

## **Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Berdinding Geser Tidak Simetris dengan Menggunakan Metode Statik Ekuivalen**

**Siti Zalfa Mardhatillah<sup>1)</sup>**

**Mohd. Isneini<sup>2</sup>**

**Surya Sebayang<sup>3</sup>**

**Chatarina Niken DWSBU<sup>4</sup>**

### **Abstract**

*Analysis of an earthquake loads effect with asymmetrical shear walls is to determine the strength of the building's structure against earthquake forces. This research reviews the non-surgical inpatient building of RSUD Abdul Moeloek Bandar Lampung with 4 floors by reviewing the increase in moment and shear by considering the dimensions and reinforcement of slabs, columns and beams. The building uses a shear wall at one row in x grid and one row in y grid between the 1st and 2nd floors. Calculation of earthquake loads using the static equivalent method and the data is processed using outlying method. Moments and shears under non-earthquake and seismic conditions were compared. This research was compared with the results of Hakas' research which examined the effects of earthquakes on a 12-story building with a shear wall located in the middle of the building and installed from the 1st to 12th floors. The results of this research are the column moment increased by 222.5%, the shear force was 242.25% when resisting the earthquake. there was an increase in the moment and shear respectively 5 times and 3 times greater than the Hakas' research. The increase in moment and shear of the column near the ramp stairs reached 1153% and 780%. Inter-story drift in the x direction is below the inter-story drift limit except for column on the 5'th floor , which is the column in the additional building. while the y-direction for 2nd, 3rd, 5th and 5' th floor is a floor that does not have a shear wall exceeding the inter-story drift limit. The largest inter-story drift occurs in the 5' th floor in both the x and y directions. inter-story drift values that are too large may cause the floor to be cut off in the event of a large earthquake. As the result of increasing shear forces causing beams and columns that were originally safe to be unsafe, so it is necessary to add dimensions or use an additional structural strengthening.*

*Key words:concrete, multi story building, earthquake load,shear wall, static equivalent.*

### **Abstrak**

Pengaruh beban gempa dengan dinding geser tidak simetris dipelajari untuk mengetahui kekuatan struktur gedung tersebut terhadap gaya gempa. Penelitian mengambil kasus Gedung rawat inap non bedah RSUD Abdul Moeloek Bandar Lampung 4 lantai dengan meninjau peningkatan momen dan geser dengan mempertimbangkan dimensi dan tulangan pada pelat, kolom dan balok. Gedung memakai dinding geser pada salah satu ujung pada lantai 1 dan 2. Perhitungan beban gempa menggunakan metode statik ekuivalen dan data diolah dengan metode *outlying*. Momen dan geser pada kondisi tanpa gempa dan dengan gempa dibandingkan. Penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) yang meneliti pengaruh gempa pada Gedung 12 lantai dengan dinding geser terletak di tengah bangunan dan terpasang dari lantai 1 s.d 12. Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada penelitian (Prayuda et al., 2020). Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' yaitu lantai yang tidak memiliki dinding geser melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan baik arah x maupun y. Perubahan simpangan yang besar antar lantai, dapat menyebabkan lantai tersebut terpotong bila terjadi gempa besar. Perubahan gaya geser menyebabkan balok dan kolom yang semula aman menjadi tidak aman, sehingga perlu dilakukan penambahan dimensi atau penggunaan perkuatan struktur.

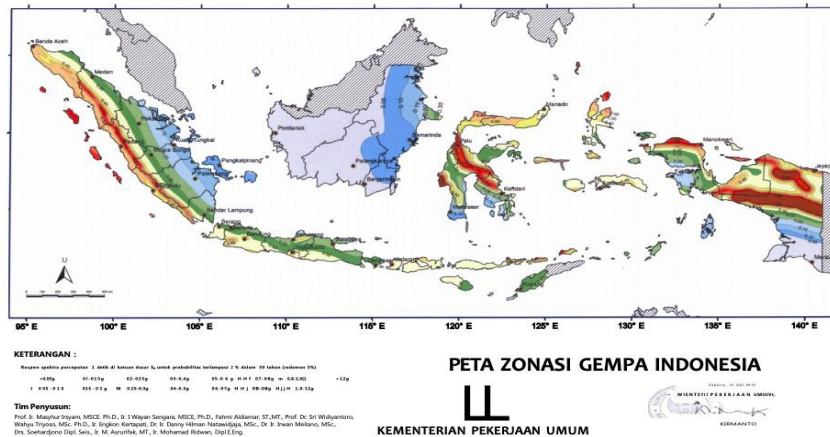
Kata kunci: beton, gedung bertingkat, beban gempa, dinding geser, statik ekuivalen.

