

**EVALUASI KELAYAKAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SAKIT MELATI SUNGAI PENUH**



**UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG**

**2021**

# EVALUASI KELAYAKAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH SAKIT MELATI SUNGAI PENUH

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan  
Program Strata-1 Pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik*

*Universitas Andalas Padang*

Oleh:

**LUKMAN NULHAKIM**

**1710922010**

Pembimbing:

**Prof. Dr. Eng. FAUZAN, M.Sc. Eng.**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK  
UNTUK KEDJAJAAN BANGSA  
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG**

**2021**

JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG

EVALUASI KELAYAKAN STRUKTUR GEDUNG  
RUMAH SAKIT MELATI SUNGAI PENUH

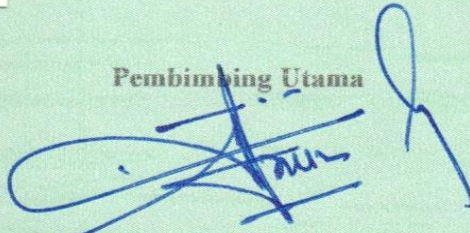


Oleh

Nama : LUKMAN NULHAKIM

BP : 1710922010

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Eng FAUZAN, MSc. Eng.



Padang, 21 Januari 2021

Ketua Jurusan

Dr. Eng JUNAIDI

NIP. 1976062 72 00501 1 001

**LEMBAR BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR  
JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ANDALAS**

Pada hari ini 21 Januari 2021 telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir untuk mahasiswa :

**Nama : LUKMAN NULHAKIM**

**BP : 1710922010**

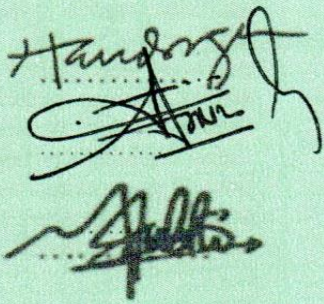
**Judul : EVALUASI KELAYAKAN STRUKTUR GEDUNG RUMAH  
SAKIT MELATI SUNGAI PENUH**

**Tim Penguji:**

**Ketua : HENDRA GUNAWAN, M.T.**

**Anggota : Prof. Dr. Eng. FAUZAN, MSc. Eng.**

**M. SHUBHI NURUL HADIE, M.T.**



Handwritten signatures of the examiners: Hendra Gunawan, Fauzan, and M. Shubhi Nurul Hadie.

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lukman Nulhakim

NIM : 1710922010

Tempat Tgl Lahir : Sungai Penuh, 02 Desember 1997

Alamat : Jl yos sudarso, Sungai Penuh

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul '**Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh**' adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar Sarjana Teknik yang nanti saya dapatkan.

Padang, 21 Januari 2021



Lukman Nulhakim

## Abstrak

Kebutuhan gedung untuk pelayanan kesehatan selalu krusial terutama di ibu kota kabupaten, Rumah Sakit Melati merupakan salah satu bangunan kesehatan yang baru dibangun di kota Sungai Penuh, Jambi. Gedung yang sebelumnya merupakan klinik utama bersalin ini berencana untuk meningkatkan status menjadi rumah sakit bersalin, yang mana rumah sakit ini merupakan rumah sakit bersalin pertama di kota Sungai Penuh. Berdasarkan investigasi lapangan, ditemukan bahwa mutu beton bangunan tidak memenuhi standar (rendah), yaitu  $f_c = 15,77$  MPa, sehingga perlu dilakukan evaluasi kelayakan struktur bangunan tersebut. Analisa struktur dilakukan dengan *software* ETABS v18. Pembebanan gempa menggunakan beban gempa dinamis dengan metode Respon Spektrum, dengan menggunakan Respon Spektrum kota Sungai Penuh yang dikeluarkan oleh PUSKIM PU tahun 2019. Evaluasi kelayakan struktur dilakukan dengan mengevaluasi kinerja struktur dilihat dari analisa kapasitas lentur dan geser pada kolom dan balok, serta simpangan antar lantai pada bangunan eksisting. Hasil yang didapat dengan pemodelan kerangka terbuka (*open frame*) didapatkan bahwa kapasitas struktur eksisting tidak cukup kuat yaitu pada kolom lantai dua, balok, serta simpangan antar lantai yang tidak memenuhi izin. Sedangkan jika menggunakan pemodelan kerangka dengan dinding pengisi (*masonry infilled frame*), struktur rumah sakit ini cukup kuat untuk menahan beban kerja sesuai peraturan yang berlaku saat ini. Oleh karena itu, kemampuan gedung ini terhadap beban gempa sangat tergantung pada kontribusi dinding dalam menahan beban lateral, sehingga koneksi dinding ke kolom dan balok sangat menentukan untuk menahan beban gempa. Berhubung bata merupakan bahan yang mudah mengalami kegagalan (*brittle*) sehingga Perkuatan pada dinding sangat direkomendasikan, seperti memberi perkuatan kawat anyam pada dinding.

**Kata Kunci :** SNI gempa 1726 : 2019, evaluasi, analisis struktur, RS Melati, ETABS

# DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Tujuan dan Manfaat</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Sistematika Penulisan</b> .....	<b>5</b>
<b>BAB II Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Konstruksi Tahan Gempa</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Kegagalan Bangunan</b> .....	<b>8</b>
<b>2.3 Perbandingan peta Gempa Bumi Indonesia Menurut SNI 2012 dan 2019</b> .....	<b>9</b>
<b>2.4 Respon Spektrum Desain</b> .....	<b>12</b>
<b>2.5 Pembebanan Struktur</b> .....	<b>14</b>
2.5.1 Beban Mati ( <i>dead load</i> ) .....	<b>14</b>
2.5.2 Beban Hidup ( <i>live load</i> ) .....	<b>15</b>
2.5.3 Beban Lingkungan .....	<b>15</b>
<b>2.6 Analisis Bangunan Tahan Gempa</b> .....	<b>16</b>
<b>2.7 Analisis Struktur</b> .....	<b>17</b>
2.7.1 Pelat .....	<b>17</b>
2.7.2 Balok .....	<b>17</b>
2.7.3 Kolom .....	<b>18</b>
<b>2.8 Evaluasi Struktur</b> .....	<b>19</b>

2.8.1 Analisa Kapasitas Lentur dan Aksial Penampang Kolom.....	19
2.8.2 Analisa Kapasitas Lentur dan Geser Balok.....	19
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB IV ANALISA STRUKTUR .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Tinjauan Umum.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Pemodelan Struktur dengan kerangka terbuka (<i>open frame</i>).....</b>	<b>26</b>
4.2.1 Analisis Pembebanan.....	29
4.2.2 Analisis Kapasitas Penampang Kondisi Eksisting.....	36
<b>4.3 Pemodelan Struktur dengan kerangka dinding pengisi (<i>masonry infilled-frame</i>) .....</b>	<b>42</b>
<b>4.4 pengecekan kapasitas pemodelan Struktur dengan Kerangka Dinding Pengisi (<i>masonry infilled-frame</i>) .....</b>	<b>44</b>
4.4.1 Kapasitas Penampang Kolom .....	44
4.4.2 Kapasitas Penampang Balok.....	46
4.4.3 simpangan Antar Lantai .....	47
4.4.4 Partisipasi Masa .....	48
4.4.5 Analisis dengan Perkuatan Kawat Anyam .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Saran.....</b>	<b>59</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xi</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Denah Lantai 1 .....	3
<b>Gambar 1.2</b> Denah Lantai 2 .....	3
<b>Gambar 1.3</b> Denah Lantai 3 .....	3
<b>Gambar 2.1</b> Skema Penyebab dan Tinjauan Kegagalan Bangunan .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik ( $s_s$ ) .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik ( $s_s$ ) .....	10
<b>Gambar 2.4</b> Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $s_1$ ) .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $s_1$ ) .....	11
<b>Gambar 2.6</b> Spektrum Respons Desain .....	14
<b>Gambar 3.1</b> Tampak Rumah Sakit Melati.....	21
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	25
<b>Gambar 4.1</b> Denah Lantai 1 .....	27
<b>Gambar 4.2</b> Denah Lantai 2 .....	28
<b>Gambar 4.3</b> Denah Lantai 3 .....	28
<b>Gambar 4.4</b> Pemodelan Struktur Eksisting .....	29
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Respon Spektrum .....	33
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 1.....	36
<b>Gambar 4.7</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 2.....	37
<b>Gambar 4.8</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 3.....	37
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Simpangan Arah X .....	40
<b>Gambar 4.10</b> Grafik Simpangan Arah Y.....	41

<b>Gambar 4.11</b> Properties Dinding Bata .....	<b>43</b>
<b>Gambar 4.12</b> Pemodelan Kerangka dengan Dinding Pengisi .....	<b>44</b>
<b>Gambar 4.13</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 1.....	<b>44</b>
<b>Gambar 4.14</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 2.....	<b>45</b>
<b>Gambar 4.15</b> Diagram Interaksi Kolom Lantai 3 .....	<b>45</b>
<b>Gambar 4.16</b> Grafik Simpangan Arah X.....	<b>47</b>
<b>Gambar 4.17</b> Grafik Simpangan Arah Y.....	<b>48</b>
<b>Gambar 4.18</b> Pemasangan Angkur Kawat Anyam .....	<b>51</b>
<b>Gambar 4.19</b> Pembuatan kepala plesteran acuan kawat anyam .....	<b>52</b>
<b>Gambar 4.20</b> Penampang Melintang Dinding dengan Kawat Anyam .....	<b>52</b>
<b>Gambar 4.21</b> Pemasangan kawat Anyam, Angkur, Paku pada Dinding .....	<b>53</b>
<b>Gambar 4.22</b> Pengisian bekas lubang bor dengan Pasta semen .....	<b>53</b>
<b>Gambar 4.23</b> Plesteran dinding .....	<b>54</b>
<b>Gambar 4.24</b> Properties dinding bata dengan perkuatan kawat anyam .....	<b>55</b>
<b>Gambar 4.25</b> lokasi balok dan kolom yang ditinjau.....	<b>55</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Kapasitas Geser Kolom .....	38
<b>Tabel 4.2</b> Kapasitas Lentur Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh .....	38
<b>Tabel 4.3</b> Kapasitas Geser Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh .....	38
<b>Tabel 4.4</b> Simpangan Arah X .....	40
<b>Tabel 4.5</b> Simpangan Arah Y .....	40
<b>Tabel 4.6</b> Partisipasi Massa .....	42
<b>Tabel 4.7</b> Kapasitas Geser Kolom .....	46
<b>Tabel 4.8</b> Kapasitas Lentur Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh .....	46
<b>Tabel 4.9</b> Kapasitas Geser Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh .....	47
<b>Tabel 4.10</b> Simpangan Arah X .....	47
<b>Tabel 4.11</b> Simpangan Arah Y .....	48
<b>Tabel 4.12</b> Partisipasi Massa .....	49
<b>Tabel 4.13</b> Perbandingan Momen dan Geser Kolom Eksisting dan Kawat Anyam .....	56
<b>Tabel 4.14</b> Perbandingan Momen dan Geser Balok Eksisting dan Kawat Anyam .....	56

## KATA PENGANTAR

Puji serta Syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karunia Nya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir berjudul “Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh” ini disusun untuk dapat memenuhi persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program S1 Teknik Sipil Universitas Andalas.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Orangtua dan keluarga, atas segala kasih sayang, perhatian dan dukungan yang telah diberikan
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Fauzan, MSc. Eng selaku dosen pembimbing, atas segala ilmu serta bimbingan dan motivasi yang telah diberikan.
3. Seluruh dosen, staf pengajar serta karyawan/ti di lingkungan jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.
4. Seluruh rekan-rekan mahasiswa fakultas teknik, khususnya jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas.

Semoga segala dukungan dan bantuan yang diberikan menjadi nilai pahala di sisi Allah SWT. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tentunya tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan agar kedepannya dapat lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi semuanya.

Padang, Januari 2021

Penulis



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kesehatan merupakan hal yang sangat penting bagi manusia agar dapat bertahan hidup dan beraktivitas secara baik. Untuk mewujudkan kesehatan yang baik di masyarakat tentu tak hanya diperlukan tenaga medis, peralatan penunjang medis yang baik, tentu juga diperlukan bangunan yang baik dari segi struktur. Agar bangunan kesehatan dapat berfungsi dengan aman dan baik serta kekuatannya dapat menjamin keselamatan manusia yang ada didalamnya, diperlukan perencanaan struktur yang sesuai dengan peraturan yang berlaku. Di Indonesia peraturan tentang bangunan ditetapkan oleh badan standar nasional Indonesia (BSNI).

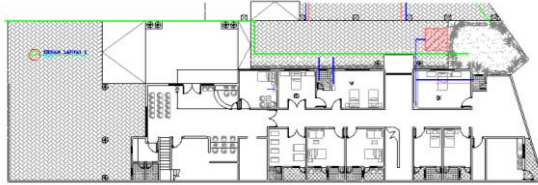
Di Indonesia standar bangunan tersebut selalu berubah seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan juga penyesuaian dengan keadaan terkini. Salah satu contoh yaitu pada tahun 2012 peraturan tentang bangunan tahan gempa yaitu termuat dalam SNI 03-1726-2012, namun setelah 7 tahun berjalan peraturan ini berubah seiring dengan penelitian terhadap respon gempa besar di Indonesia yang banyak merusak bangunan di Indonesia, sehingga terbit peraturan baru yaitu SNI 03-1726-2019.

Indonesia adalah daerah kategori rawan gempa, karena adanya pertemuan lempeng bumi di kawasan Indonesia, lempeng Indo-Australia dan Eurasia merupakan lempeng yang melewati Indonesia. Lempeng

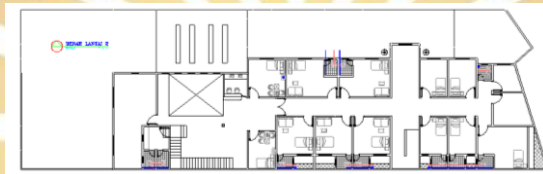
Indo-Australia bergerak relative terhadap Lempeng Eurasia dengan kecepatan 65 mm/tahun pada arah N10°E (Sih dan Natawidjaja 2000). Gempa sering terjadi di Indonesia, dari yang berskala besar ataupun kecil. Banyaknya gempa yang terjadi di Indonesia tidak lepas dari kondisi tektonik Indonesia yang sangat aktif. Indonesia telah banyak dilanda gempa merusak dan bahkan sering diikuti oleh gelombang tsunami yang dahsyat. Kepulauan di Indonesia mempunyai risiko besar terhadap gempa bumi, dimana 80% dari wilayah Indonesia terletak di daerah seismik yang berisiko tinggi di dunia (Naryanto, H.S., 2008).

Gedung Rumah Sakit Melati merupakan salah satu bangunan kesehatan di kota Sungai Penuh, Jambi. Bangunan yang sebelumnya merupakan klinik utama ini ingin meningkatkan statusnya menjadi rumah sakit bersalin. Rumah sakit ini merupakan rumah sakit bersalin pertama di kota Sungai Penuh. Bangunan rumah sakit ini merupakan bangunan tiga lantai dan konstruksinya menggunakan konstruksi beton bertulang dimana pemilihan konstruksi beton bertulang ini karena mengingat fungsi bangunan didesain harus memiliki kekuatan yang tinggi terhadap pengaruh beban luar yang mungkin terjadi. Bangunan ini berada pada daerah rawan gempa dan perencanaan pada saat itu masih menggunakan SNI 03-1726-2012.

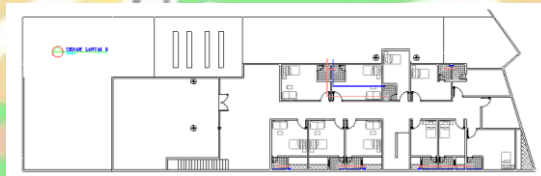
Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan evaluasi kelayakan struktur gedung RS Melati Sungai Penuh, Jambi dengan menggunakan peraturan terbaru. Denah Rumah Sakit Melati dapat dilihat pada **Gambar 1.1 – 1.3** berikut.



**Gambar 1.1** Denah lantai 1



**Gambar 1.2** Denah lantai 2



**Gambar 1.3** Denah lantai 3

## **1.2 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan penyusunan tugas akhir ini adalah melakukan evaluasi kelayakan struktur bangunan RS Melati Sungai Penuh berdasarkan peraturan terbaru.

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan tugas akhir ini diantaranya untuk menambah wawasan serta memberikan pemahaman mengenai kekuatan struktur dan perubahan pada standar perencanaan



ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung yang berlaku saat ini.

