

- c. Jika,  $\rightarrow \frac{h}{t_w} \geq 1,37 \cdot \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}}$

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{(h/t_w)^2}$$

$$V_u \leq \phi \cdot V_n$$

#### 4. Cek kuda-kuda IWF terhadap lendutan

Tabel 3. Batas lendutan maksimum profil baja

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
balok biasa	L/240	-
kolom dengan analisis orde pertama saja	h/500	h/200
kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

(sumber: SNI 03-1729-2002 tabel 6.4-1)

Persamaan untuk lendutan

$$\delta = \frac{5 \cdot q_{D+L} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} < \delta_{maks}$$

#### B. Perencanaan Struktur Pelat Lantai, Tangga, dan Basement

Perencanaan plat satu arah, karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja, maka tulangan pokok dipasang satu arah yang searah bentang tersebut.

Perencanaan plat dua arah, karena momen lentur bekerja pada dua arah, maka tulangan pokok juga dipasang pada dua arah.

#### C. Kontrol momen desain Balok

Dihitung momen nominal  $M_n$  dan momen desain  $M_d$  dengan :

$$M_{nc} = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot [d - a/2]$$

$$M_{ns} = A_s \cdot f_s \cdot [d - d_s]$$

$$M_n = M_{nc} + M_{ns}$$

$$M_d = \phi \cdot M_n$$

$$M_u \leq \phi \cdot M_n$$

#### D. Kontrol Kolom Biaksial

Kemampuan kolom dalam menahan momen 2 arah dikontrol dengan cara bresler dengan rumus :

$$a = \left( \frac{M_{ux}}{M_{uxo}} \right)^m + \left( \frac{M_{uy}}{M_{uyo}} \right)^n$$

#### E. Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

1. Daya dukung izin vertikal tiang berdasarkan kekuatan material :

$$P_a = \sigma'_b \cdot A_p$$

berdasarkan data sondir (Guy Sangrelat) :

$$P_a = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} + \frac{T_f \cdot A_{st}}{SF2}$$

berdasarkan data N SPT (Mayerhof) :

$$P_a = \frac{q_c \cdot A_p}{SF1} + \frac{\sum I_i \cdot f_i \cdot A_{st}}{SF2}$$

2. Jumlah tiang yang diperlukan

$$n_p = \frac{P_u}{P_a}$$

3. Efisiensi kelompok tiang

berdasarkan rumus yang tertera pada Code AASHTO

$$E_g = 1 - \theta \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$P_{a,total} = E_g \cdot n_p \cdot P_a$$

## METODE PERENCANAAN

### A. Data Perencanaan

Data perencanaan untuk perhitungan struktur di dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Struktur gedung yang direncanakan adalah rumah sakit 6 lantai dengan 1 *basement* dengan prinsip SRPMM di Kota Solo dengan lahan seluas 2972 m<sup>2</sup>.
2. Ketinggian kolom lantai dasar (*basement*) sampai lantai 6 adalah 4,5 m.
3. Spesifikasi bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :  
Mutu beton  $f_c = 30$  MPa.  
Mutu baja  $f_y = 400$  MPa (BJTS)  
Mutu baja  $f_y = 240$  MPa (BJTP)
4. Tebal pelat lantai diambil 12 cm. Adapun dimensi awal balok 300/600 mm, dimensi awal balok anak dan balok *sloof* 20/40 cm, serta dimensi awal kolom 500/700 cm.
5. Jenis fondasi yang digunakan adalah fondasi tiang pancang.

### B. Alat Bantu Perencanaan

Dalam perencanaan struktur digunakan alat bantu berupa aplikasi komputer untuk memudahkan pengerjaan. Aplikasi komputer yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Aplikasi *SAP2000 v.15* (III.17g)
2. Aplikasi *AutoCAD 2012* (III.17h)
3. Aplikasi *Microsoft Office 2010* (III.17i)

### C. Pedoman yang digunakan

Perencanaan struktur di dalam Tugas Akhir ini mengacu pada peraturan-peraturan standar yang berlaku di Indonesia yang berkaitan dengan perencanaan struktur gedung. Peraturan-peraturan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. SNI-1727:2013, Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.
2. SNI-1726:2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung.
3. SNI-2847:2013, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.