<sup>1)</sup> Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

<sup>2,3,4)</sup> Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar lampung.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak di pertemuan 3 lempeng yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik. Selain karena pertemuan lempeng tersebut, Indonesia juga dilintasi oleh pegunungan. Hal ini membuat Indonesia rawan terhadap gempa bumi baik tektonik maupun vulkanik. Zona rawan gempa di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Zona gempa Indonesia  
 Sumber : *website e-ppid PUPR*

Gempa yang pernah terjadi di Indonesia dengan jumlah korban dan bangunan rusak disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Gempa yang pernah terjadi di Indonesia

| Tanggal           | Magnitudo | Lokasi              | Korban (orang) |           | Bangunan rusak (buah) |              |              |
|-------------------|-----------|---------------------|----------------|-----------|-----------------------|--------------|--------------|
|                   |           |                     | Meninggal      | Luka-luka | Rusak berat           | Rusak sedang | Rusak ringan |
| 30 September 2009 | 7,6       | Padang Pariaman     | 1115           |           | 135.229               | 65.306       | 78.591       |
| 9 November 2009   | 6,7       | Pulau Sumbawa       | 1              | 80        | 282                   |              |              |
| 25 Oktober 2010   | 7,7       | Kep. Mentawai       | 509            | 17        | 879                   | 116          | 274          |
| 2 Juli 2013       | 6,2       | Aceh                | 39             | >400      | >3000                 |              |              |
| 7 Desember 2016   | 6,5       | Kab. Pidie jaya     | 104            |           |                       |              |              |
| 23 Januari 2018   | 6,4       | Banten              |                |           | 106                   |              | 1125         |
| 29 Juli 2018      | 6,4       | Lombok              | 20             | 401       |                       | 1454         |              |
| 19 Agustus 2018   | 7,0       | Lombok              | >600           | 1033      |                       | 22721        |              |
| 28 September 2018 | 7,4       | Donggala            | 2073           |           |                       | 65733        |              |
| 14 Juli 2019      | 7,3       | Halmahera           | 10             | 129       |                       | 900          |              |
| 2 Agustus 2019    | 6,9       | Banten/ Selat sunda | 5              | 4         |                       | >300         |              |
| 26 September 2019 | 6,5       | Maluku              | 34             | 161       | 853                   | 1823         |              |
| 15 Januari 2021   | 6,2       | Mamuju              | 105            |           |                       | >300         |              |
| 10 April 2021     | 6,1       | Jawa Timur          | 10             | 105       | 2413                  | 5160         | 8968         |
| 26 Agustus 2021   | 5,8       | Tojo Una-una        |                |           | 2                     | 1            | 25           |
| 14 Desember 2021  | 7,4       | Larantuka           |                | 7         | 142                   |              | 2            |
| 14 Januari 2022   | 6,6       | Banten              |                | 10        |                       | 3178         |              |

Jumlah bangunan rusak sangat banyak setiap terjadi gempa, kerusakan bangunan dapat menyebabkan peningkatan korban jiwa (Tabel 1). Gedung bertingkat menjadi salah satu

bangunan yang rawan mengalami keruntuhan saat terjadi gempa. Karena kerawanan tersebut, Pemerintah Indonesia telah membuat standard ketahanan gedung dan non-gedung (SNI 2847, 2019; SNI 1726, 2019)

Analisis gempa dapat dilakukan dengan analisis statik dan analisis dinamik. Analisis statik ekuivalen hanya diperbolehkan untuk bangunan dengan ketinggian tidak lebih dari 40 meter diukur dari taraf penjepitan lateral. Metode ini hanya memperhitungkan mode 1 saja sehingga pada bangunan yang rendah dan cenderung kaku sangat cocok dengan metode ini. Untuk bangunan lebih dari 10 tingkat harus menggunakan analisis dinamis (Safira, 2018). Analisis statik ekuivalen sesuai SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a) meliputi perhitungan: periode fundamental (T), gaya geser dasar (V), dan distribusi gaya gempa/gaya lateral (Fi). Beberapa peneliti telah memberikan perhatian untuk meninjau pengaruh gempa pada momen dan geser seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Peningkatan momen dan geser dari beberapa peneliti