### 1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini dibuat dengan berbagai batasan masalah sebagai berikut :

- a. Bangunan yang diteliti adalah gedung RS Melati Sungai Penuh, Jambi.
- b. Bentuk struktur bangunan digunakan yaitu gedung RS Melati dengan data struktur komponen komponen utama seperti balok, kolom, dan plat yang sudah ada.
- c. Struktur yang dianalisa adalah struktur atas bangunan (*upper structure*), dimana pondasi diasumsikan terkekang sempurna (*fixed*).
- d. Mutu beton diperoleh dari investigasi lapangan dengan uji *hammer test*.
- e. Analisis pembebanan dan gaya dalam dihitung dengan menggunakan program analisa ETABS v18.0.3.
- f. Beban beban yang diinputkan meliputi :
  - Beban mati/ berat sendiri bangunan (*dead load*)
  - Beban hidup (*live load*)
  - Beban gempa (*earthquake load*)
- g. Analisis gaya gempa yang digunakan adalah analisis gempa dinamis dengan acuan pembebanan SNI Gempa 03-1726-2019.
- h. Respon struktur yang ditinjau adalah perpindahan dan gaya dalam terhadap struktur bangunan eksisting dan dengan perkuatan.

i. Penyusunan tugas akhir ini berpedoman pada peraturan sebagai berikut :

- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2019
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2019
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung PPIUG 1983.
- Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Gedung dan Struktur lain, SNI 03-1727-2013.

#### **1.4 Sistematika Penulisan**

Untuk dapat memperoleh penulisan yang sistematis dan terarah, maka alur penulisan tugas akhir ini akan dibagi dalam beberapa bab yang membahas hal hal berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisikan tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisikan dasar teori dan peraturan yang digunakan dalam evaluasi kelayakan struktur yang telah berdiri.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Berisikan penjelasan tentang metoda yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil dan pembahasan dari Tugas Akhir ini.

#### **BAB IV PEMODELAN dan ANALISIS STRUKTUR**

Berisikan permodelan struktur yang diberi pembebanan, kemudian dilakukan analisis struktur untuk mengetahui gaya dalam dan perpindahan struktur.

## **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

Terdiri dari hasil-hasil penelitian dan pembahasan mengenai hasil penelitian tersebut.

## **BAB VI PENUTUP**

Meliputi kesimpulan dan saran.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konstruksi Tahan Gempa

Struktur bangunan harus mampu menerima beban gempa pada level tertentu tanpa terjadi kerusakan yang berarti pada struktur atau apabila bangunan mengalami keruntuhan (disebabkan beban gempa melebihi beban gempa rencana), masih mampu memberikan perilaku nonlinier pada kondisi pasca-elastik sehingga tingkat keamanan bangunan terhadap gempa dan keselamatan jiwa penghuninya lebih terjamin (Pratama *et al.* 2014). Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa, diperlukan standar dan peraturan perencanaan bangunan untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi serta menghindari dan meminimalisasi kerusakan struktur bangunan dan korban jiwa terhadap gempa bumi yang sering terjadi (Budiono dan Supriatna 2011).

Pengertian Bangunan Tahan Gempa Membangun bangunan yang dapat menahan beban gempa adalah tidak ekonomis. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun bangunan tahan gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda. Dari hal tersebut pengertian bangunan tahan gempa adalah: (Boen, T 2009)

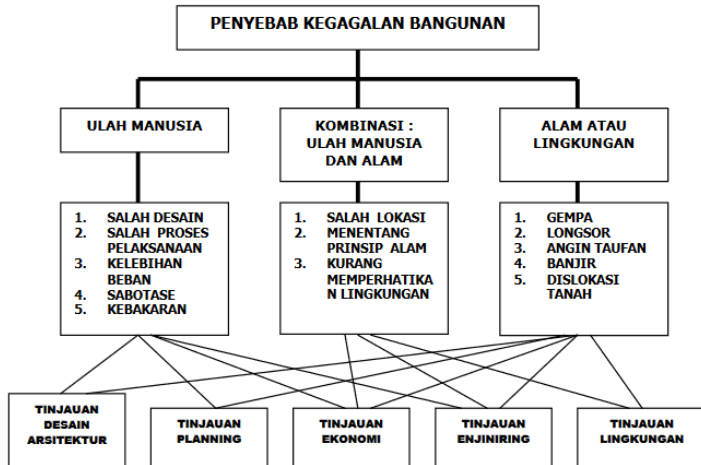
1. Bila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun pada komponen strukturalnya.

2. Bila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya (plafond runtuh, dinding retak) akan tetapi komponen struktural (kolom, balok, sloof) tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar.

## 2.2 Kegagalan Bangunan

Kegagalan bangunan merupakan keadaan bangunan yang tidak berfungsi, baik secara keseluruhan maupun sebagian, dari segi teknis, manfaat, keselamatannya kerja dan keselamatan umum sebagai kesalahan penyedia jasa atau pengguna jasa setelah penyerahan akhir pekerjaan konstruksi (Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 29 Tahun 2000).

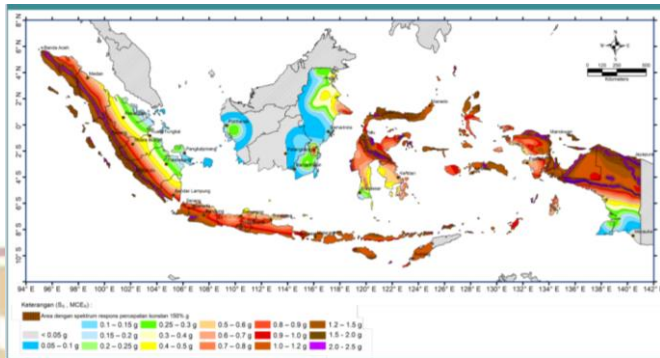
Pada dasarnya kegagalan bangunan dari sisi-sisi faktor penyebabnya dapat dikelompokkan menjadi : ulah manusia, alam atau lingkungan, kombinasi ulah manusia dan lingkungan/alam. Oleh sebab itu tinjauannya akan meliputi planning, desain arsitektur, enjiniring, ekonomi, dan lingkungan seperti skema dibawah ini. skema penyebab dapat dilihat pada **Gambar 2.1** berikut.



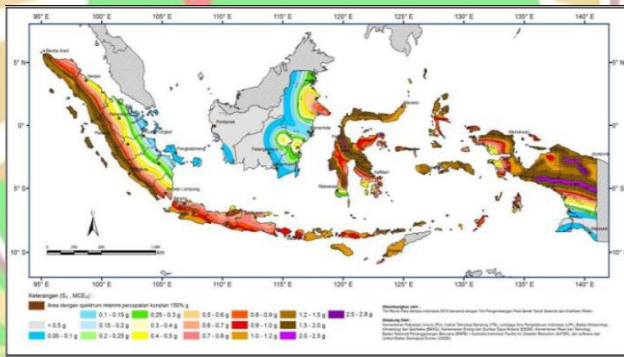
**Gambar 2.1** Skema penyebab dan tinjauan kegagalan bangunan  
(Sumber : hermanto, 2006)

### 2.3 Perbandingan Peta Gempa Bumi Indonesia Menurut SNI 2012 dan 2019

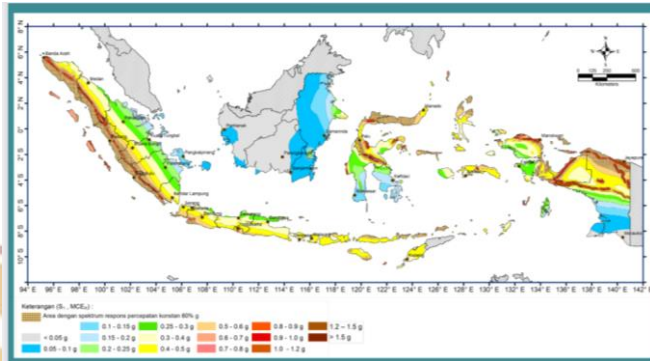
Pada SNI 03-1726-2012 dan SNI 03-1726-2019, peta respon spektra gempa ditetapkan berdasarkan parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan parameter  $S_I$  (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) seperti yang terlihat pada **Gambar 2.2 - 2.5** berikut ini:



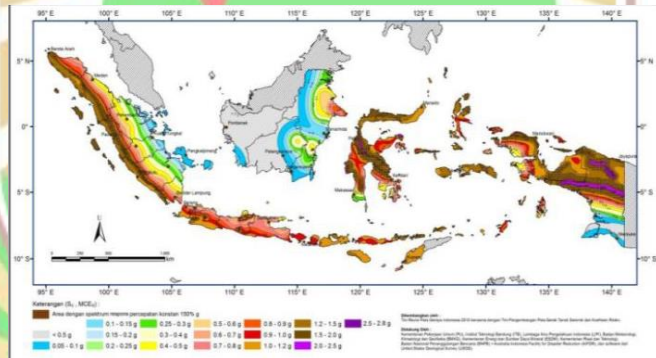
**Gambar 2.2** Respon spektra percepatan 0,2 detik (s<sub>s</sub>)  
(Sumber : SNI 03-1726-2019)



**Gambar 2.3** Respon spektra percepatan 0,2 detik (s<sub>s</sub>)  
(Sumber : SNI 03-1726-2012)



**Gambar 2.4** Respon spektra percepatan 1 detik ( $s_1$ )  
(Sumber : SNI 03-1726-2019)



**Gambar 2.5** Respon spektra percepatan 1 detik ( $s_1$ )  
(Sumber : SNI 03-1726-2012)



## 2.4 Spektrum Respon Desain

Spektrum respon desain Merupakan salah satu cara analisa untuk menentukan respon dinamik struktur gedung 3 (tiga) dimensi yang berperilaku elastik penuh terhadap pengaruh suatu gempa rencana melalui metode analisis yang dikenal dengan ragam spektrum respons, dimana respons dinamik total struktur gedung didapat sebagai superposisi dari respon dinamik maksimum masing-masing ragamnya yang didapat melalui spektrum respons gempa rencana.

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan. dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , sama dengan SDS;
3. Untuk periode lebih besar dari  $T_s$  tetapi lebih kecil dari atau sama dengan  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

4. Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respons spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2}$$

Keterangan:

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

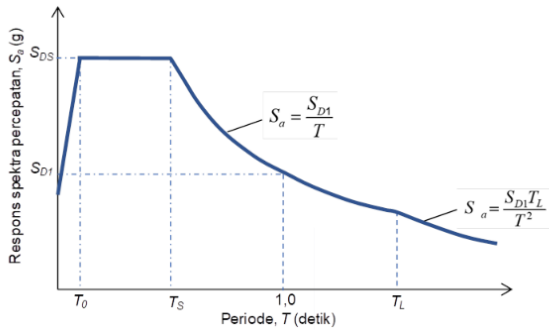
$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$T_L$  = peta transisi periode panjang.

Grafik spektrum respons desain dapat dilihat pada **Gambar 2.6** berikut.



**Gambar 2.6** Spektrum respons desain  
(Sumber : SNI 03-1726-2019)

## 2.5 Pembebanan Struktur

Besar dan macam beban yang bekerja pada struktur sangat tergantung dari jenis struktur. Jenis-jenis beban, data beban serta faktor-faktor dan kombinasi pembebanan menjadi dasar dalam perhitungan struktur, beban-beban tersebut berdasarkan pada SNI 03-1727-2013 pasal 7.4 yang diantaranya adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

### 2.5.1 Beban mati (*Dead Load*)

Beban mati, seringkali dikenal dengan beban statis atau permanen, adalah beban dominan yang berkaitan dengan berat dari struktur itu sendiri. Beban mati akan tetap diam dan relatif konstan sepanjang waktu. Contoh beban mati dapat mencakup perlengkapan tak bergerak, berat elemen struktural, partisi non-struktural permanen, dan lain sebagainya. Beban mati pada struktur dihitung dengan menjumlahkan berat bahan struktur yang ditentukan dan volumenya. Secara teori, hal tersebut memungkinkan perhitungan beban mati dapat dilakukan

dengan tingkat akurasi yang baik. Namun, pada perancangan struktural harus dilakuakn dengan beberapa perkiraan seperti meminimalkan defleksi potensial, memungkinkan margin of error dan memungkinkan adanya perubahan sifat struktur dari waktu ke waktu. Dengan demikian pada perancangan dan desain beban mati pada struktur seringkali akan jauh melebihi dari beban yang dialami struktur sebenarnya.

### 2.5.2 Beban hidup (*Live load*)

Beban hidup, seringkali dikenal sebagai beban yang dikenakan. Beban hidup umumnya bersifat sementara, dinamis dan dapat berubah. Contoh beban hidup yaitu penghuni, furnitur dan beberapa objek lainnya. Intensitas pada beban ini bervariasi yang dapat bergantung pada waktu tertentu, misalnya suatu gedung akan mengalami peningkatan beban hidup selama jam operasiona kerja pada hari kerja, dan akan terjadi beban hidup yang jauh lebih kecil pada waktu malam hari atau pada akhir pekan. Beban hidup dapat dikonsentrasikan atau didistribusikan, selain itu beban hidup dapat bertambah akibat terjadinya getaran, benturan, dan percepatan.

### 2.5.3 Beban Lingkungan

Beban lingkungan adalah jenis beban yang dapat bekerja pada struktur akibat kondisi lingkungan dan cuaca.

#### 1. Beban Angin (*Wind loads*)

Beban angin dapat terjadi akibat pergerakan udara relatif terhadap suatu struktur, dan analisis mengenai beban angin mengacu kepada meteorologi dan aerodinamika serta struktur. Beban angin mungkin bukanlah suatu masalah pembebanan yang signifikan untuk struktur berukuran kecil maupun besar,

tetapi sangat penting melakukan analisis beban angin khususnya pada struktur yang menjulang tinggi, penggunaan material yang lebih ringan dan bentuk dari struktur akan secara langsung mempengaruhi aliran udara, biasanya berlaku pada bentuk atap suatu bangunan.

## 2. Beban Gempa

Beban horizontal yang signifikan dapat terjadi pada struktur selama terjadi gempa bumi. Struktur bangunan yang berada pada area aktivitas seismik (gempa) perlu dianalisis dan dilakukan desain perancangan dengan hati-hati untuk memastikan tidak terjadinya kegagalan struktur jika suatu saat terjadi gempa bumi.

### 2.6 Analisis Bangunan Tahan Gempa

Analisis gempa atau seismik adalah analisis struktur dan perhitungan respon dari sebuah bangunan struktur untuk gempa bumi. Ada beberapa metode untuk menganalisis bangunan tahan gempa. Metode analisis bangunan tahan gempa yang dimaksud adalah elastis (linear) dan inelastis (nonlinear). Metode analisis elastis (linear) yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik respon spektrum, sedangkan metode analisis inelastis meliputi analisis statik beban dorong (*static nonlinear/pushover analysis*) dan analisis riwayat waktu (*inelastic dynamic time history analysis*).

## 2.7 Analisis Struktur

### 2.7.1 Pelat

Pelat adalah elemen struktur yang fungsinya menyalurkan beban kepada elemen pendukung seperti balok dan kolom. Pelat yang difungsikan sebagai pelat lantai dan atap tidak terlalu berbeda, hanya pelat atap langsung terpengaruh dengan cuaca. Menurut McCormac (2003), elemen-elemen pelat tersebut dapat dirancang sebagai pelat satu arah atau pelat dua arah.

### 2.7.2 Balok

Balok adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya serta sebagai penyalur momen ke kolom-kolom yang menopangnya. Balok yang bertumpu langsung pada kolom disebut balok induk, sedangkan balok yang bertumpu pada balok induk disebut balok anak. Tulangan rangkap pada perancangan balok pada umumnya ditujukan untuk meningkatkan daktilitas penampang, pengendalian defleksi jangka panjang akibat adanya rangkai dan susut. (McCormac, 2003)

Menurut McCormac (2003), ada beberapa jenis keruntuhan yang terjadi pada balok :

1. Penampang Seimbang (*balance*), tulangan tarik beton mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batas dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada serat tepi yang tertekan adalah 0,003, sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu  $\epsilon_y = f_y/E_c$ .

2. Penampang *Over Reinforced*, keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja ( $\epsilon_s$ ) yang terjadi masih lebih kecil dari regangan lelehnya ( $\epsilon_y$ ). Dengan demikian, tegangan baja ( $f_s$ ) juga lebih kecil dari tegangan lelehnya ( $f_y$ ). Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak dari yang diperlukan dalam keadaan balance.
3. Penampang *Under Reinforced*, keruntuhan terjadi ditandai dengan lelehnya tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi seimbang.

### 2.7.3 Kolom

Kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/ tanpa momen lentur. Pada struktur atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan. (Asroni, 2010). Kolom dibedakan beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, serta letak/ posisi beban aksial pada penampang kolom. Di samping itu juga dapat dibedakan menurut ukuran panjang-pendeknya kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral. Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu :

1. Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan tertarik.

2. Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton tertekan. Kondisi balanced terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan.

## 2.8 Evaluasi Kelayakan Struktur

### 2.8.1 Analisa Kapasitas Lentur dan Aksial Penampang Kolom

Kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi gaya aksial dan momen lentur dapat digambarkan dalam suatu bentuk kurva interaksi antara kedua gaya tersebut, disebut diagram interaksi P-M kolom. Setiap titik dalam kurva tersebut menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal  $P_n$  (atau  $f P_n$ ) dan momen nominal  $M_n$  (atau  $f M_n$ ) yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya.