### D. Tahap Perencanaan

Tahapan perencanaan struktur pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Tahap I : Pengumpulan data
2. Tahap II : Desain gambar rencana
3. Tahap III : Perencanaan konstruksi atap, tangga, pelat lantai dan pelat *basement*
4. Tahap IV : Perencanaan balok dan kolom

5. Tahap V : Menentukan kecukupan dimensi balok dan kolom
6. Tahap VI : Perencanaan pondasi
7. Tahap VII : Gambar detail

## PEMBAHASAN

### A. Perencanaan struktur rangka atap baja IWF (gable)

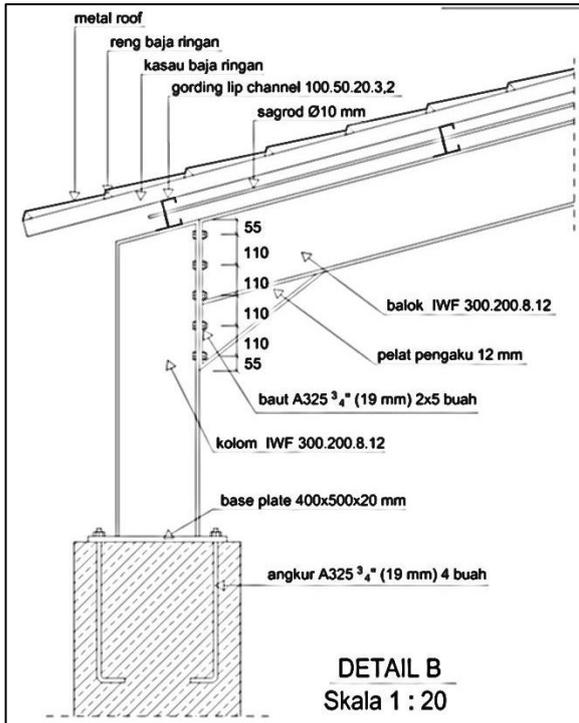
Berdasarkan analisa hasil hitungan, diperoleh perencanaan struktur rangka atap baja IWF sebagai berikut :

Profil gording yang dipakai adalah *Lip Channel* 100.50.20.3,2, jarak antar gording 1 m, dan mutu baja BJ 41.

Konstruksi kuda-kuda menggunakan profil baja IWF 300.200.8.12, jarak antar kuda-kuda 3,6 m, dan mutu baja BJ 41.

Sambungan pada puncak kuda-kuda baja IWF menggunakan baut tipe A325, diameter 3/4" (19 mm), jumlah baut 2x3 buah. Sambungan pada balok dan kolom kuda-kuda baja IWF menggunakan baut tipe A325, diameter 3/4" (19 mm), jumlah baut 2x5 buah.

Sambungan antara baja IWF dengan struktur beton menggunakan *base plate* 400x500x20 dengan mutu baja BJ 41 dan menggunakan 4 buah angkur tipe A325 berdiameter 3/4" (19 mm).



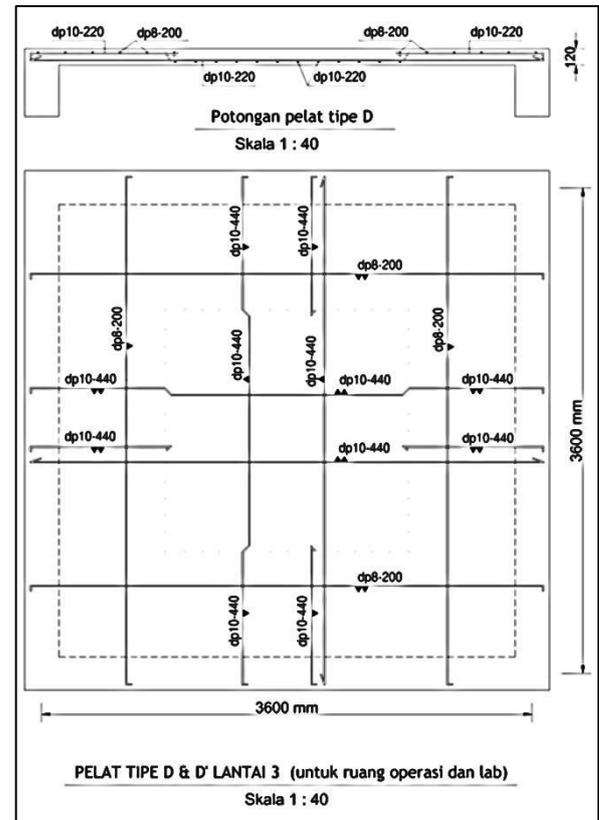
Gambar 2. Detail sambungan kuda-kuda IWF