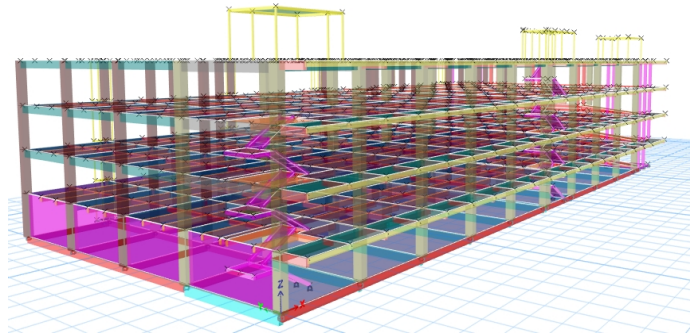
| Peneliti                                 | Jumlah lantai dan metode                                                                         |             | Balok                      | Kolom                        |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|------------------------------|
| Alvino Wafi (Wafi, 2021)                 | 7 Lantai, metode statik ekuivalen                                                                | Mu<br>Vu    | 108-1158%<br>905-2334%     | 412-1984<br>630-1111%        |
| Farhan Nurrohmat, (Nurrohmat, 2020)      | 5 Lantai, metode statik ekuivalen                                                                | Tul. Lentur | 25-28%                     | 20%                          |
| Kamila Shaomi, (Nazila, 2019)            | 10 Lantai, berbagai zona gempa di Indonesia                                                      | Mu<br>Vu    | 220%<br>100%               | 380%<br>170%                 |
| Hakas Prayuda, (Prayuda et al., 2020)    | 12 Lantai, dengan dinding geser                                                                  | Tul. Lentur | 25-75%                     | 25-50%                       |
| Yaseer Alashker, (Alashker et al., 2019) | 5 Lantai, Saudi Arabia                                                                           | Mu dan Vu   | -                          | >1000%                       |
| Nadya Safira, (Safira, 2018)             | 3 Lantai, metode statik ekuivalen                                                                | Tul. Lentur | 283%                       | 815%                         |
| Ida Bagus, (Giri, 2018)                  | 7 Lantai, perbandingan perilaku struktur bangunan tanpa dan dengan dinding geser beton bertulang | Mu          | Penurunan momen 10-45%     | Penurunan momen 34-521%      |
|                                          |                                                                                                  | Vu          | Penurunan gaya geser 6-28% | Penurunan gaya geser 25-105% |
| Ali Kifah, (Kadhum & Razzaq, 2018)       | 20 Lantai, Irak, dengan dinding geser                                                            | Tul. Lentur | 38-96%                     | 298-425%                     |
|                                          |                                                                                                  | Tul. Geser  | 363-612%                   | 11-101%                      |

Kecuali penelitian (Giri, 2018); hasil penelitian semua peneliti menunjukkan peningkatan momen, geser dan luasan tulangan (Tabel 2). Penelitian (Giri, 2018) memakai dinding geser.

## 2. MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini memakai studi kasus Gedung Rawat Inap Non Bedah RSUD Dr. H. Abdul Moeloek yang terletak di Jl. Dr. Rivai No.6, Penengahan, Kecamatan Tanjung Karang Pusat Bandar Lampung. Gedung ini memiliki 5 lantai dengan tambahan lantai 5' pada ba-

gian ujung atap (Gambar 1). Struktur dianggap beraturan sehingga dapat menggunakan metode statik ekuivalen dalam perhitungannya. Metode ini berdasarkan SNI-1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Gedung memakai dinding geser pada salah satu sudut bangunan pada lantai 1 dan 2. Jenis tanah diasumsikan tanah sedang.



Gambar 2. Pemodelan gedung

Kombinasi pembebanan yang berdasarkan Tabel 5.3.1. SNI 2847, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019b). Untuk kondisi tanpa gempa dipakai Persamaan 1 dan 2, dan untuk dengan gempa dipakai Persamaan 1, 2, 5 dan 6.

$$U = 1.4D \quad (1)$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ atau } R) \quad (2)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W) \quad (3)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ atau } R) \quad (4)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L \quad (5)$$

$$U = 0.9D + 1.0E \quad (6)$$

$$U = 0.9D + 1.0W \quad (7)$$

Analisis pemodelan struktur menggunakan aplikasi penunjang SAP 2000 dan ETABS. Momen dan geser pada balok dan kolom tanpa beban gempa dibandingkan dengan saat terjadi gempa. Pengaruh gempa pada bangunan diperoleh dengan mengolah data momen dan geser pada semua balok dan kolom menggunakan kriteria Dixon berdasarkan (ASTM E178, 2002). Hasil penelitian dibandingkan dengan Penelitian (Prayuda et al., 2020), 12 lantai dengan memakai dinding geser menerus dari lantai 1 – 12 pada bagian tengah bangunan.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN DISKUSI

#### 3.1.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) menunjukkan kenaikan momen dan geser balok berturut-turut 42.46% dan 77.2%. Pada bangunan dengan dinding geser tidak simetri terjadi peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada bangunan dengan dinding geser di tengah.

Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan

baik arah x maupun y. Simpangan pada lantai yang tidak terdapat dinding geser pada arah y, lebih besar dari simpangan izin.

### 3.1.2 . Hasil Pengolahan

Hasil pengolahan untuk kolom disajikan pada Tabel 3 dan 4 dan balok Tabel 5 dan 6.

Tabel 3. Pengolahan data momen kolom dengan kriteria dixon.

| Jenis kolom | Tanpa beban gempa (kNm) | Dengan beban gempa (kNm) | Kenaikan, % | Urut, % | Keterangan            | 5% sig level : 0,642 |
|-------------|-------------------------|--------------------------|-------------|---------|-----------------------|----------------------|
| K1          | 473,1036                | 1199,9903                | 153         | 90      | Terkecil dicurigai    | 0,071 <0,642         |
| K2          | 209,546                 | 769,595                  | 267         | 153     | Terbesar dicurigai    | 0,739 >0,642         |
| K3          | 61,6021                 | 766,2456                 | 1153        | 267     | Terbesar ditolak      |                      |
| K4          | 66,570                  | 308,1613                 | 367         | 367     | Pengolahan 4 data     |                      |
| KP          | 7,812                   | 14,866                   | 90          | 1153    | Terkecil dicurigai    | 0,274 <0,642         |
|             |                         |                          |             |         | Terbesar dicurigai    | 0,361 <0,642         |
|             |                         |                          |             |         | Keempat data diterima |                      |
|             |                         |                          | rata-rata   | 222,5   |                       |                      |

Tabel 4. Pengolahan data gaya geser kolom dengan kriteria dixon.

| Jenis kolom | Tanpa beban gempa (kN) | Dengan beban gempa (kN) | Kenaikan, % | Urut, % | Keterangan            | 5% sig level : 0,642 |
|-------------|------------------------|-------------------------|-------------|---------|-----------------------|----------------------|
| K1          | 252,576                | 570,94                  | 126         | 126     | Terkecil dicurigai    | 0,119 <0,642         |
| K2          | 111,95                 | 442,529                 | 295         | 204     | Terbesar dicurigai    | 0,667 >0,642         |
| K3          | 50,8121                | 447,179                 | 780         | 295     | Terbesar ditolak      |                      |
| K4          | 58,5156                | 260,367                 | 344         | 344     | Pengolahan 4 data     |                      |
| KP          | 3,977                  | 12,1529                 | 204         | 780     | Terkecil dicurigai    | 0,358 <0,642         |
|             |                        |                         |             |         | Terbesar dicurigai    | 0,225 <0,642         |
|             |                        |                         |             |         | Keempat data diterima |                      |
|             |                        |                         | rata-rata   | 242,25  |                       |                      |

Kenaikan momen dan geser terbesar terjadi pada kolom K3 yang terletak di daerah tangga ramp (Tabel 3 dan 4).

Tabel 5. Pengolahan data momen balok dengan kriteria dixon.

| Jenis balok | Momen | Tanpa beban gempa (kNm) | Dengan beban gempa (kNm) | Kenaikan, % | Urut, % | Keterangan          | 5% sig level : 0,521 |
|-------------|-------|-------------------------|--------------------------|-------------|---------|---------------------|----------------------|
| B1          | Mu-   | 579,03                  | 843,617                  | 45          | 24      | Terkecil            |                      |
|             | Mu+   | 375,032                 | 582,484                  | 55          | 33      | dicurigai           | 0,290 <0,521         |
| B2          | Mu-   | 479,662                 | 598,237                  | 24          | 34      | Terbesar            | 0,12 <0,521          |
|             | Mu+   | 315,021                 | 465,18                   | 47          | 35      | dicurigai           |                      |
| B3          | Mu-   | 212,696                 | 290,643                  | 36          | 36      |                     |                      |
|             | Mu+   | 186,977                 | 265,385                  | 41          | 39      |                     |                      |
| B4          | Mu-   | 158,96                  | 222,508                  | 39          | 41      | Semua data diterima |                      |
|             | Mu+   | 106,98                  | 161,325                  | 50          | 45      |                     |                      |
| B5          | Mu-   | 10,555                  | 16,679                   | 58          | 47      |                     |                      |
|             | Mu+   | 9,464                   | 14,756                   | 55          | 50      |                     |                      |
| BJ1         | Mu-   | 51,27                   | 69,634                   | 35          | 55      |                     |                      |
|             | Mu+   | 23,351                  | 31,005                   | 34          | 55      |                     |                      |
| BP1         | Mu-   | 207,94                  | 278,048                  | 33          | 58      |                     |                      |
|             |       |                         | rata-rata                |             | 42,462  |                     |                      |