Diagram interaksi ini dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tarik dan daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tekan, dengan pembatasnya adalah titik seimbang (balanced).

### 2.8.2 Analisa Kapasitas Lentur dan Geser Balok

Balok merupakan elemen struktur yang memikul beban luar yang menyebabkan momen lentur dan gaya geser sepanjang bentang balok tersebut. Terdapat 3 tipe kemungkinan keruntuhan balok, yaitu:

1. Keruntuhan Tarik (*Tension Failure/Under-Reinforced*)

Jika luas penampang tulangan kecil, maka baja tulangan akan mencapai tegangan lelehnya ( $f_y$ ), sebelum beton mencapai kapasitas maksimumnya.



2. Keruntuhan Seimbang (*balanced Reinforced*)

Keruntuhan seimbang terjadi apabila baja tulangan mencapai kuat lelehnya  $f_s = f_y$ , dan beton mencapai regangan pada serat ekstrimnya 0,003.

3. Keruntuhan Tekan (*Compression Failure/Over-Reinforced*)

Keruntuhan tekan terjadi bila regangan yang terjadi pada daerah baja tulangan lebih kecil dari regangan leleh baja.



## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Berikut tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini:

1. Tahapan persiapan

Pada tahapan persiapan ini hal yang dilakukan yaitu menyiapkan dan mempelajari literatur yang sesuai dengan kasus yang dianalisa. Tahapan ini dimaksudkan agar analisa yang dilakukan sesuai dengan kaidah yang berlaku dan dapat dipertanggung jawabkan.

2. Tahapan pengumpulan data

Semua data yang berkaitan dengan analisa struktur diambil dari lapangan melalui observasi dan data perencanaan (gedung rumah sakit melati). Data yang diambil langsung yaitu dimensi dari setiap elemen struktur dan data tulangan terpasang. Sedangkan data lainnya diambil dari perencanaan. Tampak Rumah Sakit melati dapat dilihat pada **Gambar 3.1.** berikut.



**Gambar 3.1** Tampak Rumah Sakit Melati

3. Pemodelan struktur dengan pemodelan kerangka terbuka (*open frame*) dan analisa pembebanan

Membuat model struktur gedung RS Melati Sungai Penuh dengan software ETABS v18. Analisa pembebanan yang dilakukan berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

4. Evaluasi kelayakan struktur dengan pemodelan kerangka terbuka (*open frame*)

Pada tahap ini adalah mempelajari gambar dan data bangunan RS Melati dan melakukan analisa terhadap kondisi *existing* bangunan dengan peraturan SNI 03-2847-2019. Dari tahap ini didapatkan respon dari setiap elemen struktur dengan pemodelan kerangka terbuka terhadap beban yang bekerja.

5. Pemodelan struktur dengan pemodelan kerangka dengan dinding pengisi (*masonry infilled frame*) dan analisa pembebanan

Membuat model struktur gedung RS Melati Sungai Penuh dengan software ETABS v18. Analisa pembebanan yang dilakukan berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

6. Evaluasi kelayakan struktur dengan pemodelan kerangka dengan dinding pengisi (*masonry infilled frame*)

Pada tahap ini adalah mempelajari gambar dan data bangunan RS Melati dan melakukan analisa terhadap kondisi *existing* bangunan dengan peraturan SNI 03-2847-2019. Dari tahap ini didapatkan respon dari setiap elemen struktur dengan pemodelan kerangka dinding pengisi terhadap beban yang bekerja.

7. Hasil dan pembahasan

Tahapan ini berupa hasil yang didapatkan dari yang dilakukan sehingga dapat diberikan rekomendasi atau alternatif terbaik untuk gedung tersebut.

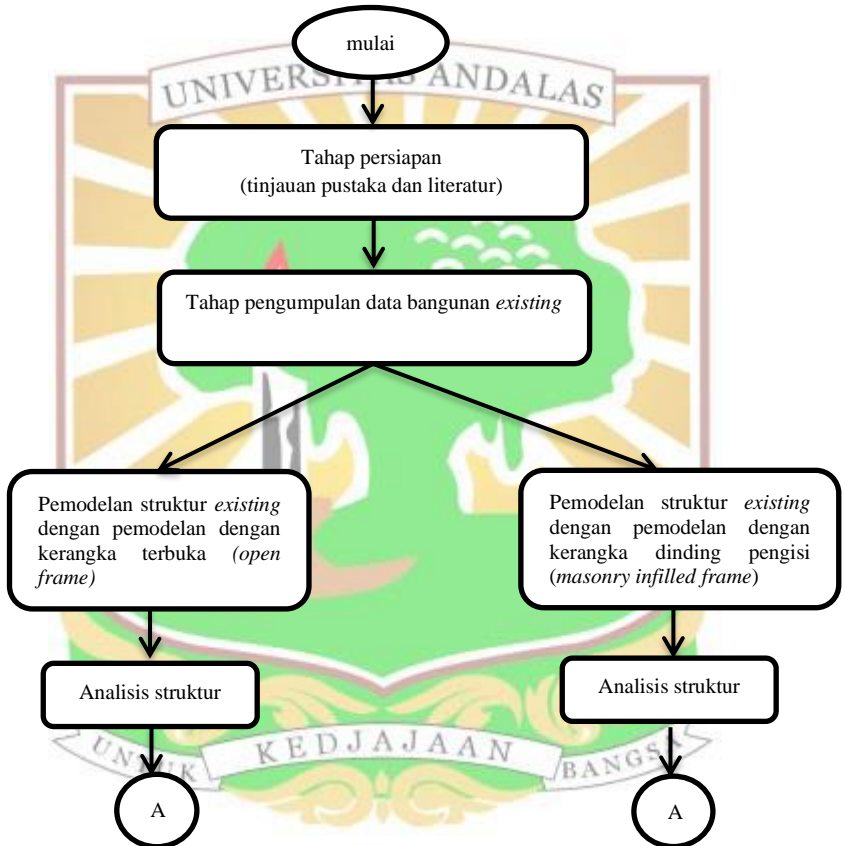
8. Kesimpulan

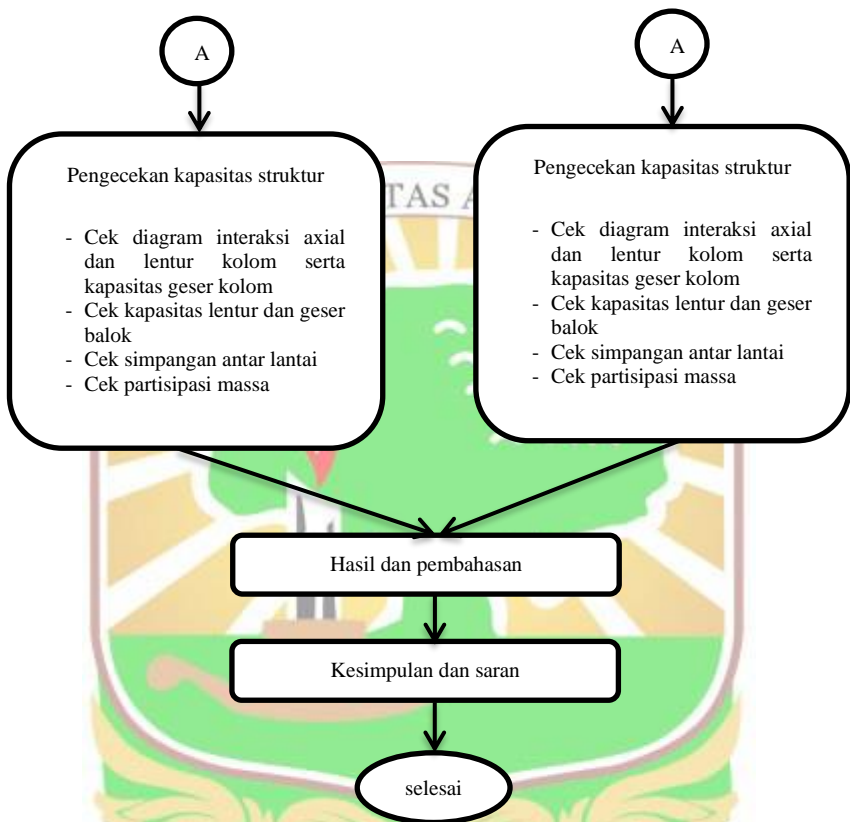
Pada tahap ini akan ada suatu kesimpulan dan saran berdasarkan hasil yang diperoleh yang diharapkan bermanfaat bagi kelangsungan bangunan tersebut



### 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Diagram alir pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada **Gambar 3.2.** berikut.





**Gambar 3.2** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.

## **BAB IV**

### **ANALISIS STRUKTUR**

#### **4.1. Tinjauan Umum**

Analisis struktur gedung ini dilakukan dengan menggunakan permodelan struktur 3D dengan menggunakan *software* ETABS v18 Kolom dan Balok dari struktur gedung dimodelkan sebagai elemen *frame* sedangkan pelat lantai dimodelkan sebagai elemen *slab*. Pemodelan yang dilakukan adalah sesuai dengan kondisi eksisting gedung. Data-data struktur yang dipakai merupakan data real berdasarkan pengamatan dan data perencanaan sebelumnya.

Analisa struktur dilakukan dengan mengevaluasi kinerja struktur dilihat dari simpangan antar lantai berdasarkan SNI 2019 serta analisa kapasitas lentur dan aksial kolom dan balok pada bangunan eksisting..

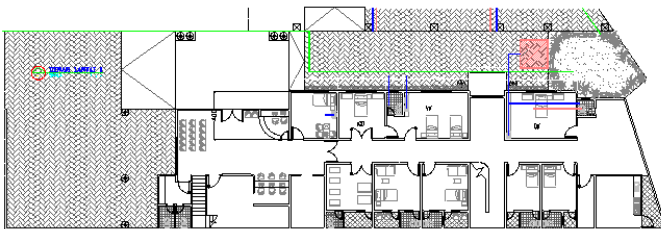
#### **4.2. Pemodelan Struktur dengan Kerangka Terbuka (*open frame*)**

Adapun data teknis dari bangunan yang akan dianalisis adalah sebagai berikut :

- a. Nama gedung : Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh
- b. Alamat : Dusun baru, sungai bungkal kota Sungai Penuh
- c. Fungsi bangunan : Gedung Rumah sakit
- d. Jenis Struktur : Beton Bertulang
- e. Jumlah Lantai : 3 Lantai

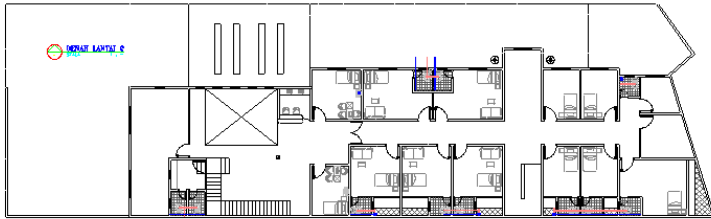
- f. Tinggi Bangunan : 12 m
- g. Tebal Pelat Lantai : 13 cm
- h. Dimensi *Sloof* : S1 (40x60) cm, S2 (15x20)
- i. Dimensi Balok
  - Lantai 2 : B1 (30x40) cm; B2(15X20) cm
  - Lantai 3 : B3 (30x40) cm; B3(15X20) cm
  - Ring balok : RB (15X20) cm
- j. Dimensi Kolom : K1 (35x35) cm; K2 (30x30) cm, K3 (30X30) cm.
- k. Panjang Bangunan : 28,16 m
- l. Lebar Bangunan : 13 m
- m. Mutu Beton : K-190 atau  $F_c' = 15,77$  MPa
- n. Mutu Baja Tulangan :  $F_y = 400$  MPa (Tulangan Utama)  
 $F_y = 240$  Mpa (Senggang)

Denah Rumah Sakit Melati dapat dilihat pada **Gambar 4.1- 4.3** berikut.

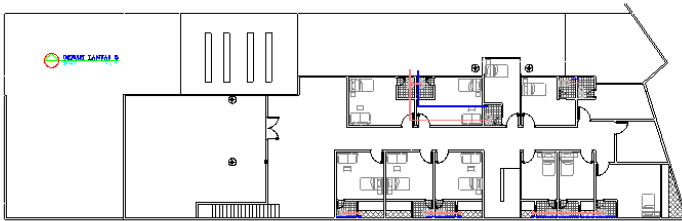


**Gambar 4.1** Denah Lantai 1





**Gambar 4.2 Denah Lantai 2**



**Gambar 4.3 Denah Lantai 3**

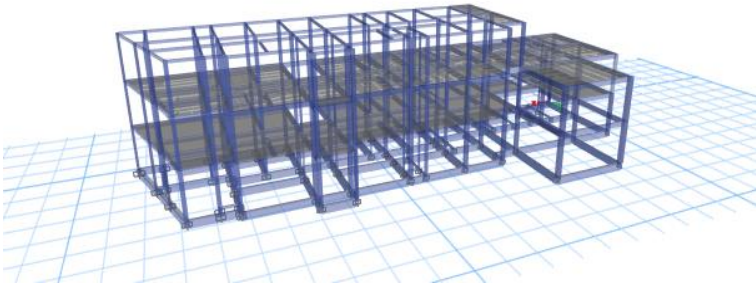
Langkah-langkah pemodelan struktur gedung adalah sebagai berikut :

- a. Pendefinisian material pada kondisi eksisting

Material yang digunakan dalam pemodelan gedung rumah sakit melati sungai penuh adalah sebagai berikut:

1. Baja tulangan :
  - Ulir ( $f_y = 400 \text{ MPa}$  ;  $f_{ys} = 300 \text{ MPa}$ )
  - Polos ( $f_y = 240 \text{ MPa}$  ;  $f_{ys} = 180 \text{ MPa}$ )
2. Beton struktur :
  - (K-190 /  $f_c' = 15,77 \text{ MPa}$  ;  $\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ ) dengan
  - $E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 18664,386 \text{ MPa}$ .

- b. Pendefinisian dimensi komponen struktur eksisting yang akan dimodelkan dalam ETABS v18.
- c. Setelah dilakukan pendefinisian maka buat permodelan berdasarkan data data yang telah ada. Pemodelan dapat dilihat pada **gambar 4.4** berikut.



**Gambar 4.4** Pemodelan Struktur Eksisting

#### 4.2.1. Analisis Pembebanan

Tahapan selanjutnya setelah pemodelan struktur adalah analisis pembebanan. Beban-beban yang diperhitungkan dalam pembangunan gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh sesuai dengan beban-beban yang telah ditetapkan pada peraturan terbaru antara lain:

##### A. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari gedung yang tak terpisahkan dan bersifat tetap. Beban mati diambil dari berat sendiri dari bahan bangunan dan komponen gedung. Beban mati mengacu pada *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya* (SNI 03-1727-2013).

Pasal 3.1.2 SNI 1727 2013 menjelaskan tentang berat bahan dan konstruksi. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

Beban mati yang bekerja pada plat lantai Rumah Sakit Melati Sungai Penuh adalah :

1. Berat sendiri elemen struktur yang dihitung oleh program analisis struktur ETABS versi 2018.
2. Penutup Lantai tebal 1cm =  $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
3. Spesi Lantai tebal 2 cm =  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
4. Berat Plafond =  $20 \text{ kg/m}^2$

Total beban mati tambahan pada lantai =  $110 \text{ kg/m}^2$  atau  $0,11 \text{ t/m}^2$

Beban mati yang bekerja pada dag Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh adalah :

1. Berat Sendiri elemen struktur yang dihitung secara langsung oleh program analisis struktur ETABS versi 2018.
2. Spesi Lantai tebal 2 cm =  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$
3. Berat Plafond =  $20 \text{ kg/m}^2$
4. Berat Air Hujan =  $50 \text{ kg/m}^2$

Total beban mati tambahan pada dag =  $112 \text{ kg/m}^2$  atau  $0,112 \text{ t/m}^2$ .

## B. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban akibat penggunaan dan penghunian dari suatu bangunan dan beban pada lantai yang dapat berpindah yang mengakibatkan perubahan pembebanan.

Berdasarkan SNI 1727-2013 *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya*. Pasal 4.3.1 Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam SNI1727-2013.

Beban hidup pada Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh didasarkan pada ruang-ruang yang ada pada denah yaitu:

- a. Ruang Pasien = 1,92 kN/m<sup>2</sup>
- b. Lobby/koridor = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
- c. Lobby/koridor diatas lantai 1 = 3,83 kN/m<sup>2</sup>
- d. Ruang operasi/laboratorium = 2,87 kN/m<sup>2</sup>

## C. Beban Dinding Bata

Selain beban mati yang bekerja pada lantai bangunan, beban lain yang bekerja pada bangunan yang merupakan beban tetap adalah dinding bata. Sesuai dengan SNI 1727 2013, beban dinding bata yang bekerja pada bangunan adalah sebesar 250 kg/m<sup>2</sup> sedangkan tinggi dinding adalah 4 m, maka beban merata yang bekerja pada balok-balok yang ada dinding bata adalah 4 m x 250 kg/m<sup>2</sup> yaitu sebesar 1000 kg/m.