### B. Perencanaan struktur pelat beton bertulang

Pelat lantai gedung direncanakan dengan penulangan 2 arah

Tabel 4. Penulangan pelat lantai dan atap gedung

Tipe pelat	Keterangan	Tebal pelat (mm)	Tulangan pokok terpasang	Tulangan bagi terpasang
A	Atap datar biasa	120	dp10 - 240	dp8 - 200
B	Atap datar untuk perletakan tandon air	120	D10 - 150	dp8 - 200
C	lantai 4-6 (untuk ruang pasien)	120	dp10 - 240	dp8 - 200
D	lantai 3 (untuk ruang operasi dan lab)	120	dp10 - 220	dp8 - 200
E	lantai 2 (untuk koridor diatas lantai 1)	120	dp10 - 190	dp8 - 200
F	lantai 1 (untuk Koridor lantai 1 dan lobby)	120	dp10 - 160	dp8 - 200

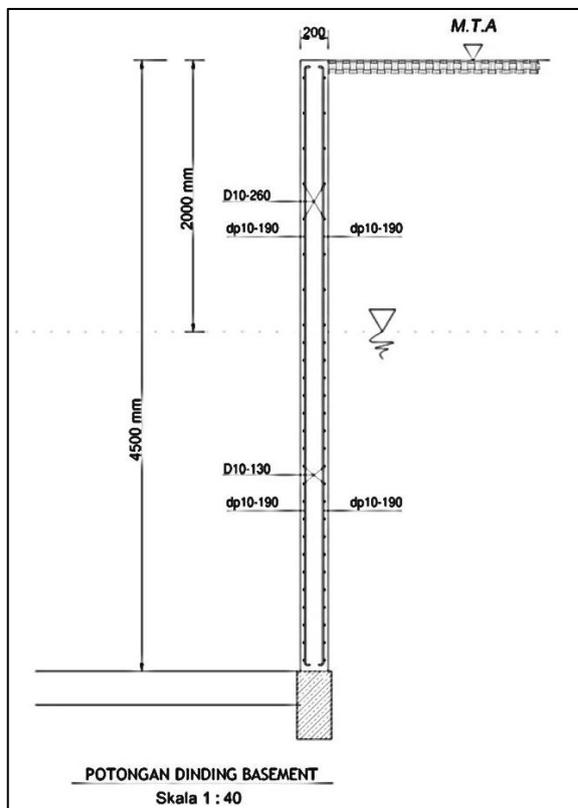


Gambar 3. Plat tipe D & D' pada lantai 3

Pelat lantai *basement* direncanakan penulangan 2 arah, dinding *basement* penulangan 1 arah

Tabel 5. Penulangan pelat lantai dan dinding *basement*

Tipe pelat	Keterangan	Tebal pelat (mm)	Tulangan pokok terpasang	Tulangan bagi terpasang
G	lantai <i>basement</i>	250	dp10 - 100	dp10 - 150
H	dinding <i>basement</i> segmen atas	200	D10 - 260	dp10 - 190
	dinding <i>basement</i> segmen bawah	200	D10 - 130	dp10 - 190