Tabel 6. Pengolahan data gaya geser balok dengan kriteria dixon.

| Jenis balok | Tanpa beban gempa (kN) | Dengan beban gempa (kN) | Kenaikan, % | Urut, % | Keterangan         | 5% sig level : 0,507 |
|-------------|------------------------|-------------------------|-------------|---------|--------------------|----------------------|
| B1          | 377,14                 | 645,118                 | 71          | 55      | Terkecil dicurigai | $0,06 < 0,507$       |
| B2          | 320,49                 | 523,3277                | 63          | 63      | Terbesar dicurigai | $0,647 > 0,507$      |
| B3          | 152,1625               | 281,1164                | 84          | 71      | Terbesar ditolak   |                      |
| B4          | 119,383                | 242,2902                | 102         | 84      | 6 data             |                      |
| B5          | 12,5612                | 36,2723                 | 188         | 88      | Terkecil dicurigai | $0,17 < 0,560$       |
| BJ1         | 38,3688                | 59,7483                 | 55          | 102     | Terbesar dicurigai | $0,298 < 0,560$      |
| BP1         | 123,1413               | 232,2695                | 88          | 188     |                    |                      |
|             |                        | rata-rata               |             | 77,167  |                    |                      |

Kenaikan momen dan geser pada balok tidak sebesar pada kolom, dan tidak ada kenaikan yang menonjol seperti pada kolom (Tabel 5 dan 6).

### 3.1.3 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai ( $\delta_x$ ) didapat dari *output* dari ETABS, nilai  $C_d = 5.5$  dan  $I_e = 1.5$  diperoleh dari SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Perhitungan simpangan antar lantai arah x dan y dapat dilihat pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Perhitungan Nilai  $\delta$  arah x

| Lantai | $\delta_x$ (mm) | $\delta_x$ (mm) | $\Delta x$ (mm) | $h_{sx}$ (mm) | $\Delta a$ (mm) | $\Delta x \leq \Delta a$ |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 5'     | 108,778         | 398,8527        | 280,852         | 3500          | 35              | Not Ok                   |
| 5      | 32,182          | 118,0007        | 33,121          | 4200          | 42              | Ok                       |
| 4      | 22,949          | 84,146          | 41,88           | 4200          | 42              | Ok                       |
| 3      | 11,536          | 42,29867        | 36,08733        | 4200          | 42              | Ok                       |
| 2      | 1,694           | 6,211333        | 6,211333        | 4200          | 42              | Ok                       |
| 1      | 0               | 0               | 0               | 4200          | 42              | Ok                       |

Tabel 8. Perhitungan Nilai  $\delta$  arah y

| Lantai | $\delta_y$ (mm) | $\delta_y$ (mm) | $\Delta y$ (mm) | $h_{sy}$ (mm) | $\Delta a$ (mm) | $\Delta y \leq \Delta a$ |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| 5'     | 119,173         | 436,9677        | 285,824         | 3500          | 35              | Not Ok                   |
| 5      | 41,221          | 151,1437        | 41,382          | 4200          | 42              | Ok                       |
| 4      | 29,935          | 109,7617        | 50,33967        | 4200          | 42              | Not Ok                   |
| 3      | 16,206          | 59,422          | 43,93033        | 4200          | 42              | Not Ok                   |
| 2      | 4,225           | 15,49167        | 15,49167        | 4200          | 42              | Ok                       |
| 1      | 0               | 0               | 0               | 4200          | 42              | Ok                       |

Hanya lantai 5' yang tidak aman simpangan antar lantainya untuk arah x (Tabel 7). Sedangkan pada arah y, lantai 3, 4 dan 5' menunjukkan simpangan antar lantai melebihi simpangan izin (Tabel 8).

### **3.2.1 Diskusi**

Ketahanan terhadap gempa dapat diketahui dari daktilitas struktur. Struktur rangka dapat dengan mudah dibuat ulet dengan merinci tulangan dengan benar di posisi yang tepat dan detil. Karena penelitian ini memakai dinding geser, maka pembahasan ditekankan pada dinding geser.

Bila ketinggian bangunan melampaui batas tertentu, struktur berbingkai kolom menjadi semakin besar sehingga tidak lagi layak secara praktis dalam suatu struktur. Dalam hal ini dinding geser berperan. Dinding geser memberikan kekakuan yang cukup pada rangka bangunan yang menahan beban melalui pembengkokan bidang (Baiq, 2020). Posisi dinding geser di satu ujung pada penelitian ini serta dengan penelitian (Prayuda et al., 2020) yang memasang dinding geser pada bagian tengah masa bangunan membuat pembengkokan bidang berbeda, dan menghasilkan peningkatan gaya dalam yang berbeda. Peningkatan momen dan geser penelitian ini berturut-turut 5.2 kali dan 3.1 kali peningkatan momen dan gaya geser pada penelitian Prayuda. Pemasangan dinding geser pada satu ujung menyebabkan deformasi menjadi tidak simetris.