#### D. Beban Partisi

SNI 1727 2013 Pasal 4.3.2. Ketentuan untuk Partisi diatur bahwa Pada bangunan gedung kantor atau bangunan gedung lainnya dimana partisi-partisi akan didirikan atau diatur ulang, ketentuan berat partisi-partisi tersebut harus ditetapkan, terlepas dari keberadaan partisi-partisi tersebut dalam rencana-rencana. Beban-beban partisi tidak boleh diambil kurang dari 15 psf ( $0,72 \text{ kN/m}^2$ ).

Dari SNI 1727 2013, terlihat bahwa beban partisi adalah  $72 \text{ kg/m}^2$ , sedangkan tinggi dinding Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh adalah 4 m, maka beban partisi yang bekerja pada balok lantai Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh adalah  $4 \text{ m} \times 72 \text{ kg/m}^2$  yaitu sebesar  $274 \text{ kg/m}$  ( $0,274 \text{ t/m}$ ).

#### E. Beban Gempa

Untuk perhitungan beban gempa didasarkan pada SNI 1726-2019. Untuk perhitungannya sendiri menggunakan aplikasi respon spektrum 2019 dari PUSKIM PU. Rumah Sakit Melati berada dikota Sungai Penuh sehingga data respon spektrum nya adalah sebagai berikut.

Nama Kota : Sungai Penuh (B)

Bujur / Longitude :  $101.3961 \text{ Degrees}$

Lintang / Latitude :  $-2.0709 \text{ Degrees}$

Kelas Situs : SC - Tanah Keras, Batuan Lunak

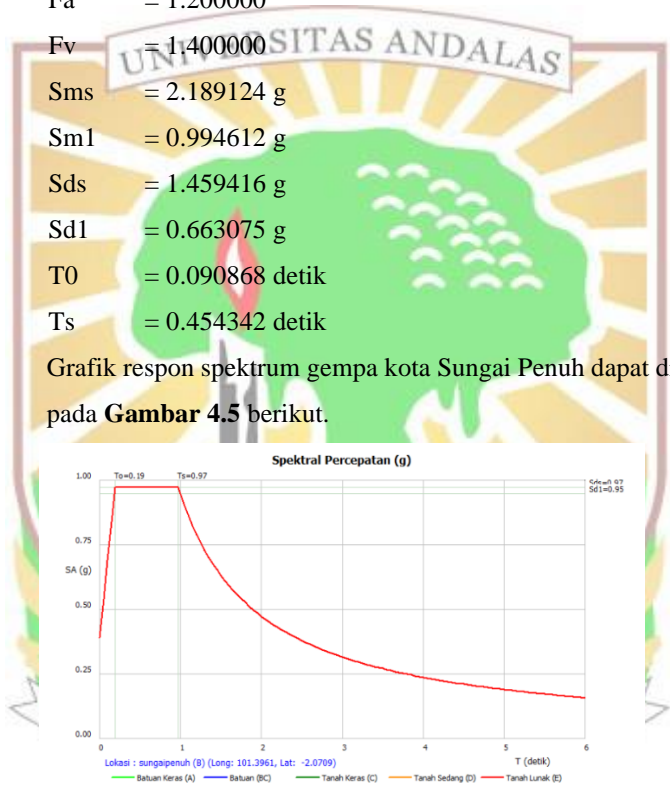
PGA =  $0.706853 \text{ g}$

PGAm =  $0.848223 \text{ g}$

CRs =  $0.000000$

$CR1 = 0.000000$   
 $S_s = 1.824270 \text{ g}$   
 $S_1 = 0.710437 \text{ g}$   
 $TL = 16.000000 \text{ detik}$   
 $F_a = 1.200000$   
 $F_v = 1.400000$   
 $S_{ms} = 2.189124 \text{ g}$   
 $S_{m1} = 0.994612 \text{ g}$   
 $S_{ds} = 1.459416 \text{ g}$   
 $S_{d1} = 0.663075 \text{ g}$   
 $T_0 = 0.090868 \text{ detik}$   
 $T_s = 0.454342 \text{ detik}$

Grafik respon spektrum gempa kota Sungai Penuh dapat dilihat pada **Gambar 4.5** berikut.



**Gambar 4.5** Grafik Respon Spektrum

#### F. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan berdasarkan SNI Gempa 2019 adalah sebagai berikut, dimana didasarkan pada nilai  $S_{DS} = 1.459416$

g. Pada pasal 4.2.2.3 SNI 1726-2019 kombinasi no 6 dan no 7 untuk pembebanan dengan pengaruh beban seismik sebagai berikut:

$$6. 1,2D + E_V + E_H + L$$

$$7. 0,9D - E_V + E_H$$

Dimana :

$$E_V = 0,2S_{DS}.D$$

$$E_H = \rho Q_E$$

$$\rho = 1,3$$

Sehingga dapat dijabarkan menjadi kombinasi pembebanan sebagai berikut:

$$1. 1,4 DL$$

$$2. 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$3. 1,4918832 DL + 1,0 LL + 1,3EQX + 0,39EQY$$

$$4. 1,4918832 DL + 1,0 LL + 1,3 EQX - 0,39EQY$$

$$5. 1,4918832 DL + 1,0 LL - 1,3EQX + 0,39EQY$$

$$6. 1,4918832 DL + 1,0 LL - 1,3EQX - 0,39EQY$$

$$7. 1,4918832 DL + 1,0 LL + 0,39EQX + 1,3EQY$$

$$8. 1,4918832 DL + 1,0 LL + 0,39EQX - 1,3EQY$$

$$9. 1,4918832 DL + 1,0 LL - 0,39EQX + 1,3EQY$$

$$10. 1,4918832 DL + 1,0 LL - 0,39EQX - 1,3EQY$$

$$11. 0,6081168 DL + 1,3EQX + 0,39EQY$$

$$12. 0,6081168 DL + 1,3EQX - 0,39EQY$$

$$13. 0,6081168 DL - 1,3EQX + 0,39EQY$$

$$14. 0,6081168 DL - 1,3EQX - 0,39EQY$$

$$15. 0,6081168 DL + 0,39EQX + 1,3EQY$$

$$16. 0,6081168 DL + 0.39EQX - 1.3EQY$$

$$17. 0,6081168 DL - 0.39EQX + 1.3EQY$$

$$18. 0,6081168 DL - 0.39EQX - 1.3EQY$$

Keterangan :

DL = *Dead Load* (beban mati)

LL = *Live Load* (beban hidup)

EQX = Beban Gempa Arah X

EQY = Beban Gempa Arah Y

G. Faktor Keutamaan Gedung ( $I_e$ ) dan koefisien modifikasi respon (R)

Faktor keutamaan gedung berdasarkan SNI Gempa 2019 didasarkan pada kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa sesuai dengan Tabel 2.1. Fasilitas Rumah sakit termasuk bangunan dengan tingkat kategori risiko IV. Dari kategori resiko ini didapatkan nilai faktor keutamaan sesuai dengan Tabel 2.2, yang mana bangunan dengan tingkat kategori risiko IV memiliki faktor keutamaan  $I_e = 1,5$ .

Koefisien modifikasi respon gempa yang direncanakan berdasarkan SNI Gempa 2019 pada Tabel 12 poin C adalah 8 untuk struktur rangka sistem SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

Skala faktor gempa

$$\frac{G I_e}{R} = 1.839,38 \text{ mm/s}^2$$

Dimana :

$$G = 9,81 \text{ m/s}^2$$



$$I_e = 1,5$$

$$R = 8$$

#### 4.2.2. Analisis Kapasitas Penampang Struktur Kondisi Eksisting

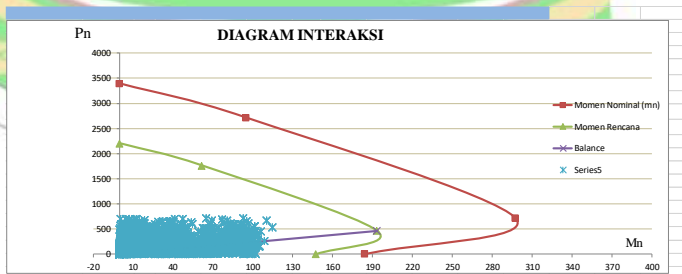
Untuk mengetahui kapasitas penampang struktur gedung, diperlukan peninjauan kapasitas penampang kolom dan balok pada gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh. Peninjauan elemen struktur dikelompokkan berdasarkan dimensi, jenis, dan posisi kolom dan balok tersebut.

Dari hasil analisa struktur akan diketahui kapasitas penampang dari elemen strukturnya seperti lentur balok, geser balok, diagram interaksi kolom serta kapasitas geser kolom. Dari hasil kapasitas penampang ini akan diketahui apakah penampang tersebut mampu menahan beban yang bekerja.

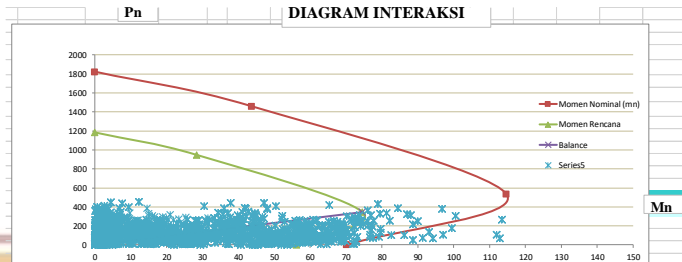
##### A. Kapasitas Penampang Kolom

###### 1) Momen dan Tekan Aksial Kolom

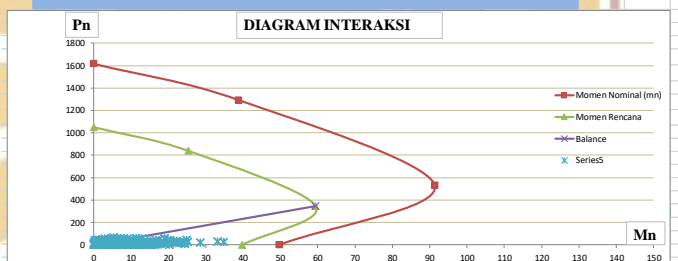
Momen dan tekan aksial kolom dapat dilihat dalam **Gambar 4.6 – 4.8** berikut :



**Gambar 4.6** Diagram Interaksi P-M Kolom Lantai 1



**Gambar 4.7** Diagram Interaksi P-M Kolom Lantai 2



**Gambar 4.8** Diagram Interaksi P-M Kolom Lantai 3

Dari diagram interaksi P-M pada **Gambar 4.6 - 4.8** diatas dapat disimpulkan bahwa kolom pada lantai 1 dan 3 masih kuat memikul beban yang bekerja pada struktur karena momen dan tekan aksial yang bekerja pada struktur tidak melewati garis momen-tekan rencana, sedangkan kolom pada lantai 2 tidak kuat memikul beban yang bekerja karena terdapat momen dan tekan aksial yang melewati garis momen tekan – rencana.

## 2) Kapasitas Geser pada Kolom

Gaya geser yang bekerja pada kolom dapat dilihat dalam **Tabel 4.1** berikut :

**Tabel 4.1.** Kapasitas Geser Kolom

Lantai	Lebar	Tinggi	Diameter	Spasi	$\phi V_n$	$V_u$	Keterangan
1	350	350	10	100	141,5091	60,9384	OK
2	300	300	10	100	112,2319	59,43	OK
3	300	300	10	100	112,2319	11,3123	OK

Terlihat pada **Tabel 4.1** bahwa kolom mampu menahan gaya geser akibat beban luar yang bekerja pada struktur.

#### B. Kapasitas Penampang Balok

Hasil dari kapasitas lentur serta geser balok dari balok struktur dapat dilihat pada **Tabel 4.2.** berikut.

**Tabel 4.2.** Kapasitas Lentur Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh

Kode	Lebar	Tinggi	Tulangan Tekan	Tulangan Tarik	$\phi M_n$	$M_u$	Keterangan
S130X40	400	600	6D19	8D19	378,8613	77,2335	OK
S215X20	150	200	2D10	2D10	7,277764	3,856	OK
B230x40	300	400	6D13	6D13	84,051	107,610	NOT OK
B215x30	150	200	2D10	2D10	7,278	6,119	OK
B330x40	300	400	6D13	6D13	84,051	109,0799	NOT OK
B315x30	150	200	2D10	2D10	7,278	3,903	OK
RB	150	200	2D13	2D13	11,481	11,150	OK

Berdasarkan **Tabel 4.2** diatas bahwa terdapat balok yang tidak mampu menahan gaya lentur akibat beban luar pada struktur.

**Tabel 4.3.** Kapasitas Geser Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh

Kode	Lebar	Tinggi	Tulangan Tekan	Tulangan Tarik	$V_r$	$V_u$	Keterangan
S130X40	400	600	6D19	8D19	269,528	77,234	OK
S215X20	150	200	2D10	2D10	53,580	7,720	OK
B230x40	300	400	6D13	4D13	151,082	112,0266	OK
B215x30	150	200	2D10	2D10	38,312	11,3475	OK
B330x40	300	400	6D13	4D13	151,082	103,4721	OK
B315x30	150	200	2D10	2D10	38,312	10,814	OK
RB	150	200	2D13	2D13	82,844	16,488	OK

Sebagaimana yang dapat terlihat pada **Tabel 4.3** diatas bahwa balok mampu menahan gaya geser akibat beban luar pada struktur.

### C. Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726-2019 parameter penentuan simpangan antar lantai adalah sebagai berikut:

1) Faktor Pembesaran Defleksi ( $C_d$ )

Berdasarkan SNI gempa 2019 Sistem Struktur adalah SRPMK dengan  $C_d = 5,5$ .

2) Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )

Berdasarkan Kategori Resiko, gedung rumah sakit termasuk kategori resiko IV sehingga memiliki  $I_e = 1,5$ .

3) Simpangan antar Lantai ( $\Delta_a$ )

Berdasarkan SNI gempa 2019 simpangan antar lantai diijinkan untuk gedung kategori resiko IV =  $\Delta_a = 0,01 H$ .

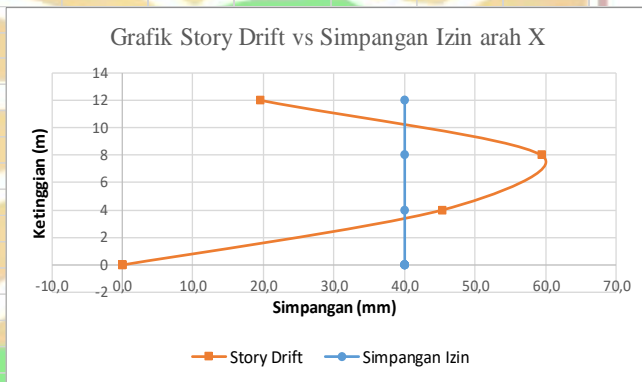
4) Faktor Redundansi ( $\rho$ )

Berdasarkan SNI gempa 2019 Faktor redundansi untuk gedung KDS D nilai  $\rho = 1,3$ .

Dengan parameter diatas dan juga perpindahan yang didapat dari analisa menggunakan ETABS, maka dapat dihitung simpangan antar lantai dan didapat kan hasil seperti pada **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.9** untuk arah x serta **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.10** untuk arah y berikut:

**Tabel 4.4** Simpangan Arah X

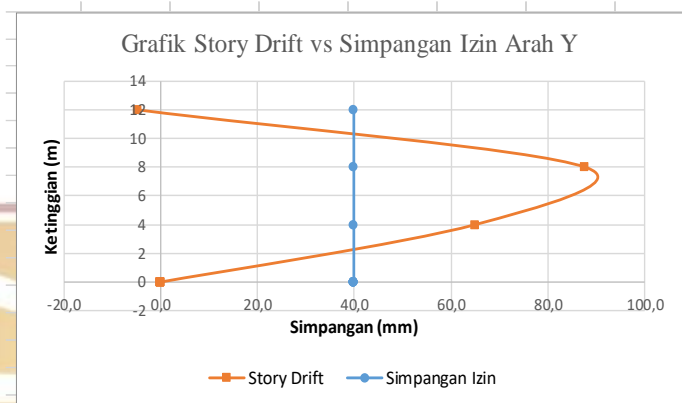
TABLE: Story Response EQX							
Story	hsx	h	$\hat{\rho}_e$	$\Delta$	$\Delta_i$	$\Delta_{IIN}$	Ket
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story3	12	4000	33,9	124,300	19,584	40,000	ok
Story2	8	4000	28,559	104,716	59,393	40,000	notOk
Story1	4	4000	12,361	45,324	45,324	40,000	notOk
Base	0	4000	0	0,000	0,000	40,000	ok



**Gambar 4.9** Grafik Simpangan Arah X

**Tabel 4.5** Simpangan Arah Y

TABLE: Story Response EQY							
Story	hsx	h	$\hat{\rho}_e$	$\Delta$	$\Delta_i$	$\Delta_{IIN}$	Ket
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story3	12	4000	40,378	148,0527	-4,649	40,000	ok
Story2	8	4000	41,646	152,702	87,740	40,000	notOk
Story1	4	4000	17,717	64,96233	64,962	40,000	notOk
Base	0	4000	0	0	0,000	40,000	ok



**Gambar 4.10** Grafik Simpangan Arah Y

Berdasarkan **Tabel 4.4** dan **Gambar 4.9** untuk arah x serta **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.10** untuk arah y di atas terdapat simpangan antar lantai yang tidak memenuhi simpangan ijin yaitu pada simpangan arah x story 1 dan story 2, serta simpangan arah y pada story 1 dan story 2, sehingga struktur tersebut tidak memenuhi persyaratan berdasarkan SNI gempa 1726-2019.