Gambar 4. Dinding *basement*

Pelat Tangga gedung direncanakan dengan penulangan 1 arah

Tabel 6. Pelat tangga dan bordes

Pelat	Keterangan	Sudut kemiringan	tebal pelat (mm)	Tul pokok terpasang	Tul bagi terpasang
Tangga	Tumpu	30°	150	D13 - 85	dp8 - 160
	lapangan	30°	150	D13 - 170	dp8 - 160
Bordes	-	-	150	D13 - 170	dp8 - 160

### C. Analisa Pembebanan pada portal

#### 1. Beban gempa pada struktur gedung

##### 1.1. Mendesain respons spektrum gempa

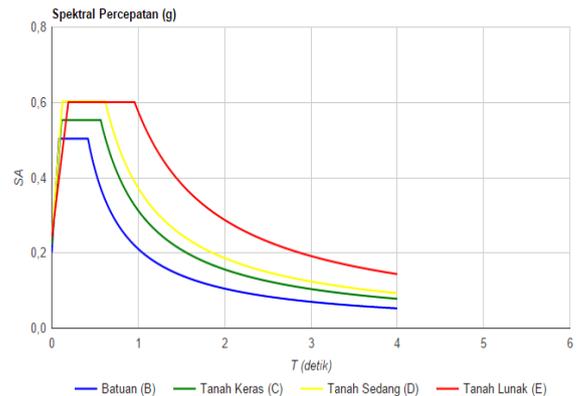
a. Dari situs [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) diperoleh nilai  $S_s = 0,755$ ,  $S_1 = 0,316$ ,  $F_a = 1,198$ , dan  $F_v = 1,768$  untuk kota solo dengan situs tanah kelas SD (tanah lunak).

b. Dari data pada point a diatas diperoleh  $T_s$

$$\bullet T_s = S_{D1} / S_{DSu} = 0,372 / 0,844 = 0,441 \text{ detik}$$

$$\bullet \text{Jika } T \leq T_s, \text{ maka } C = S_{DSu} = 0,844$$

$$\bullet \text{Jika } T > T_s, \text{ maka } C = S_{D1} / T = 0,372 / T$$



(Sumber: [puskim.pu.co.id](http://puskim.pu.co.id))

Gambar 5. Grafik respons spektrum desain

##### 1.2. Analisis beban geser dasar nominal akibat beban gempa.

a. Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ )

$$T_a = 0,0466 \cdot H^{0,9} =$$

$$T_a = 0,0466 \cdot 31,5^{0,9} = 1,040 \text{ detik}$$

$$T = T_a \cdot C_u = 1,040 \cdot 1,4 = 1,455 \text{ detik}$$

b. Faktor respons gempa (C)

$$T = 1,455 \text{ detik}$$

$$T_s = 0,441 \text{ detik}$$

$$\text{Karena } T > T_s, \text{ maka } C = S_{D1} / T = 0,372 / T = 0,256$$

c. Faktor keutamaan gedung ( $I_e$ ) dan faktor reduksi gempa (R)

$I_e = 1,5$  (gedung rumah sakit memiliki unit bedah termasuk dalam kategori IV)

$R = 5$  (portal beton bertulang dengan SRPMM)

d. Beban geser dasar nominal (V)

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t$$

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t =$$

$$V = \frac{0,256 \cdot 1,5}{5} \cdot 52128,094 = 4002,006 \text{ kN}$$

e. Distribusikan gaya ke setiap lantai sepanjang tinggi gedung menggunakan rumus statik ekuivalen, seperti yang tertera dibawah ini :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i^k}{\sum (W_i \cdot h_i^k)} \cdot V$$

$$k = 1 + (T - 0,5) / 2 =$$

$$k = 1 + (1,455 - 0,5) / 2 = 1,478$$

Tabel 7. Beban gempa statik ekuivalen per lantai

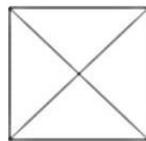
Lantai	Berat Lantai $W_i$ (kN)	Tinggi Lantai $h_i$ (m)	$W_i \cdot h_i^k$ (kNm)	$F_i$ (kN)	$\sum F_i$ (kN)
Atap	4228,27	31,5	692220,47	<b>762,34</b>	762,34
6	7468,87	27	973660,61	<b>1072,28</b>	1834,62
5	7468,87	22,5	743703,81	<b>819,04</b>	2653,66
4	7586,80	18	543248,28	<b>598,28</b>	3251,93
3	8163,75	13,5	382124,63	<b>420,83</b>	3672,76
2	8500,38	9	218544,63	<b>240,68</b>	3913,45
1	8711,15	4,5	80415,48	<b>88,56</b>	4002,01
			3633917,92	4002,01	