Dinding geser secara inheren membuat struktur lebih kaku. Jadi, harus ada keseimbangan antara jumlah dinding geser dan elemen rangka yang ada dalam struktur untuk desain yang aman dan ekonomis dari struktur bertingkat (Baiq, 2020).

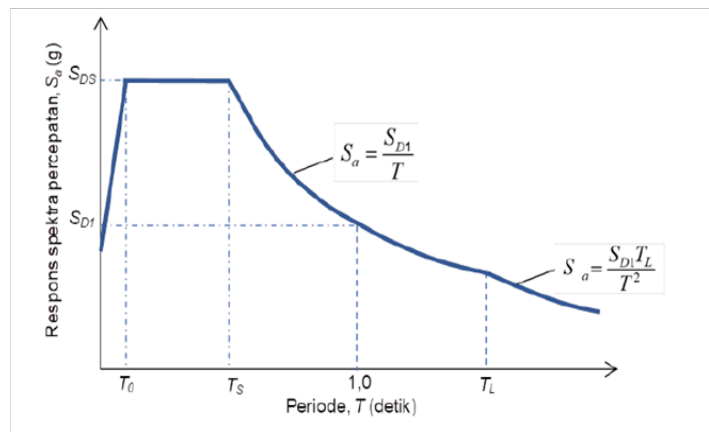
Deskripsi yang tepat dari sistem dinding geser beton bertulang (RCSW) di bawah beban dinamis yang parah tetap menjadi pertanyaan. Penelitian untuk menjawab hal tersebut cukup sulit karena mekanisme yang mendasarinya adalah multi-skala intrinsik, mulai dari ketidakaturan bangunan hingga dinding inti individu, dan bahkan hingga skala milimeter geser nonlinier, retakan dan tekuk kolom yang progresif (Tong, 2018).

Dinding geser membawa beban seismik dan angin dengan menggabungkan aksi-geser-lentur aksial dan menarik sebagian besar beban lateral yang pada gilirannya menyebabkan pengurangan momen dan tuntutan geser dari berbagai elemen struktur. Penempatan dinding geser yang tidak tepat menimbulkan eksentrisitas pada bangunan yang merupakan penyebab utama terjadinya sistem puntir (Tajzadah, 2019).

Tingkat kinerja berkaitan dengan situasi kerusakan yang dapat terjadi pada struktur setelah gempa. Dalam desain struktur berbasis kinerja, diperkirakan bahwa lebih dari satu tingkat kerusakan dapat muncul di bawah satu efek gempa (Çavdar et al., 2018). Hal ini terjadi pada penelitian ini dimana simpangan lantai 3, 4 dan 5 pada arah y melebihi simpangan izin; sedangkan pada arah x hanya kolom 5' yang merupakan bangunan anak di bagian ujung (Gambar 1) yang melebihi simpangan izin. Hasil ini menunjukkan bangunan tambahan dapat runtuh karena deformasi yang sangat besar. Lantai 1 dan 2 terdapat dinding geser, dan simpangan yang terjadi cukup aman. Hal ini disebabkan dinding geser diletakkan di salah satu ujung pada lantai 1 dan 2. Lantai 1 dan 2 pada arah y menunjukkan angka yang aman. Dengan demikian dapat disarankan agar dinding geser dipasang menerus dari lantai 1 hingga 5.

### **3.2.2 Analisis Beban Seismik**

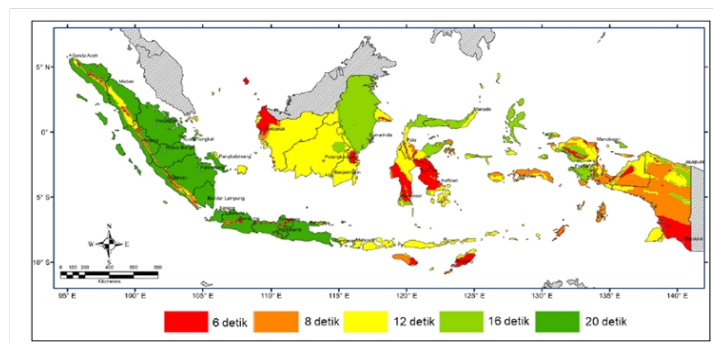
Berdasarkan SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a) analisis beban seismik adalah menentukan: kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ), parameter percepatan gempa yang terjadi di dalam tanah yaitu  $S_s$  dan  $S_1$ , kelas situs, koefisien situs dan parameter percepatan respon spektra (Gambar 1), parameter percepatan respon desain, kategori desain seismik. Respon Spektral Desain dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon Spektra Desain