#### D. Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2019 pasal 7.9.1.1, Jumlah ragam getar alami struktur yang ditinjau dalam kombinasi respons harus menghasilkan partisipasi 100% dari massa struktur dan di izinkan untuk menggunakan perioda waktu dibawah 0.05 detik Partisipasi massa pada bangunan ini dapat dilihat pada **Tabel 4.6** berikut:

**Tabel 4.6** Partisipasi Massa

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	1,03	0,0081	0,6793	0	0,0081	0,6793	0	0,3329
Modal	2	0,905	0,8397	0,0241	0	0,8478	0,7035	0	0,0112
Modal	3	0,863	0,0279	0,1649	0	0,8757	0,8684	0	0,0742
Modal	4	0,352	0,0026	0,0919	0	0,8783	0,9603	0	0,4195
Modal	5	0,327	0,1181	0,0038	0	0,9965	0,964	0	0,0176
Modal	6	0,312	0,0011	0,0267	0	0,9976	0,9907	0	0,1322
Modal	7	0,258	2,459E-05	0,0089	0	0,9976	0,9996	0	0,0047
Modal	8	0,219	0,0001	0,0004	0	0,9977	1	0	0,0068
Modal	9	0,213	0,0008	4,14E-05	0	0,9985	1	0	0,0008
Modal	10	0,127	0,0015	0	0	1	1	0	0
Modal	11	0,019	0	0	0	1	1	0	0
Modal	12	0,019	0	5,191E-07	0	1	1	0	1,463E-06

Berdasarkan Pada **Tabel 4.6** diatas dapat dilihat struktur memiliki Patisipasi massa arah X dan arah Y sebesar 100 % pada mode ke-10 sehingga telah memenuhi peraturan SNI gempa 2019.

### **4.3 Pemodelan dengan Kerangka Dinding Pengisi (*masonry infilled-frame*)**

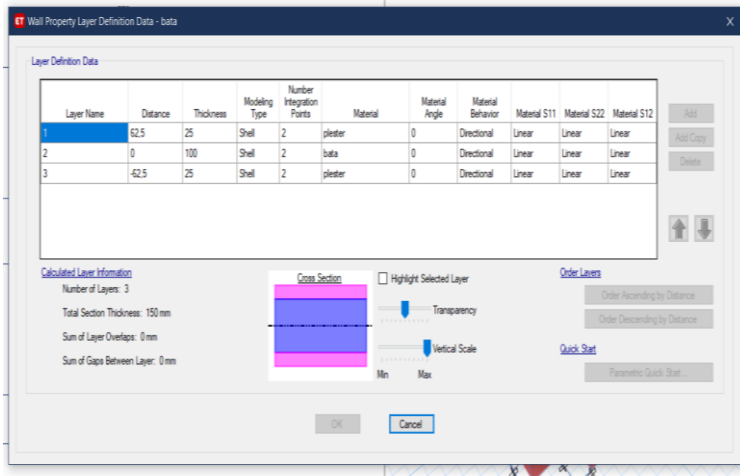
Berhubung tidak terpenuhinya syarat untuk simpangan antar lantai sesuai SNI serta kurangnya kapasitas kolom dalam memikul beban yang bekerja berdasarkan perhitungan dengan metode kerangka terbuka (*open frame*), maka dilakukan analisa dengan memodelkan struktur memasukkan dinding yang berperan dalam kekakuan struktur yang diasumsikan ikut memikul beban. Data propertis bata berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu kuat tekan  $f_c = 3$  MPa (batu bata konvensional) dan  $f_c = 7$  MPa (batu bata pabrik) (redha sadu lekosono : 2012). Modulus elastisitas untuk bata dari daerah lieaas 7906,174 MPa, batu bata dari daerah taas 6037,412 MPa (bonny M : 2013). Dalam analisis ini, diasumsikan bata memiliki kekuatan 1 MPa dan modulus

elastisitas 6037,412 MPa dengan pembebanan seperti pada pemodelan kerangka terbuka (*open frame*) sebelumnya.

Pemodelan kerangka dengan dinding pengisi dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Mutu plester untuk dinding yaitu  $f^c = 5,23$  MPa.
2. Berat jenis plester  $2130 \text{ kg/m}^3$ .
3. Mutu pasangan bata diasumsikan memiliki kekuatan  $f^c = 1$  MPa.
4. Berat jenis bata  $1700 \text{ kg/m}^3$ .

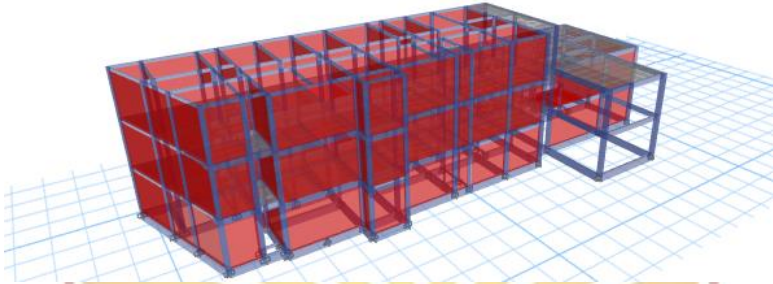
Properties dinding bata dimodelkan sesuai **Gambar 4.11** berikut.



**Gambar 4.11** Properties Dinding Bata

Hasil pemodelan kerangka dengan dinding pengisi dapat dilihat pada **Gambar 4.12** berikut.





**Gambar 4.12** Pemodelan Kerangka dengan Dinding Pengisi

#### 4.4 Pengecekan Kapasitas dengan Pemodelan Kerangka dengan Dinding Pengisi (*masonry infilled-frame*)

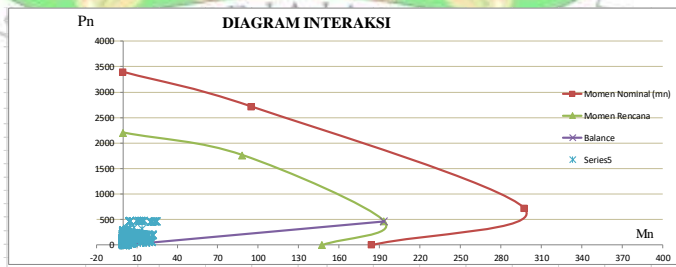
Setelah dilakukan pemodelan, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

##### 4.4.1. Kapasitas Penampang Kolom

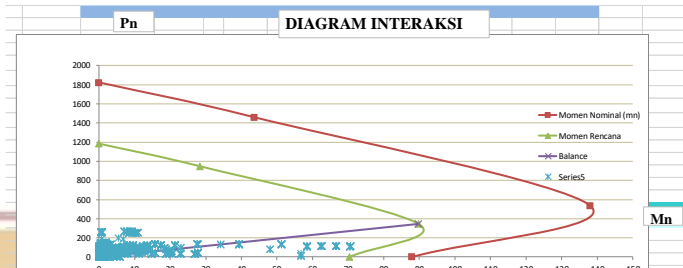
Berikut adalah hasil dari kapasitas lentur serta geser balok dari balok struktur

##### A. Kapasitas lentur kolom

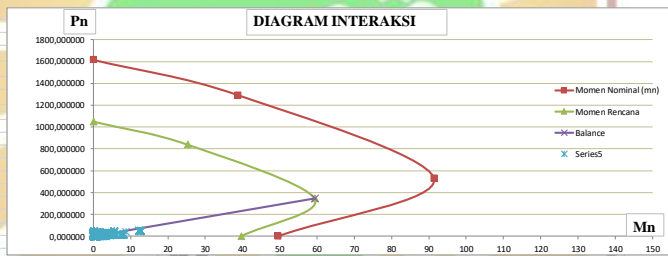
Kapasitas lentur kolom dapat dilihat dalam **Gambar 4.13 – 4.15** berikut:



**Gambar 4.13** Diagram Interaksi Kolom Lantai 1



Gambar 4.14 Diagram Interaksi Kolom Lantai 2



Gambar 4.15 Diagram Interaksi Kolom Lantai 3

Pada diagram P-M dalam Gambar 4.13 - 4.15 diatas dapat disimpulkan bahwa kolom pada lantai 1, 2 dan 3 cukup kuat memikul beban yang bekerja pada struktur, karena momen dan tekan aksial yang bekerja pada struktur tidak melewati garis momen-tekan rencana.

B. Kapasitas Geser pada Kolom

Gaya geser yang bekerja pada kolom dapat dilihat dalam Tabel 4.7 berikut :

**Tabel 4.7.** Kapasitas Geser Kolom

Lantai	Lebar	Tinggi	Diameter	Spasi	$\phi V_n$	$V_u$	Keterangan
1	350	350	10	100	141,5091	10,16	OK
2	300	300	10	100	112,2319	9,2798	OK
3	300	300	10	100	112,2319	2,768	OK

Terlihat pada **Tabel 4.7** diatas bahwa kolom mampu menahan gaya geser yang diakibatkan beban luar yang bekerja pada struktur.

#### 4.4.2. Kapasitas Penampang Balok

Berikut adalah hasil dari kapasitas lentur serta geser balok dari balok struktur.

**Tabel 4.8** Kapasitas Lentur Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh

Kode	Lebar	Tinggi	Tulangan Tekan	Tulangan Tarik	$\phi M_n$	$M_u$	Keterangan
S130X40	400	600	6D19	8D19	378,8613	46,6884	OK
S215X20	150	200	2D10	2D10	7,277764	3,860	OK
B230x40	300	400	6D13	6D13	84,051	49,218	OK
B215x30	150	200	2D10	2D10	7,278	1,926	OK
B330x40	300	400	6D13	6D13	84,051	67,273	OK
B315x30	150	200	2D10	2D10	7,278	3,229	OK
RB	150	200	2D13	2D13	11,481	4,927	OK

Dari **Tabel 4.8** diatas dapat dilihat bahwa balok mampu menahan gaya lentur yang diakibatkan beban luar pada struktur.

**Tabel 4.9.** Kapasitas Geser Balok Gedung RS Melati Sungai Penuh

Kode	Lebar	Tinggi	Tulangan Tekan	Tulangan Tarik	Vr	Vu	Keterangan
S130X40	400	600	6D19	8D19	269,528	39,455	OK
S215X20	150	200	2D10	2D10	53,580	7,720	OK
B230x40	300	400	6D13	4D13	151,082	44,7648	OK
B215x30	150	200	2D10	2D10	38,312	5,1538	OK
B330x40	300	400	6D13	4D13	151,082	53,816	OK
B315x30	150	200	2D10	2D10	38,312	5,063	OK
RB	150	200	2D13	2D13	82,844	5,995	OK

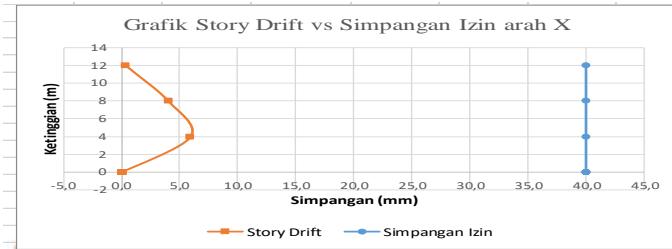
Berdasarkan pada **Tabel 4.9** diatas terlihat bahwa balok mampu menahan gaya geser yang diakibatkan beban luar pada struktur.

#### 4.4.3 Simpangan Antar Lantai

Hasil perhitungan simpangan antar lantai dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dan **Gambar 4.16** untuk arah x serta **Tabel 4.11** dan **Gambar 4.17** untuk arah y berikut:

**Tabel 4.10.** Simpangan Arah X

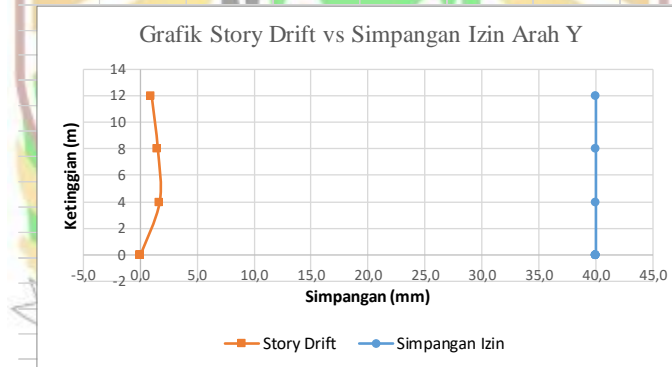
TABLE: Story Response EQX							
Story	hsx	h	$\delta_c$	$\Delta$	$\Delta_i$	$\Delta_{IIN}$	Ket
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story3	12	4000	0,611	2,240	0,304	40,000	ok
Story2	8	4000	0,528	1,936	3,982	40,000	ok
Story1	4	4000	1,614	5,918	5,918	40,000	ok
Base	0	4000	0	0,000	0,000	40,000	ok



Gambar 4.16 Grafik Simpangan Arah X

Tabel 4.11 Simpangan Arah Y

TABLE: Story Response EQY							
Story	hsx	h	$\delta_c$	$\Delta$	$\Delta_i$	$\Delta_{IIN}$	Ket
	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Story3	12	4000	1,136	4,165333	0,975	40,000	ok
Story2	8	4000	0,87	3,19	1,511	40,000	ok
Story1	4	4000	0,458	1,679333	1,679	40,000	ok
Base	0	4000	0	0	0,000	40,000	ok



Gambar 4.17 Grafik Simpangan Arah Y

Berdasarkan **Tabel 4.10** dan **Gambar 4.16** untuk arah x serta **Tabel 4.11** dan **Gambar 4.17** untuk arah y diatas terlihat semua simpangan antar lantai telah memenuhi simpangan ijin sehingga struktur

tersebut telah memenuhi persyaratan berdasarkan SNI gempa 1726-2019.

#### 4.4.4 Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-9 pasal 7.9.1.1, Jumlah ragam getar alami struktur yang ditinjau dalam kombinasi respons harus menghasilkan partisipasi 100% dari massa struktur dan diizinkan untuk menggunakan perioda waktu dibawah 0.05 detik. Partisipasi massa gedung RS Melati dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut.

**Tabel 4.12. Partisipasi Massa**

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
Modal	1	0,128	0,0074	0,0001	0	0,0074	0,0001	0	0,0001
Modal	2	0,118	0,0034	0,8562	0	0,0109	0,8563	0	0,4089
Modal	3	0,093	0,688	0,0178	0	0,6988	0,8741	0	0,0018
Modal	4	0,089	0,23	0,0153	0	0,9288	0,8894	0	0,0002
Modal	5	0,042	2,141E-05	0,1063	0	0,9288	0,9957	0	0,582
Modal	6	0,035	0,0222	0,0005	0	0,951	0,9962	0	0,0004
Modal	7	0,033	0,0484	0,0008	0	0,9995	0,997	0	0,0027
Modal	8	0,03	0,0001	0,0028	0	0,9996	0,9998	0	0,0007
Modal	9	0,024	0,0001	0,0001	0	0,9997	0,9999	0	0,0024
Modal	10	0,021	0,0003	1,074E-05	0	1	1	0	0,0006
Modal	11	0,019	0	1,73E-06	0	1	1	0	3,306E-06
Modal	12	0,019	9,012E-07	4E-05	0	1	1	0	0,0002

Berdasarkan Pada **Tabel 4.12** diatas dapat dilihat pada struktur didapatkan patisipasi massa arah X dan arah Y sebesar 100 % pada mode ke-10, sehingga telah memenuhi peraturan SNI gempa 2019.

Dari perhitungan dengan dua metoda tersebut dapat dilihat bahwa pada perhitungan dengan pemodelan kerangka terbuka (*open frame*) gedung rumah sakit Melati memiliki kapasitas struktur yang tidak cukup

kuat yaitu pada kolom lantai dua, balok, dan simpangan antar lantai tidak memenuhi izin, namun ketika perhitungan dengan pemodelan kerangka dengan dinding pengisi (*masonry infilled frame*), struktur rumah sakit ini cukup kuat untuk menahan beban kerja sesuai peraturan yang berlaku saat ini.

Namun bata merupakan bahan yang rentan dan mudah mengalami kegagalan (*brittle*) sehingga Perkuatan pada dinding sangat direkomendasikan. seperti memberi perkuatan kawat anyam pada dinding bata.