## 2. Analisis beban gravitasi pada struktur gedung

Metode perhitungan beban gravitasi yaitu beban mati dan hidup pada pengerjaan tugas akhir ini menggunakan metode *tributari area*, dimana beban mati dan beban hidup pada plat lantai berbentuk beban trapesium dan beban segitiga yang diambil berdasarkan mekanisme runtuh yang terjadi pada plat tersebut. Beberapa pola leleh yang terjadi pada plat dapat dilihat pada gambar VII.5.



a. Pola leleh trapesium



b. Pola leleh segitiga

Gambar 6. Pola garis leleh untuk plat persegi

## 3. Analisa Mekanika Struktur Portal

Analisa mekanika pada perencanaan struktur portal kali ini menggunakan bantuan *software* SAP 2000 v.15. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui gaya dalam yang bekerja pada struktur gedung yang direncanakan.

### 3.1 Validasi hasil output aplikasi SAP 2000

Berikut ini akan disajikan validasi gaya dalam akibat beban mati pada balok B-405 pada portal as-9. Model pembebanan dan hasil momen dari aplikasi SAP 2000 dapat dilihat pada Gambar VII.14. Validasi akan dilakukan dengan menghitung momen primer pada ujung kiri balok B-405 seperti berikut ini:

Momen akibat berat sendiri

$$\text{Momen primer (MP}_1) = \frac{q \cdot l^2}{12} = 18,662 \text{ kNm}$$

Momen akibat berat dinding

$$\text{Momen primer (MP}_2) = \frac{q \cdot l^2}{12} = 37,800 \text{ kNm}$$

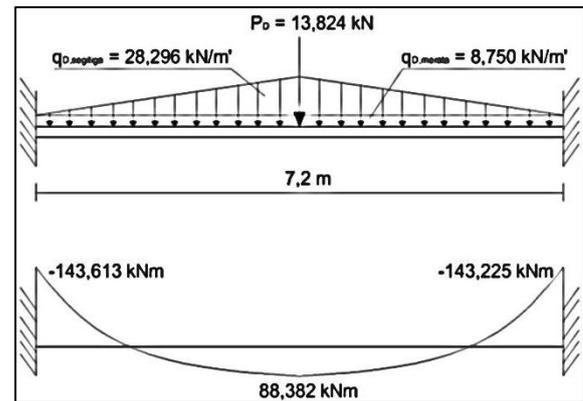
Momen akibat beban merata segitiga

$$\text{Momen primer (MP}_3) = \frac{5 \cdot q \cdot l^2}{96} = 76,399 \text{ kNm}$$

Momen akibat beban titik

$$\text{Momen primer (MP}_4) = \frac{P \cdot l}{8} = 12,442 \text{ kNm}$$

$$MP_1 + MP_2 + MP_3 + MP_4 = 145,303 \text{ kNm}$$



Gambar 7. Model pembebanan dan hasil momen SAP2000 pada balok B-405

Nilai momen hasil SAP2000 pada ujung kiri balok B-405 adalah 143,613 kNm, mendekati nilai hitungan manual 145,303 kNm. Dengan demikian karena hasilnya mendekati, maka hasil output dari *software* SAP2000 dapat dipergunakan untuk perhitungan selanjutnya.

### 3.2. Dilatasi (Pemisahan Struktur)

Berdasarkan hasil output dari SAP2000, perhitungan kontrol *story drift* arah x dan y dapat dilihat pada Tabel VII.7.