Sumber : SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a)

$T_L$  (*long-period transition*) adalah periode transisi yang merupakan awal penyambungan dari kurva respon spektrum periode panjang ke kurva respon.  $T_L$  wilayah Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Transisi Periode Panjang ( $T_L$ ) Wilayah Indonesia

Sumber : SNI 1726:2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a)

### 3.2.3 Perbandingan dengan Penelitian Hakas (2019)

Penempatan dinding geser pada inti struktur secara simetris memberikan kinerja terbaik untuk mereduksi *displacement* dan *story-drift*. Dinding geser tersebut mengurangi perpindahan hingga 61,16% (X-dir) dan 70,60% (Y-dir). Penempatan dinding geser di pinggir secara simetris akan mengurangi perpindahan hingga 53,85% (X-dir) dan 47,87% (Y-dir) sedangkan penempatan dinding geser di pinggir secara asimetris mengurangi perpindahan hingga 59,42% (X-dir) dan 66,99% (Y-dir) (Tarigan et al., 2018). Pengurangan perpindahan pada dinding geser di pinggir asimetris ternyata lebih besar dari pada simetris namun bentuk asimetris dapat menyebabkan puntir. Penelitian (Prayuda et al., 2020) menunjukkan peningkatan momen dan geser yang relatif kecil. Hal ini disebabkan dinding geser diletakkan di bagian tengah dan menerus dari lantai 1 hingga lantai 12.

Dengan demikian hasil penelitian (Prayuda et al., 2020) sesuai dengan penelitian (Tarigan et al., 2018).

Pada dasarnya waktu, arah dan besar gempa belum dapat diprediksi hingga saat ini, sehingga pemilihan posisi dinding geser di salah satu ujung mengandung resiko yang harus diperhatikan. Provinsi Lampung termasuk daerah transisi periode panjang 20 detik (Gambar 3). Hal ini perlu dipertimbangkan dalam penempatan dinding geser agar bangunan tahan terhadap gempa. Bangunan tahan gempa memiliki Filosofi sebagai berikut (Pawirodikromo, 2012) :

1. Ketika menahan gempa kecil, bagian struktur utama bangunan tetap berfungsi dengan baik dan tidak mengalami kerusakan. Pada bagian non struktur, jika terdapat kerusakan kecil masih dapat ditoleransikan.
2. Ketika terjadi gempa menengah, bagian struktur utama mengalami kerusakan/ retak ringan dan harus dapat diperbaiki. Pada bagian non struktur, jika terdapat kerusakan maka harus diganti yang baru.
3. Ketika terjadi gempa kuat, bangunan mengalami kerusakan berat namun tidak boleh runtuh total (*totally collapse*).

### 3.3. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan. Sistem penahan gaya gempa terdiri dari koefisien modifikasi respons ( $R$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ). Sistem pemikul gaya seismik ditentukan berdasarkan Tabel 12 SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (*drift* bangunan), semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku. Simpangan antar lantai ( $\Delta_x$  atau  $\delta_x$ ) harus kurang dari simpangan ijin ( $\Delta_a$ ). Nilai  $\Delta_a$  dihitung berdasarkan Tabel 20 SNI 1726, 2019 (Badan Standardisasi Nasional, 2019a). Simpangan antar lantai ( $\delta_x$ ) adalah rasio perpindahan elastic akibat gaya gempa desain ( $\delta_{xe}$ ) dikalikan factor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) terhadap factor keutamaan gempa ( $I_e$ ).

Kategori risiko bangunan untuk bangunan rumah sakit berada di kategori IV sehingga didapat faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) 1.50. Percepatan batuan dasar periode pendek 0.2 detik  $S_s = 0.8726$ , percepatan batuan dasar periode pendek 1 detik  $S_1 = 0.4317$ ,  $F_a = 1.1509$ ,  $F_v = 1.8683$ ,  $S_{MS} = 1.0044$ ,  $S_{M1} = 0.8066$ ,  $S_{DS} = 0.6695$ ,  $S_{D1} = 0.5377$

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik masuk pada kategori D. Dari SNI 1726, 2019 diperoleh nilai  $R = 7$ ,  $\Omega^0 = 2.5$ ,  $C^d = 5.5$ . Nilai parameter kegempaan untuk metode statik ekuivalen adalah: periode bangunan ( $T$ ) = 0.9801 detik, gaya geser dasar ( $V$ ) = 14306.0794 kN