#### 4.4.5 Analisis dengan Perkuatan Kawat Anyam

Setelah dilakukan analisa dengan metoda kerangka terbuka dan kerangka dengan dinding pengisi, maka untuk meningkatkan kapasitas dinding perlu diperkuat dengan perkuatan kawat anyam. Oleh karena itu, dilakukan analisa dengan menggunakan ETABS V18 setelah perkuatan kawat anyam, lalu ditinjau pengaruh perkuatan kawat anyam terhadap gaya dalam yang bekerja pada balok dan kolom.

Metode perkuatan dinding dengan kawat anyam dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Pengupasan plesteran.

Pengupasan plesteran dapat dilakukan secara manual dengan peralatan yang umum dipakai untuk mengupas plesteran seperti pahat beton, kawat sikat dan lain-lain. Proses pengupasan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga material plesteran pada dinding dapat dilepas dan bata yang ada tidak rusak. Pengupasan dilakukan pada kedua sisi dinding yang akan di perbaiki dan diperkuat.

2. Pemasangan angkur/kawat pengikat.

Pemasangan angkur/kawat pengikat ini dapat dengan menggunakan kawat beton. Kawat beton dipasang untuk mengikat kawat ayam didalam dan diluar ruang, sehingga kawat ayam menempel dengan kuat ke dinding. Untuk pemasangan kawat ayam terlebih dahulu harus dibuat lobang (dinding dibor) dengan jarak 30 cm horizontal dan 30 cm vertikal. Pengeboran pemasangan angkur seperti terlihat pada **Gambar 4.18** berikut ini.



**Gambar 4.18** Pemasangan Angkur Kawat Anyam

3. Pembuatan acuan/kepala plester.

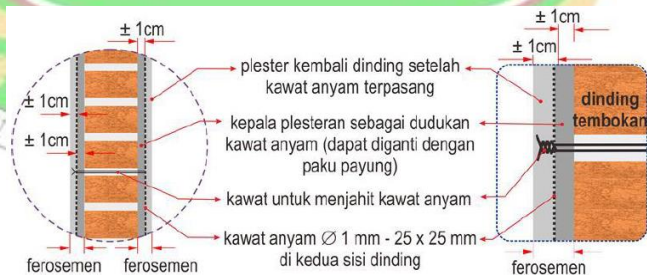
Agar ketebalan plesteran merata, maka sebelum dilakukan plesteran secara menyeluruh, harus dibuat kepala plesteran dengan tebal 1 cm dan lebar 7,5 cm, dan jarak antar kepala plesteran 25 cm, seperti terlihat pada **Gambar 4.19** dibawah ini.





**Gambar 4.19** Pembuatan kepala plesteran acuan kawat anyam

4. Pemasangan kawat anyam
  - a. Kawat anyam dipasang di semua dinding, baik dinding luar maupun dinding dalam dan menutupi seluruh dinding.
  - b. Untuk pengangkuran kawat anyam ke dinding dilakukan seperti pada prosedur nomor 2. Potongan melintang dinding setelah pemasangan kawat anyam dan pengikatan kawat anyam dengan angkur adalah seperti **Gambar 4.20** dibawah ini.



**Gambar 4.20** Penampang Melintang Dinding dengan Kawat Anyam  
(Sumber : Pusat Studi Bencana Universitas Andalas)

Hasil akhir pemasangan kawat anyam sebelum diplester adalah seperti terlihat pada **Gambar 4.21** dibawah ini.



**Gambar 4.21** Pemasangan kawat Anyam, Angkur, Paku pada Dinding

5. Pengisian bekas lubang bor dengan pasta semen

Untuk lebih memperkuat lekatan plesteran setelah pemasangan kawat ayam dan pengikatan kawat ayam dengan angkur/Kawat/paku, lubang bor yang terlebih dahulu diisi dengan pasta semen. Pengisian bekas lubang bor dengan Pasta semen dapat dilihat pada **Gambar 4.22** berikut.



**Gambar 4.22** Pengisian bekas lubang bor dengan Pasta semen

6. Pemasangan plesteran.

Untuk finishing dinding, dilakukan plesteran campuran 1 : 3 dan setelah itu difinishing sesuai kebutuhan seperti terlihat pada **Gambar 4.23** dibawah ini.

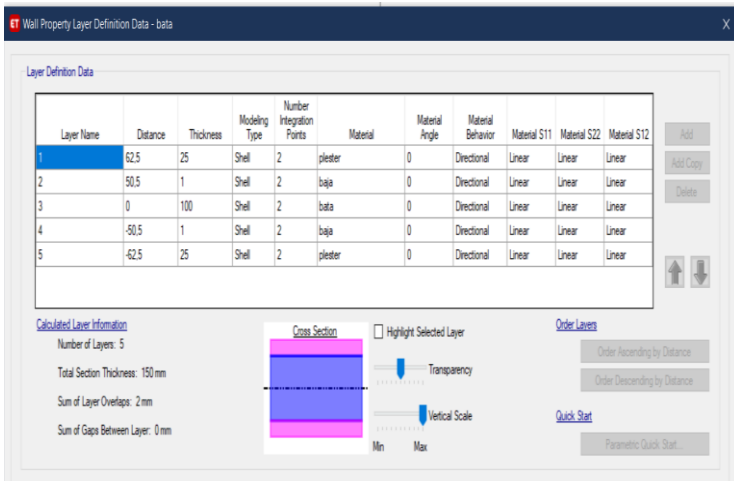


**Gambar 4.23** Plesteran dinding

Analisis dengan perkuatan kawat anyam dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Mutu plester untuk dinding yaitu  $f'c = 5,23$  MPa.
2. Berat jenis plester  $2130 \text{ kg/m}^3$ .
3. Mutu pasangan bata diasumsikan memiliki kekuatan  $f'c = 1$  MPa.
4. Berat jenis pasangan bata  $1700 \text{ kg/m}^3$ .
5. Ketebalan kawat anyam 1 mm.

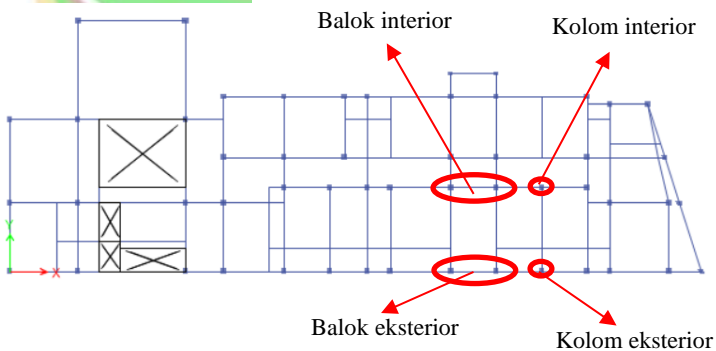
Properties dinding bata dengan perkuatan kawat anyam dimodelkan sesuai **Gambar 4.24** berikut.



**Gambar 4.24** Properties dinding bata dengan perkuatan kawat anyam

Untuk melihat pengaruh perkuatan kawat anyam pada struktur bangunan, maka dilihat perbandingan respon struktur bangunan dengan perkuatan kawat anyam dan tanpa perkuatan kawat anyam.

Lokasi balok dan kolom yang ditinjau strukturnya dapat dilihat pada **Gambar 4.25** berikut.



**Gambar 4.25** lokasi balok dan kolom yang ditinjau

Pengaruh perkuatan kawat anyam terhadap gaya dalam yang dialami oleh balok dan kolom dapat dilihat pada **Tabel 4.13 dan 4.14** berikut.

**Tabel 4.13.** Perbandingan gaya dalam kolom eksisting dan kawat anyam

posisi kolom	Gaya dalam kolom	eksisting	kawat anyam	rasio pengurangan
interior	Momen (kNm)	0,688	0,5752	16,40%
	Gaya aksial (kN)	168,236	143,0045	15,00%
	gaya geser (kN)	0,0527	0,0502	4,74%
eksterior	Momen (kNm)	0,8005	0,6593	17,64%
	Gaya aksial (kN)	156,381	132,2864	15,41%
	gaya geser (kN)	0,0941	0,0798	15,20%

**Tabel 4.14** Perbandingan gaya dalam balok eksisting dan kawat anyam

posisi balok	Gaya dalam balok	eksisting	kawat anyam	rasio pengurangan
interior	Momen (kNm)	1,8314	1,4964	18,29%
	gaya geser (kN)	4,6116	4,3886	4,84%
eksterior	Momen (kNm)	5,3116	4,9474	6,86%
	gaya geser (kN)	10,5222	10,2494	2,59%

Dapat dilihat pada **Tabel 4.13** dan **Tabel 4.14** diatas bahwa perkuatan kawat anyam dapat mengurangi nilai momen dan geser yang bekerja pada kolom dan balok. Pada kolom yang ditinjau mengalami reduksi momen 16-17 %, gaya aksial 15-16%, dan gaya geser hingga 15%. Sedangkan balok mengalami reduksi momen 6-18%, dan gaya geser 2-5%. Hal ini membuktikan bahwa setelah diperkuat dengan

kawat anyam, kapasitas dinding akan meningkat karena adanya tambahan kawat pada dinding sehingga dinding tidak rentan rusak (*brittle*).



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan studi analisis evaluasi struktur yang dilakukan pada Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh dengan menggunakan *software ETABS v18* yang didasarkan pada SNI 03-1726-2019 didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Mutu beton pada elemen balok dan kolom Bangunan RS Melati cukup rendah yaitu  $f_c = 15,77$  MPa (K-190), lebih rendah dari yang disyaratkan dalam SNI ( $f_c' = 17$  MPa).
- 2) Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas struktur Bangunan RS Melati tidak cukup kuat yaitu pada kolom lantai dua, balok dan siprangan antar lantai tidak memenuhi izin jika dihitung dengan kerangka terbuka (*open frame*), namun jika menggunakan pemodelan dengan kerangka dengan dinding pengisi (*masonry infilled frame*), struktur rumah sakit ini cukup kuat untuk menahan beban kerja sesuai peraturan yang berlaku saat ini.
- 3) Kemampuan gedung ini terhadap beban gempa sangat tergantung pada kontribusi dinding dalam menahan beban lateral, sehingga koneksi dinding ke kolom dan balok sangat menentukan untuk menahan beban gempa.
- 4) Karena bata merupakan bahan yang mudah mengalami kegagalan (*brittle*) sehingga Perkuatan pada dinding sangat

direkomendasikan, seperti memberi perkuatan kawat anyam (*small wire mesh*) pada seluruh dinding bata bangunan tersebut.

- 5) Perkuatan dinding bangunan dengan kawat anyam dapat mereduksi gaya dalam yang diterima kolom dan balok akibat beban yang bekerja pada gedung. Pada kolom yang ditinjau, mengalami reduksi momen sebesar 16-17 %, gaya aksial 15-16%, dan gaya geser hingga 15%. Sedangkan balok mengalami reduksi momen sebesar 6-18%, dan gaya geser 2-5%.

## 5.2 Saran

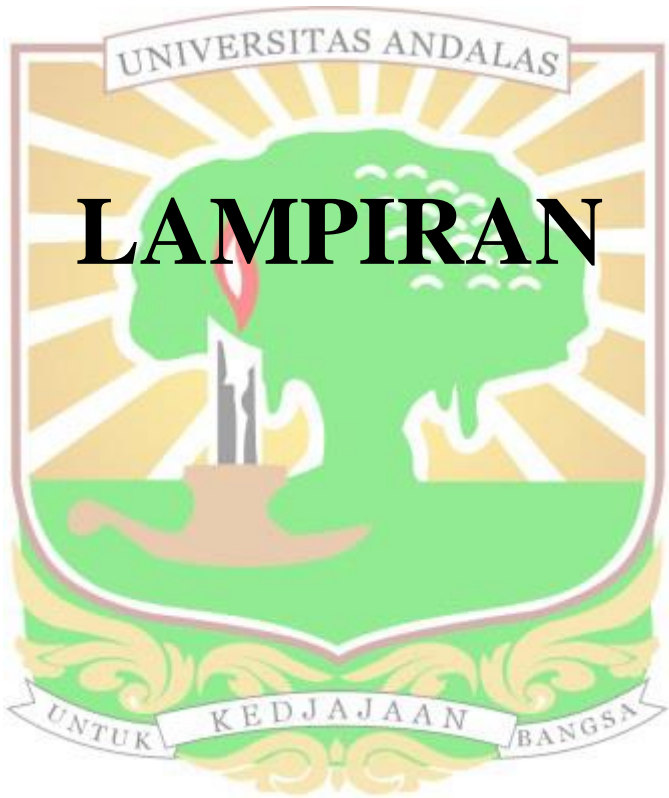
Bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan penelitian ini dapat melakukan analisa dengan metoda lain, seperti metode *push over Analysis* dan lainnya.





## DAFTAR PUSTAKA

- Agustinus Putra N.S., Eindrawaty Lesmana. 2018. *analisis kelayakan struktur bangunan publik 5 lantai di kota Jakarta.*
- Asroni A. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012.* Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2019.* Jakarta.
- Boen, Teddy. 2009. *Manual Bangunan Tahan Gempa.* World Seismic Safety Initiative. Jakarta.
- Bonny M, DKK. 2013. Kajian Uji Laboratorium Nilai Modulus Elastisitas Bata Merah Dalam Sumbangan Kekakuan Pada Struktur Sederhana.
- Budiono B, Supriatna L, 2011. *Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-2002 dan RSNI 03-1726-201X.* Bandung (ID): ITB Press.
- Eddy Hermanto, Frida Kistiyani. 2006. kegagalan bangunan dari sisi industri konstruksi.
- Erizal Fahril Hamdi. 2002. analisis dan evaluasi kekuatan struktur atas gedung fakultas ekonomi dan manajemen ipb terhadap faktor gempa berdasarkan 1727:2013 . Bogor (ID): Intitut Pertanian Bogor.
- Heru sri naryanto. 2008. analisis potensi kegempaan dan tsunami di kawasan pantai barat lampung kaitannya dengan mitigasi dan penataan kawasan.
- McCormac JC. 2004. *Desain Beton Bertulang.* Jilid ke-1. Sumargo, penerjemah; Simarmata L, editor. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga. Terjemahan dari: *Design of Reinforced Concrete Fifth Edition.*
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor :24/PRT/M/2008. “ Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung.”
- PP No 29 tahun 2000 pasal 31 tentang Penyelenggaraan Jasa Konstruksi
- Pratama F, Agus SB, Wibowo. 2014. Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift dan Displacement Menggunakan Software Etabs. Matriks Teknik Sipil. 2014.; 4(1):377-384.
- Redha sadhu laksono DKK, 2012. Studi pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata pada bangunan bertingkat.
- SNI 1727-2013. “Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Dan Struktur Lain.”
- SNI 2847-2019. “Persyaratan Beton Structural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan.”