Tabel 8. Kontrol simpangan antar lantai tingkat dan daktilitas

Lantai	Tinggi (cm)	Drift izin ( $\Delta_a$ ) (cm)	$C_d$	$l_b$	$\bar{\delta}_{e,x}$ (cm)	$\bar{\delta}_x$ (cm)	Drift ( $\Delta$ ) (cm)	Syarat $\Delta \leq \Delta_a$	Daktilitas ( $\mu$ )
Arah X									
Atap	3150	4,5	5	2	5,3	16,0	1,4	Oke	3
6	2700	4,5			4,9	14,7	2,2	Oke	
5	2250	4,5			4,2	12,5	3,0	Oke	
4	1800	4,5			3,2	9,5	2,7	Oke	
3	1350	4,5			2,3	6,8	2,7	Oke	
2	900	4,5			1,4	4,1	2,4	Oke	
1	450	4,5			0,6	1,7	1,7	Oke	
Arah Y									
Atap	3150	4,5	5	2	6,1	18,3	1,6	Oke	3
6	2700	4,5			5,6	16,7	2,5	Oke	
5	2250	4,5			4,7	14,2	3,4	Oke	
4	1800	4,5			3,6	10,9	3,2	Oke	
3	1350	4,5			2,6	7,7	3,1	Oke	
2	900	4,5			1,5	4,6	2,8	Oke	
1	450	4,5			0,6	1,7	1,7	Oke	

Berdasarkan tabel di atas, *story drift* hasil hitungan masih di bawah *story drift* izin sehingga struktur portal masih aman terhadap simpangan berlebihan antar lantai.

bisa disimpulkan bahwa kedua portal yang berdekatan memiliki kesamaan geometri dan tinggi gedung. Sehingga nilai simpangan terbesar pada lantai atap gedung dengan nilai  $\delta_M$  untuk arah X = 16,040 cm dan untuk arah Y = 18,285 cm yang diperoleh dari tabel VII.7 diatas, dapat diasumsikan sebagai  $\delta_{M1}$  dan  $\delta_{M2}$ . Dari kedua nilai tersebut dapat dicari jarak minimal struktur yang bersebelahan ( $\delta_{MT}$ ), untuk perhitungannya sebagai berikut:

$$\delta_{MT} = \sqrt{(\delta_{M1})^2 + (\delta_{M2})^2} = \sqrt{(16,040)^2 + (18,285)^2} = 24,320 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

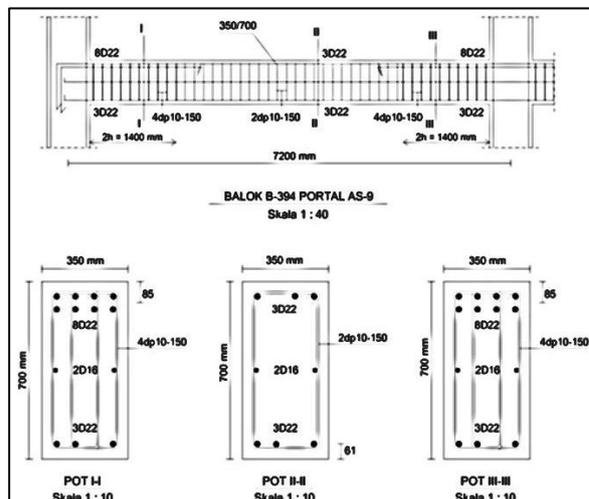
Jadi, jarak minimal antara struktur portal gedung yang bersebelahan sebesar 25 cm.

### C. Perencanaan struktur utama gedung dengan SRPMM

1. Balok direncanakan maksimal 2 baris tulangan tarik dan 1 baris tulangan tekan

Tabel 9. Dimensi dan tulangan balok as-9

Lantai	Dimensi balok	Tul memanjang	Tul Torsi	Begel	
				s. plastis	non s. plastis
1	350/700	D22	D16	4dp10	2dp10
2	350/700	D22	D16	4dp10	2dp10
3	350/700	D22	D16	4dp10	2dp10
4	300/600	D22	D16	4dp10	2dp10
5	300/600	D22	D16	4dp10	2dp10
6	300/600	D22	D16	2dp10	2dp10
Atap	300/600	D22	D16	2dp10	2dp10