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini adalah momen kolom mengalami kenaikan 222.5%, gaya geser 242.25% saat menahan gempa. Kenaikan momen dan geser kolom di dekat ram berturut-turut mencapai 1153% dan 780%. Penelitian ini dibandingkan dengan hasil penelitian Hakas, 2019 yang meneliti pengaruh gempa pada Gedung 12 lantai dengan dinding geser terletak di tengah bangunan dan terpasang dari lantai 1 s.d 12. Hasil penelitian (Badan Standardisasi Nasional, 2019a), menunjukkan kenaikan momen dan geser balok berturut-turut 42.46% dan 77.2%. Pada bangunan ini dimana dinding geser tidak simetri terjadi peningkatan momen dan geser berturut-turut 5 kali dan 3 kali lebih besar daripada penelitian (Prayuda et al., 2020).

Simpangan antar lantai arah x di bawah simpangan izin kecuali kolom 5' yaitu kolom pada bangunan tambahan; sedangkan simpangan arah y untuk lantai 2, 3, 5 dan 5' yaitu

lantai yang tidak memiliki dinding geser melebihi simpangan izin. Simpangan yang sangat besar terjadi pada bangunan tambahan baik arah x maupun y. Data penelitian kolom di daerah ram, tidak ikut diolah karena sangat besar. Kolom di daerah ram perlu diperhatikan dan diteliti lebih lanjut untuk penempatan dinding geser. Lantai yang tidak memiliki dinding geser menunjukkan simpangan antar lantai yang cukup besar melebihi simpangan izin. Perubahan simpangan yang besar antar lantai, dapat menyebabkan lantai tersebut terpotong bila terjadi gempa besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alashker, Y., Elhady, K., & Ismaeil, M. (2019). Effect of Earthquake loads on School Buildings in the Kingdom of Saudi Arabia. *Civil Engineering Journal*, 5(1), 142.
- Annual Book of ASTM Standars. 2002. ASTM E 178 *Standard Practice for Dealing With Outlying Observations*, ASTM International, United States.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI-1726 2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta.
- BAIG, M. A., & Rashid, R. (2020). Effect of Shear Wall on Performance of Multistorey Building. *International Journal of Engineering Science Technologies*, 4(5), 26–39.
- Çavdar, Ö., Çavdar, A., & Bayraktar, E. (2018). *Earthquake Performance of Reinforced-Concrete Shear-Wall Structure Using Nonlinear Methods*. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32(1), 1–12.
- E-ppid PUPR. <https://eppid.pu.go.id>. Diakses pada 23 Maret 2022.
- Giri, I. B. (2018). *Perbandingan Perilaku Struktur Bangunan Tanpa Dan Dengan Dinding Geser Beton Bertulang*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 22(2), 123–129.
- Jawid Ahmad Tajzadah, Proff. A. N. Desai, P. V. V. A. (2019). *Optimum location of a shear wall in a R.C building*. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*. 6(4), 131–136.
- Kadhun, A. K., & Abdul-Razzaq, K. S. (2018). *Effect of seismic load on steel frame multistorey building from economical point of view*. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCET)*, 9(11), 588–598.
- Nazila, K. S. K. (2019). *Pembesaran Gaya Dalam dan Rasio Kekuatan Elemen Struktur Baja untuk Berbagai Koefisien Modifikasi Respon (R)*. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5, 75–84.

- Nurrohmat, F. (2020). *Evaluasi Gedung Rumah Sakit terhadap Beban gempa dengan menggunakan metode statik ekuivalen*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Prayuda, H., Maulana, T. I., Riyandar, A. R., & Siswantoro, E. P. (2020). *Perancangan Struktur Bangunan 12 Lantai Menggunakan SNI 2847:2013 dan SNI 1726:2012*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 18(2), 365–374.
- Safira, N. (2018). *Analisis Pengaruh Beban Gempa Pada Gedung Tiga Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen*. Skripsi. Universitas Lampung.
- Tarigan, J., Manggala, J., & Sitorus, T. (2018). *The effect of shear wall location in resisting earthquake*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1–6.
- Tong, T. (2018). Multiscale investigations into reinforced concrete shear wall buildings. In *Iowa State University*. Thesis. Iowa State University.
- Wafi, A. (2021). *Analisis Pengaruh Beban Gempa pada Gedung Tujuh Lantai Menggunakan Metode Statik Ekuivalen ( Studi Kasus : Rumah Sakit Ibu dan Anak Hermina Lampung )*. Jurnal Rekayasa dan Desain (JRSDD), 9(2), 377-386.