# LAMPIRAN

## PERHITUNGAN AKSIAL KOLOM

### Data Kolom

b	350	mm	as	2268,229	mm <sup>2</sup>
h	350	mm	as	2268,229	mm <sup>2</sup>
fc'	15,77	Mpa			
d	300	mm			
φ	0,65				
fy	400	Mpa			
d'	50	mm			
D	19	mm			
n	16	buah			
Ast	4536,458848	mm <sup>2</sup>			
Ag	122500	mm <sup>2</sup>			
P <sub>0</sub>	3395825,827	N			
P <sub>0</sub>	3395,825827	Kn			

### Kekuatan Nominal Maksimum Penampang Kolom

P <sub>nmax</sub>	=	0,8 × P <sub>0</sub>	
	=	2716,660661	Kn
M <sub>nmax</sub>	=	P <sub>nmax</sub> × e <sub>min</sub>	
	=	95,08312314	Kn.m

### Kuat Rencana Kolom

φP <sub>nmax</sub>	=	1765,82943	Kn
--------------------	---	------------	----

### Eksentrisitas Minimum

e <sub>min</sub>	=	0,1 × h	
	=	35	mm

**Kapasitas Penampang pada Kondisi Seimbang (balance)**

$$Pnb = 0,85 \times f_c' \times ab \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y \quad f_s' = f_y$$

$$= 0,85 \times 15,77 \times 500 \times \frac{0,85 \times 600 \times 450}{600 + 400}$$

$$= 717810,975 \text{ N}$$

$$= 717,810975 \text{ Kn}$$

$$\phi Pnb = 466,5771338$$

$$Cb = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= 180$$

$$ab = 0,85 \times Cb$$

$$= 153$$

$$F_s' = E_s \times e' \times s$$

$$= 600 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

$$= 433,3333333 \text{ Mpa}$$

$$f_s' \geq f_y$$

$$f_s' = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$Mnb = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times x \left(y - \frac{a_b}{2}\right) + A_s' \times f_s' \times x (y - d') + A_s \times f_y \times x (d - y)$$

$$= 297527323,4 \text{ Kn.mm}$$

$$= 297,5273234 \text{ Kn.m}$$

$$\phi Mnb = 238,0218588 \text{ Kn.m}$$

$$eb = Mnb / Pnb$$

$$= 0,4145 \text{ m}$$

$$= 414,4926 \text{ mm}$$

**Kapasitas Penampang pada Momen Murni**

$$Mn = A_s \times f_y \times x \left(d - \frac{0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b}\right)$$

$$= 184194917,50 \text{ N}$$

$$= 184,19 \text{ Kn.m}$$

$$\phi Mn = 0,8 \times Mn$$

$$= 147,36 \text{ Kn.m}$$

	Mn	Pn	Mnφ	Pnφ	Mnφb	Pnφb
Tekan mumi	0	3395,826	0	2207,287	0	0
	95,083123	2716,661	88,29147	1765,829	193,3928	466,5771
	297,52732	717,811	193,3928	466,5771		
Tarik mumi	184,19	0	147,36	0		



## PERHITUNGAN AKSIAL KOLOM

### Data Kolom

b	300	mm	as'	1061,858	mm <sup>2</sup>
h	300	mm	as	1061,858	mm <sup>2</sup>
fc'	15,77	Mpa			
d	260	mm			
φ	0,65				
fy	400	Mpa			
d'	40	mm			
D	13	mm			
n	12	buah			
Ast	1592,787144	mm <sup>2</sup>			
Ag	90000	mm <sup>2</sup>			
P <sub>0</sub>	1822169,342	N			
P <sub>0</sub>	1822,169342	Kn			

### Kekuatan Nominal Maksimum Penampang Kolom

P <sub>nmax</sub>	=	0,8 × P <sub>0</sub>	
	=	1457,735474	Kn
M <sub>nmax</sub>	=	P <sub>nmax</sub> × e <sub>min</sub>	
	=	43,73206422	Kn.m

### Kuat Rencana Kolom

φP <sub>nmax</sub>	=	947,528058	Kn
--------------------	---	------------	----

### Eksentrisitas Minimum

e <sub>min</sub>	=	0,1 × h	
	=	30	mm

**Kapasitas Penampang pada Kondisi Seimbang (balance)**

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y$$

$$= 0,85 \times 15,77 \times 500 \times \frac{0,85 \times 600 \times 450}{600 + 400}$$

$$= 533231,01 \text{ N}$$

$$= 533,23101 \text{ Kn}$$

$$\phi P_{nb} = 346,6001565$$

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$= 156$$

$$a_b = 0,85 \times C_b$$

$$= 132,6$$

$$f_s' = E_s \times \epsilon_s$$

$$= 600 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

$$= 446,1538462 \text{ Mpa}$$

$$f_s' > f_y$$

$$f_s' = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$M_{nb} = 0,85 \times f_c' \times a_b \times b \times x \left(y - \frac{a_b}{2}\right) + A_s' \times f_s' \times x \times (y - d') + A_s \times f_y \times x \times (d - y)$$

$$= 138074948 \text{ Kn.mm}$$

$$= 138,074948 \text{ Kn.m}$$

$$\phi M_{nb} = 110,4599584 \text{ Kn.m}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}}$$

$$= 0,2589 \text{ m}$$

$$= 258,9402 \text{ mm}$$

**Kapasitas Penampang pada Momen Murni**

$$M_n = A_s \times f_y \times x \left(d - \frac{0,59 \times A_s \times f_y}{f_c' \times b}\right)$$

$$= 87934822,42 \text{ N}$$

$$= 87,93 \text{ Kn.m} \quad -87,9348$$

$$\phi M_n = 0,8 \times M_n$$

$$= 70,35 \text{ Kn.m}$$

	Mn	Pn	Mnφ	Pnφ	Mnφb	Pnφb
Tekan mumi	0	1822,169	0	1184,41	0	0
	43,732064	1457,735	28,42584	947,5281	89,74872	346,6002
	138,07495	533,231	89,74872	346,6002		
Tarik mumi	87,93	0	70,35	0		





PERHITUNGAN AKSIAL KOLOM

Data Kolom

b	300	mm	as'	530,929	mm <sup>2</sup>
h	300	mm	as	530,929	mm <sup>2</sup>
fc'	15,77	Mpa			
d	260	mm			
φ	0,65				
fy	400	Mpa			
d'	40	mm			
D	13	mm			
n	8	buah			
Ast	1061,858096	mm <sup>2</sup>			
Ag	90000	mm <sup>2</sup>			
P <sub>0</sub>	1616914,562	N			
P <sub>0</sub>	1616,914562	Kn			

Kekuatan Nominal Maksimum Penampang Kolom

P <sub>nmax</sub>	=	0,8 × P <sub>0</sub>	
	=	1293,531649	Kn
M <sub>nmax</sub>	=	P <sub>nmax</sub> × e <sub>min</sub>	
	=	38,80594948	Kn.m

Kuat Rencana Kolom

φP <sub>nmax</sub>	=	840,795572	Kn
--------------------	---	------------	----

Eksentrisitas Minimum

e <sub>min</sub>	=	0,1 × h	
	=	30	mm

Kapabilitas Penampang pada Kondisi Seimbang (balance)			
Pnb	=	$0,85 \times f'c' \times ab \times b + As' \times fs' - As \times fy$	fs'=fy
	=	$0,85 \times 28,22 \times 500 \times \frac{0,85 \times 600 \times 450}{600 + 400}$	
	=	533231,01	N
	=	533,23101	Kn
$\phi Pnb$	=	346,6001565	
$Cb$	=	$\frac{600}{600 + fy} \times d$	
	=	156	
ab	=	$0,85 \times Cb$	
	=	132,6	
Fs'	=	$Es \times \epsilon's$	
	=	$600 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$	
	=	446,1538462	Mpa
fs'	≥	fy	
fs'	=	fy	= 400 Mpa
Mnb	=	$0,85 \times f'c' \times a_g \times b \times x \left(y - \frac{a_g}{2}\right) + as' \times fs' \times x \times (y - d') + as \times fy \times x \times (d - y)$	
	=	91353191,76	Kn.mm
	=	91,35319176	Kn.m
$\phi Mnb$	=	73,08255341	Kn.m
eb	=	Mnb/Pnb	
	=	0,1713	m
	=	171,3201	mm
Kapabilitas Penampang pada Momen Murni			
Mn	=	$as \times fy \times x \left(d - \frac{0,59 \times as \times fy}{f'c' \times b}\right)$	
	=	49592016,10	N
	=	49,59	Kn.m
$\phi Mn$	=	0,8 x Mn	
	=	39,67	Kn.m

	Mn	Pn	Mnφ	Pnφ	Mnφb	Pnφb			
Tekan murni	0	1616,914562	0	1050,994	0	0			
	38,805949	1293,531649	25,22387	840,7956	59,37957	346,6002			
	91,353192	533,23101	59,37957	346,6002					
Tarik murni	49,59	0	39,67	0					



KAPASITAS GESER KOLOM LANTAI 1

Kuat Tekan Beton	$f_c'$	=	15,77	Mpa
Tegangan Leleh Baja $f_y$	$f_y$	=	240	Mpa
Faktor Reduksi Beton	$\phi$	=	0,75	

**Dimensi Kolom**

Lebar	$b$	=	350	mm
Tinggi	$h$	=	350	mm
Selimit Beton	$d'$	=	40	mm
Tinggi Efektif Beton	$d$	=	$h-d'$	310 mm

**Gaya Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_u$	=		Kn
---------------------------	-------	---	--	----

**Tulangan Geser Kolom**

**2o10 - 100**

Diameter Senggang	$d_s$	=	10	mm
Luas Penampang Senggang	$A_v$	=	$2(1/4\pi d_s^2)$	157,0796 mm <sup>2</sup>
Jarak Antar Senggang	$s$	=	100	mm

**Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan**

Kuat Geser Beton	$V_c$	=	$1/6((\sqrt{f_c'}) (b d))$	71,812 Kn
Kuat Geser Tulangan Geser	$V_s$	=	$(A_v f_y d)/s$	116,8672224 Kn

**Kuat Geser Rencana Kolom**

Kuat Geser Rencana Kolom	$V_n$	=	$V_c + V_s$	188,679 Kn
--------------------------	-------	---	-------------	------------

**Kuat Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_r$	=	$\phi V_n$	141,5090835 Kn
---------------------------	-------	---	------------	----------------

$V_u$      $V_r$

KAPASITAS GESER KOLOM LANTAI 2

Kuat Tekan Beton	$f_c'$	=	15,77	Mpa
Tegangan Leleh Baja $f_y$	$f_y$	=	240	Mpa
Faktor Reduksi Beton	$\phi$	=	0,75	

**Dimensi Kolom**

Lebar	$b$	=	300	mm
Tinggi	$h$	=	300	mm
Selimit Beton	$d'$	=	40	mm
Tinggi Efektif Beton	$d$	=	$h-d'$	260 mm

**Gaya Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_u$	=		Kn
---------------------------	-------	---	--	----

**Tulangan Geser Kolom**

**2ø10 - 100**

Diameter Senggang	$d_s$	=	10	mm
Luas Penampang Senggang	$A_v$	=	$2(1/4\pi d_s^2)$	157,0796 mm <sup>2</sup>
Jarak Antar Senggang	$s$	=	100	mm

**Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan**

Kuat Geser Beton	$V_c$	=	$1/6((\sqrt{f_c'}) (b d))$	51,625 Kn
Kuat Geser Tulangan Geser	$V_s$	=	$(A_v f_y d)/s$	98,0176704 Kn

**Kuat Geser Rencana Kolom**

Kuat Geser Rencana Kolom	$V_n$	=	$V_c + V_s$	149,643 Kn
--------------------------	-------	---	-------------	------------

**Kuat Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_r$	=	$\phi V_n$	112,2319256 Kn
---------------------------	-------	---	------------	----------------

$V_u$      $V_r$

KAPASITAS GESER KOLOM LANTAI 2

Kuat Tekan Beton	$f_c'$	=	15,77	Mpa
Tegangan Leleh Baja $f_y$	$f_y$	=	240	Mpa
Faktor Reduksi Beton	$\phi$	=	0,75	

**Dimensi Kolom**

Lebar	$b$	=	300	mm
Tinggi	$h$	=	300	mm
Selimit Beton	$d'$	=	40	mm
Tinggi Efektif Beton	$d$	=	$h-d'$	260 mm

**Gaya Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_u$	=		Kn
---------------------------	-------	---	--	----

**Tulangan Geser Kolom**

**2o10 - 100**

Diameter Senggang	$d_s$	=	10	mm
Luas Penampang Senggang	$A_v$	=	$2(1/4\pi d_s^2)$	157,0796 mm <sup>2</sup>
Jarak Antar Senggang	$s$	=	100	mm

**Kuat Geser Beton dan Baja Tulangan**

Kuat Geser Beton	$V_c$	=	$1/6[(\sqrt{f_c'}) \cdot (b \cdot d)]$	51,625 Kn
Kuat Geser Tulangan Geser	$V_s$	=	$(A_v \cdot f_y \cdot d) / s$	98,0176704 Kn

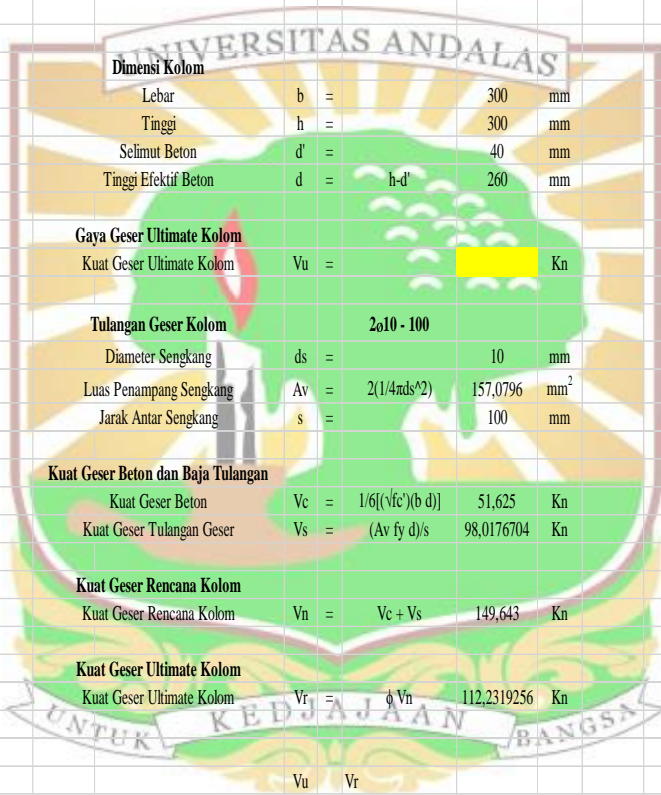
**Kuat Geser Rencana Kolom**

Kuat Geser Rencana Kolom	$V_n$	=	$V_c + V_s$	149,643 Kn
--------------------------	-------	---	-------------	------------

**Kuat Geser Ultimate Kolom**

Kuat Geser Ultimate Kolom	$V_r$	=	$\phi \cdot V_n$	112,2319256 Kn
---------------------------	-------	---	------------------	----------------

$V_u < V_r$



PERHITUNGAN BALOK

PERHITUNGAN KAPASITAS SLOOF

Data

Mu	=		
b	=	400	mm
h	=	600	mm
d'	=	40	mm
d	=	560	mm
f'c	=	15,77	Mpa
fy	=	400	Mpa
D	=	19	mm
Es	=	200000	Mpa
As	=	283,5289488	mm <sup>2</sup>

Tulangan tarik	=	8	As	=	2268,23159	mm <sup>2</sup>
Tulangan tekan	=	6	As'	=	1701,173693	mm <sup>2</sup>

Karena  $f'c < 30$  Mpa -----  $\beta = 0,85$

Asumsi, semua tulangan sudah leleh (fs=fs'-fy)

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$= 42,30354713 \text{ mm}$$

Tinggi Garis Netral

$$c = 49,76887898 \text{ mm}$$

Regangan Leleh Baja Tulangan

$$E_y = 0,002$$

Regangan Pada Baja Tulangan

$$E_s = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0,030756035 \text{ ok!!}$$

$$E'_s = 0,003 \frac{c-d'}{c} = 0,000588855 \text{ not ok!!}$$

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times A_s' - A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times A_s' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 21,15177356 a - 6472,442711 = 0$$

diperoleh  $a = \frac{70,56776418}{2}$  dipakai

$a = -91,71953775$  tidak dipakai

dan  $c = \frac{83,02089904}{\beta}$

$f_s = \frac{600 \times c - d'}{c}$

$= \frac{310,9161635}{1}$  ok...!

447,3975249

25889,77084

26337,16837

162,2873019

-21,15177356

#### Kapasitas Penampang Balok

$$M_n = 0,85 f_c' b a (d - 0,5a) + A_s' f_s (d - d')$$

$$= 473576609,4 \text{ N.mm}$$

$$= 473,5766094 \text{ Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 378,8612875 \text{ Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \text{ Kn.m}$$

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA



PERHITUNGAN KAPASITAS SLOOF S2

Data

Mu	=		
b	=	150	mm
h	=	200	mm
d'	=	40	mm
d	=	160	mm
fc'	=	15,77	Mpa
fy	=	400	Mpa
D	=	10	mm
Es	=	200000	Mpa
As	=	78,539875	mm <sup>2</sup>

Tulangan tarik	=	2	As	=	157,07975	mm <sup>2</sup>
Tulangan tekan	=	2	As'	=	157,07975	mm <sup>2</sup>

Karena  $fc' < 30$  Mpa -----  $\beta = 0,85$

Asumsi, semua tulangan sudah leleh (fs= fy)

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

= 0 mm

Tinggi garis netral

c = 0 mm

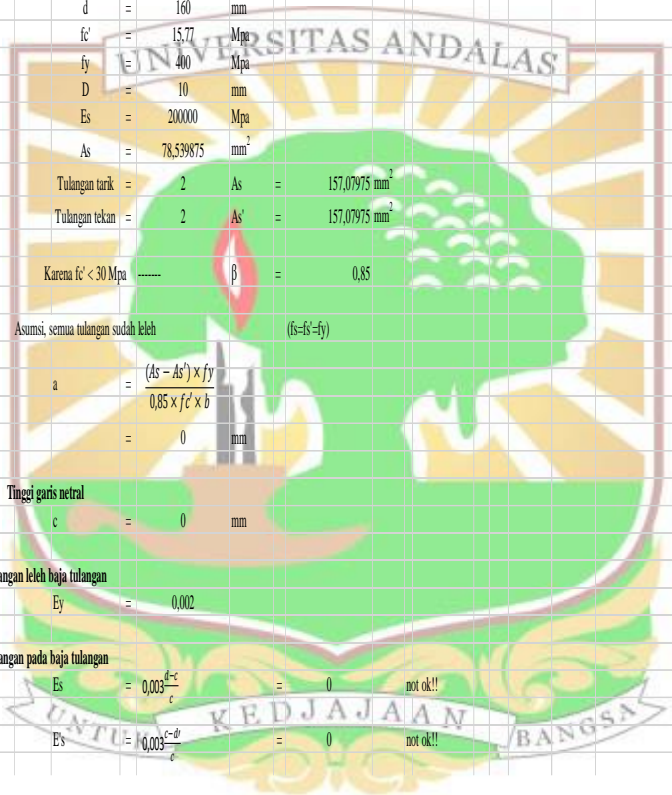
Regangan leleh baja tulangan

Ey = 0,002

Regangan pada baja tulangan

Es =  $0,003 \frac{d-c}{c}$  = 0 not ok!!