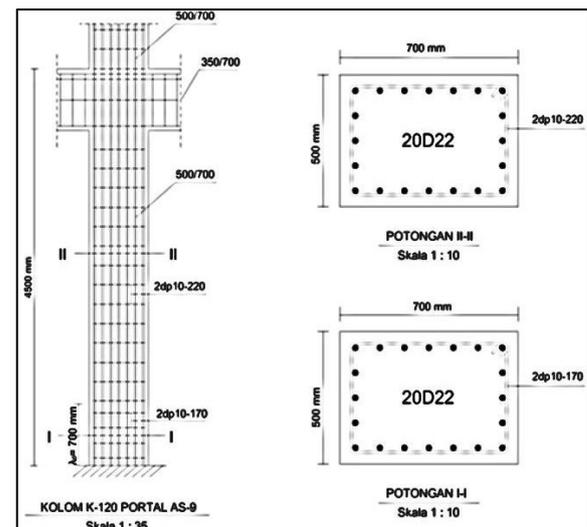


Gambar 8. Balok B-394 pada as-9

2. Kolom direncanakan dengan rasio tulangan maksimal  $\rho \leq 1,5\%$

Tabel 10. Dimensi dan tulangan kolom as-9

Lantai	Dimensi balok	Tul memanjang	Begel		$\rho$ (%)
			s. plastis	non s. plastis	
B	500/700	D22	2dp10	2dp10	1
1	500/700	D22	-	2dp10	1
2	450/650	D22	-	2dp10	1
3	450/650	D22	-	2dp10	1
4	400/600	D22	-	2dp10	1
5	400/600	D22	-	2dp10	1
6	400/600	D22	-	2dp10	1



Gambar 9. Kolom K-120 pada as-9

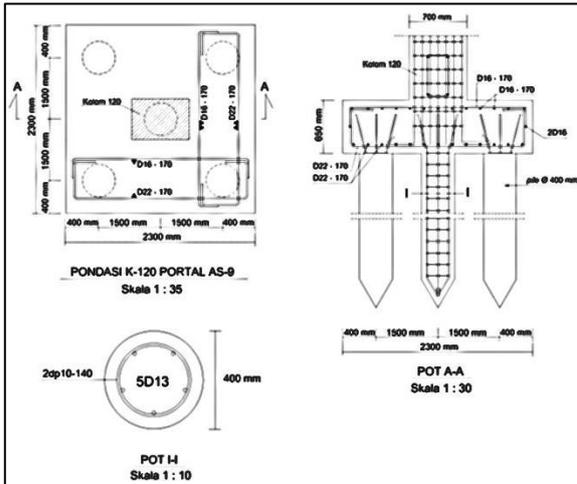
### D. Perencanaan struktur bawah

Struktur bawah terdiri dari fondasi tiang pancang dan sloof.

Tiang pancang yang dipakai berpenampang bulat diameter 400 mm, panjang tiang 9 m. Kedalaman pondasi 18 m terbagi dalam 2 segmen, tulangan longitudinal yang dipakai D13, begel 2dp10.

Pondasi pada kolom K-113 dan K-134 menggunakan *poer* dengan ukuran *poer* 1,8x1,8x0,65m dengan 4 buah tiang pancang. Adapun Pondasi pada kolom K-120 dan K-127 menggunakan *poer* dengan ukuran *poer* 2,3x2,3x0,65m dengan 5 buah tiang pancang. Tulangan pokok yang dipakai D22, tulangan bagi D16.

Sloof yang dipakai berdimensi 300x600 dengan tulangan longitudinal D22 dan begel 2dp10.



Gambar 10. Pondasi kolom K-120 pada as-9

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan untuk struktur atap, gording menggunakan profil *Lip Channel* 100.50.20.3,2, kuda-kuda menggunakan profil IWF 300.200.8.12, sambungan baut tipe A325 diameter 3/4" (19 mm), *base plate* 400x500x20mm dengan mutu baja BJ 41 dan menggunakan 4 buah angkur tipe A325 berdiameter 3/4" (19 mm).
2. Pelat lantai gedung tebal 120 mm dan pelat lantai *basement* 250 mm direncanakan penulangan 2 arah. Pelat dinding *basement* 200 mm dan pelat tangga 150 mm direncanakan penulangan 1 arah. Tulangan yang dipakai D10, dp10, dp8.
3. Balok lantai 1– 3 berdimensi 350/700, sedangkan lantai 4 – atap 300/600. Penulangan balok 2 baris tulangan tarik dan 1 baris tulangan tekan, dan tulangan memanjang D22 dan begel dp10.
4. Kolom lantai *basement* – 1 berdimensi 500/700, lantai 2 – 3 berdimensi 450/650, lantai 4 – 6 berdimensi 400/600. Rasio tulangan ( $\rho$ )  $\leq$  1%, tulangan yang dipakai memanjang D22, begel dp10.
5. Pondasi tiang pancang diameter 400 mm panjang 2x9 m, dengan tulangan memanjang D13 dan begel dp10. *Poer* pada kolom K-113 dan K-134 berukuran 1800x1800x650mm dengan 4 buah tiang pancang, *poer* pada kolom K-120 dan K-127 berukuran 2300x2300x650mm dengan 5 buah tiang pancang, tulangan pokok yang dipakai D22 dan tulangan bagi D16. *Sloof* berdimensi 300x600 dengan tulangan memanjang D22 dan begel dp10.

### B. Saran

1. Selain perhitungan struktur, desain arsitektur juga berpengaruh pada ketahanan gedung terhadap gempa.
2. Pemilihan bahan material bangunan disesuaikan dengan yang ada dipasaran.

3. Sebaiknya batang IWF yang terdapat gaya aksial di dalamnya, dianalisis sebagai balok kolom agar hasilnya lebih akurat.
4. Desain kolom berpenampang persegi panjang lebih ekonomis dari pada persegi, akan tetapi analisisnya lebih panjang. Lebih cermat pada penggunaan rumus-rumus praktis, karena beberapa dari rumus praktis didesain untuk kolom berpenampang persegi.
5. Pada pondasi tiang pancang yang sudah menyentuh tanah keras, maka balok *sloof* hanya berfungsi sebagai ikatan antar kolom. Sehingga dalam analisis pembebanan, balok *sloof* diasumsikan hanya menahan berat sendiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. **Struktur Beton Lanjut**. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Asroni, A. 2014. **Balok dan Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013**. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Asroni, A. 2014. **Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013**. Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- BSN. 2002. **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI-1726-2002**. Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah. Bandung.
- BSN. 2002. **Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002**. Dinas Pekerjaan Umum. Jakarta.
- BSN. 2012. **Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain**. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012**. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- BSN. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013**. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Ciputra, Y. 2012. **Perencanaan Struktur Gedung Pasca Sarjana Universitas Diponegoro II Semarang**. Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata Semarang. Semarang.
- Hanafi, M.B. 2015. **Perencanaan Struktur Apartemen 5 Lantai + 1 Basement Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMM) Di Sukoharjo**. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Idham, N.C. 2014. **Prinsip - Prinsip Desain Arsitektur Tahan Gempa**. Andi Offset. Yogyakarta.
- Pamungkas, A. dan Harianti, E. 2013. **Desain Pondasi Tahan Gempa**. Andi Offset. Yogyakarta.
- Rochman, A. 2012. **Pedoman Penyusunan Tugas Perancangan Atap**. Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

- Setiawan, A. 2013. **Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD**. Erlangga. Jakarta.
- Utomo, S. 2012. **Cara Praktis Analisis Dan Perancangan Balok Dan Balok – Kolom Struktur Baja Tipe Wf Dengan Tabel Profil Yang Diperbaiki Berdasarkan SNI 03 - 1729 - 2002**. Program Studi Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta . Yogyakarta.
- Widodo. 2001. **Respons Dinamik Struktur Elastik**. UII Press. Yogyakarta.
- Widodo. 2012. **Seismologi Teknik Rekayasa Kegempaan**. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.