Es =  $0,003 \frac{c-d'}{c}$  = 0 not ok!!



Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times A_s' - A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times A_s' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 15,62457881 a - 1593,707039 = 0$$

244,127463

6374,828155

diperoleh

$$a = 32,86619268$$

dipakai

$$a = -48,49077149$$

tidak dipakai

6618,955618

81,35696416

dan

$$c = 38,66610903$$

-15,62457881

$$f_s = 600 \frac{c-d'}{c}$$

$$= -20,69860665$$

ok...!

Kapasitas penampang balok

$$M_n = 0,85 f_c' b a (d-0,5a) + A_s' f_s (d-d')$$

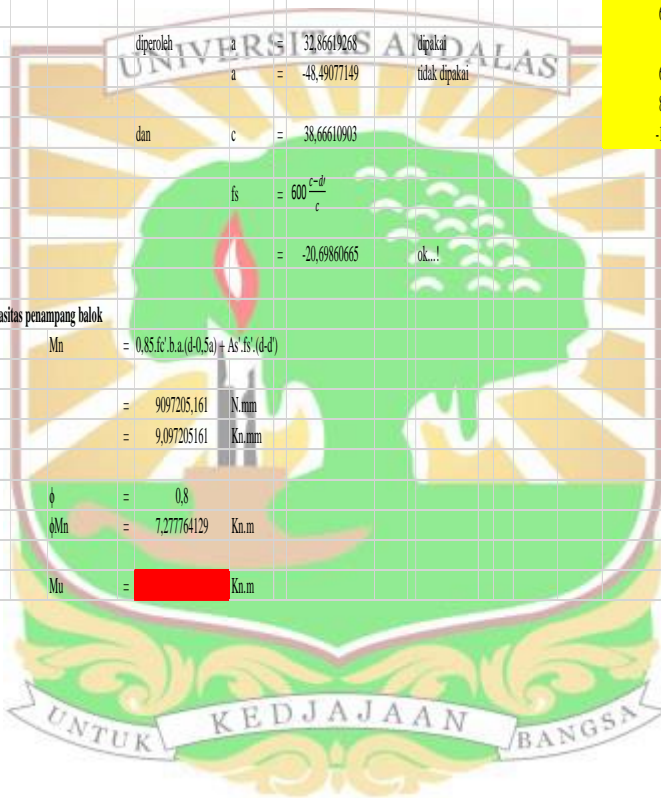
$$= 9097205,161 \text{ N.mm}$$

$$= 9,097205161 \text{ Kn.mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 7,277764129 \text{ Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \text{ Kn.m}$$



PERHITUNGAN KAPASITAS BALOK LANTAI 2 (B230X40)

Data

Mu	=		
b	=	300	mm
h	=	400	mm
d'	=	40	mm
d	=	360	mm
fc'	=	15,77	Mpa
fy	=	400	Mpa
D	=	13	mm
Es	=	200000	Mpa
As	=	132,7323888	mm <sup>2</sup>
Tulangan tarik	=	6	As = 796,3943325 mm <sup>2</sup>
Tulangan tekan	=	6	As' = 796,3943325 mm <sup>2</sup>
Karena fc' < 30 Mpa	-----	β	= 0,85

Asumsi, semua tulangan sudah leleh (fs=fs=fy)

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= 0 \text{ mm}$$

Tinggi Garis Netral

$$c = 0 \text{ mm}$$

Regangan Leleh Baja Tulangan

$$Ey = 0,002$$

Regangan Pada Baja Tulangan

$$Es = 0,003 \frac{d-c}{c} = 0 \text{ ok!!}$$

$$Es = 0,003 \frac{c-d'}{c} = 0 \text{ not ok!!}$$

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times A_s' - A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times A_s' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 39,60830728 a - 4040,047343 = 0$$

1568,818006

16160,18937

diperoleh  $a = 46,77100572$

dipakai

$$a = -86,37931301$$

tidak dipakai

17729,00738

133,1503187

dan  $c = 55,02471262$

-39,60830728

$$f_s = 600 \frac{c-d'}{c}$$

$$= 163,8323426$$

ok...!

#### Kapasitas Penampang Balok

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (d - 0,5a) + A_s \cdot f_y \cdot (d - d')$$

$$= 105063372,1 \text{ N.mm}$$

$$= 105,0633721 \text{ Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 84,05069769 \text{ Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \text{ Kn.m}$$



PERHITUNGAN KAPASITAS BALOK DAERAH TUMPUAN LANTAI 2 (B215X20)

Data

Mu	=		
b	=	150	mm
h	=	200	mm
d'	=	40	mm
d	=	160	mm
fc'	=	15.77	Mpa
fy	=	400	Mpa
D	=	10	mm
Es	=	200000	Mpa
As	=	78.539875	mm <sup>2</sup>

Tulangan tarik	=	2	As	=	157.07975	mm <sup>2</sup>
Tulangan tekan	=	2	As'	=	157.07975	mm <sup>2</sup>

Karena  $fc' < 30$  Mpa -----  $\beta$  = 0.85

Asumsi, semua tulangan sudah leleh ( $f_s = f_y$ )

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0.85 \times fc' \times b}$$

$$= 0 \text{ mm}$$

Tinggi garis netral

c = 0 mm

Regangan leleh baja tulangan

Ey = 0.002

Regangan pada baja tulangan

Es =  $0.003 \frac{d-c}{c}$  = 0 not ok!!

Es =  $0.003 \frac{c-d'}{c}$  = 0 not ok!!

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times As' - As \times fy}{0,85 \times fc' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times As' \times \beta \times d'}{0,85 \times fc' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 15,62457881 a - 1593,707039 = 0$$

diperoleh  $a = 32,86619268$  dipakai

$a = -48,49077149$  tidak dipakai

dan  $c = 38,66610903$

$$fs = 600 \frac{c-d'}{c}$$

$$= -20,69860665 \quad \text{ok...!}$$

244,127463

6374,828155

6618,955618

81,35696416

-15,62457881

**Kapasitas penampang balok**

$$Mn = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a \cdot (d - 0,5a) + As' \cdot fs \cdot (d - d')$$

$$= 9097205,161 \quad \text{N.mm}$$

$$= 9,097205161 \quad \text{Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi Mn = 7,277764129 \quad \text{Kn.m}$$

$$Mu = \text{[redacted]} \quad \text{Kn.m}$$



PERHITUNGAN KAPASITAS BALOK DAERAH LAPANGAN LANTAI 3 (B330X40)

<b>Data</b>					
Mu	=				
b	=	300	mm		
h	=	400	mm		
d'	=	40	mm		
d	=	360	mm		
fc'	=	15,77	Mpa		
fy	=	400	Mpa		
D	=	13	mm		
Es	=	200000	Mpa		
As	=	132,7323888	mm <sup>2</sup>		
Tulangan tarik	=	6	As = 796,3943325	mm <sup>2</sup>	
Tulangan tekan	=	6	As = 796,3943325	mm <sup>2</sup>	
Karena $fc' < 30$ Mpa	-----	$\beta$	=	0,85	
Asumsi, semua tulangan sudah leleh			(fs-fs'-fy)		
a	=	$\frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$			
	=	0	mm		
<b>Tinggi Garis Netral</b>					
c	=	0	mm		
<b>Regangan Leleh Baja Tulangan</b>					
Ey	=	0,002			
<b>Regangan Pada Baja Tulangan</b>					
Es	=	$0,003 \frac{d-c}{c}$	=	0	not ok!!
E's	=	$0,003 \frac{c-d'}{c}$	=	0	not ok!!

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times As' - As \times fy}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times As' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 39,60830728 a - 4040,047343 = 0$$

diperoleh  $a = 46,77100572$  dipakai

$a = -86,37931301$  tidak dipakai

dan  $c = 55,02471262$

$$fs = \frac{600 - d'}{c}$$

$$= 163,8323426 \text{ ok...!}$$

1568,818006

16160,18937

17729,00738

133,1503187

-39,60830728

#### Kapasitas Penampang Balok

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (d - 0,5a) + A_s \cdot f_s \cdot (d - d')$$

$$= 105063372,1 \text{ N.mm}$$

$$= 105,0633721 \text{ Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 84,05069769 \text{ Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \text{ Kn.m}$$

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA



PERHITUNGAN KAPASITAS BALOK DAERAH TUMPUAN LANTAI 3 (B215X20)

Data

Mu =

b = 150 mm

h = 200 mm

d' = 40 mm

d = 160 mm

fc' = 15,77 Mpa

fy = 400 Mpa

D = 10 mm

Es = 200000 Mpa

As = 78,539875 mm<sup>2</sup>

Tulangan tarik = 2 As = 157,07975 mm<sup>2</sup>

Tulangan tekan = 2 As' = 157,07975 mm<sup>2</sup>

Karena  $fc' < 30$  Mpa  $\beta = 0,85$

Asumsi, semua tulangan sudah leleh ( $fs = fs' = fy$ )

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

= 0 mm

Tinggi garis netral

c = 0 mm

Regangan leleh baja tulangan

Ey = 0,002

Regangan pada baja tulangan

Es =  $0,003 \frac{d-c}{c}$  = 0 not ok!!

Es =  $0,003 \frac{c-d'}{c}$  = 0 not ok !!

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times A_s' - A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times A_s' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 15,62457881 a - 1593,707039 = 0$$

diperoleh  $a = 32,86619268$  dipakai  
 $a = -48,49077149$  tidak dipakai

dan  $c = 38,66610903$

$$f_s = \frac{600 \times c - d'}{c}$$

$$= -20,69860665 \quad \text{ok...!}$$

Kapasitas penampang balok

$$M_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \cdot (d - 0,5a) + A_s' \cdot f_s \cdot (d - d')$$

$$= 9097205,161 \quad \text{N.mm}$$

$$= 9,097205161 \quad \text{Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 7,277764129 \quad \text{Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \quad \text{Kn.m}$$

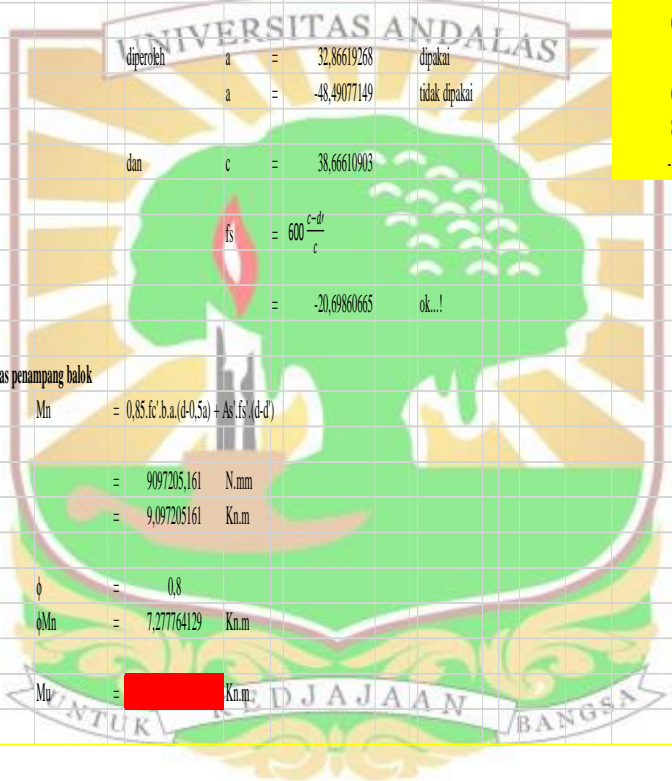
244,127463

6374,828135

6618,955618

81,35696416

-15,62457881



PERHITUNGAN KAPASITAS RING BALOK

$\theta$				
$\mu$	=			
$b$	=	150	mm	
$h$	=	200	mm	
$d'$	=	40	mm	
$d$	=	160	mm	
$f_c'$	=	15,77	Mpa	
$f_y$	=	400	Mpa	
$D$	=	13	mm	
$E_s$	=	200000	Mpa	
$A_s$	=	132,7323888	mm <sup>2</sup>	
Tulangan tarik	=	2	$A_s = 265,4647775$	mm <sup>2</sup>
Tulangan tekan	=	2	$A_s' = 265,4647775$	mm <sup>2</sup>
Karena $f_c' < 30$ Mpa	-----	$\beta$	=	0,85
Asumsi, semua tulangan sudah leleh				$(s-s'-f_y)$
$a$	=	$\frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$		
	=	0	mm	
Tinggi garis netral				
$c$	=	0	mm	
Regangan leleh baja tulangan				
$E_y$	=	0,002		
Regangan pada baja tulangan				
$E_s$	=	$0,003 \frac{d-c}{c}$	=	0 not ok!!
$E_s'$	=	$0,003 \frac{c-d'}{c}$	=	0 not ok!!

Ternyata baja tulangan tekan belum leleh, meskipun baja tulangan tarik sudah leleh, sehingga nilai  $a$  yang dihitung tidak benar :

$$a^2 + \left( \frac{600 \times A_s' - A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right) \times a - \left( \frac{600 \times A_s' \times \beta \times d'}{0,85 \times f_c' \times b} \right) = 0$$

$$a^2 + 26,40553819 a - 2693,364895 = 0$$

diperoleh  $a = 40,34793592$

dipakai

$$a = -66,75347411$$

tidak dipakai

dan  $c = 47,4681599$

$$f_s = 600 \frac{c-d}{c}$$

$$= 94,397928$$

ok...!

697,2524471

10773,45958

11470,71203

107,10141

-26,40553819

Kapasitas penampang balok

$$M_n = 0,85 f_c' b a (d - 0,5a) + A_s f_s (d - d')$$

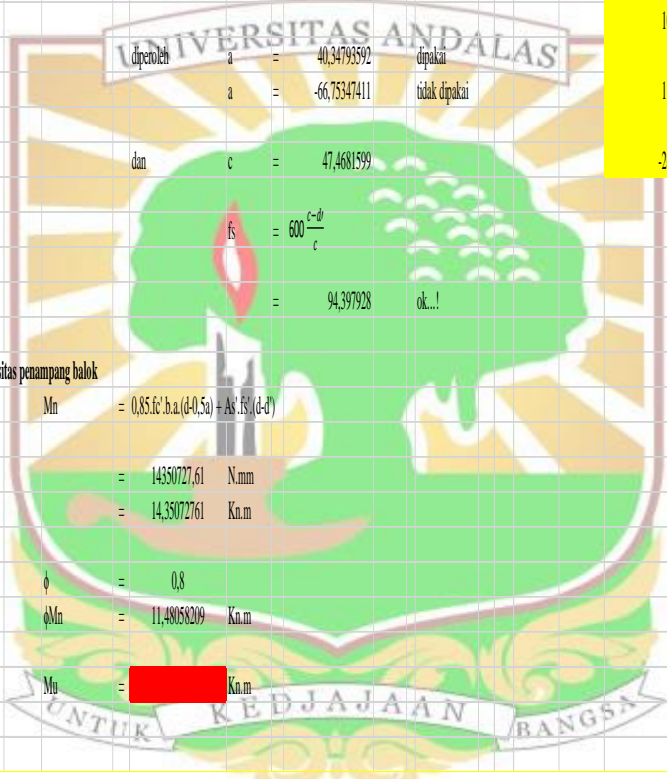
$$= 14350727,61 \text{ N.mm}$$

$$= 14,35072761 \text{ Kn.m}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\phi M_n = 11,48058209 \text{ Kn.m}$$

$$M_u = \text{[redacted]} \text{ Kn.m}$$





KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS ANDALAS - FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

Alamat: Gedung Jurusan Teknik Sipil, Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163  
Telepon: 0751-72664; Fax: 0751-72566; Email: [tekniksipil@eng.unand.ac.id](mailto:tekniksipil@eng.unand.ac.id)  
Website: <http://sipil.ft.unand.ac.id>

**HASIL PEMERIKSAAN  
KESAMAAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas telah melakukan pemeriksaan 'kesamaan' (*similarity*) dengan menggunakan aplikasi Turnitin terhadap laporan Skripsi/Tugas Akhir dari mahasiswa berikut:

Nama : Lukman Nulhakim  
No BP : 1710922010  
Judul Skripsi : Evaluasi Kelayakan Struktur Gedung Rumah Sakit Melati Sungai Penuh

Pemeriksaan dengan Turnitin menghasilkan *index similarity* sebesar 22 %. Angka ini sudah memenuhi persyaratan kesamaan maksimum 30% yang ditetapkan oleh Universitas Andalas

Padang, 21 Januari 2021  
Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Dr. Eng FAUZAN, MSc. Eng.  
NIP. 197406121998021002