

DEFORMASI HORIZONTAL STRUKTUR BETON BERTULANG BERTINGKAT RENDAH DENGAN MENGGUNAKAN DINDING BATA RINGAN

Rizkia Putri¹, Eka Juliafad²

¹ Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

² Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: riskia.putri.21@gmail.com

Abstrak: Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman merupakan sekolah dasar yang dibangun pada tahun 1973 dan memiliki 3 gedung utama yaitu gedung A, B dan C. Khusus gedung B sendiri dibangun pada tahun 2019, dimana gedung tersebut mengalami banyak kerusakan non-struktural pasca gempa bumi di Kabupaten Pasaman Barat. Gempa bumi ini terjadi pada tanggal 25 Februari 2022 yang berkekuatan 6,2 SR dengan kedalaman 10 km dan tidak berpotensi tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung deformasi horizontal pada struktur beton bertulang arah x dan y pada Gedung Sekolah dengan menggunakan dinding bata ringan. Deformasi horizontal mengacu pada perpindahan atau pergeseran relatif dalam struktur akibat beban yang diterima. Deformasi struktur bertujuan untuk mengetahui respons struktur terhadap beban yang bekerja pada Gedung Sekolah, sehingga gedung dapat tetap berfungsi dan aman saat terjadi gempa atau situasi darurat lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai displacement arah x dan y menghasilkan respons perpindahan yang berbeda pada kedua arah tersebut. Nilai displacement tertinggi tercatat sebesar 2,646 mm pada arah x dan 10,05 mm pada arah y. Berdasarkan perhitungan simpangan antar tingkat, semua lantai dalam Gedung Sekolah memenuhi batas kriteria penerimaan yang diizinkan. Nilai simpangan antar lantai terbesar sebesar 52,27 mm tidak melebihi nilai ambang batas yang disyaratkan. Gedung Sekolah telah dirancang dengan mempertimbangkan pengendalian simpangan antar lantai sesuai dengan persyaratan standar yang berlaku. Pengendalian simpangan antar lantai yang baik berkontribusi pada kenyamanan dan keselamatan siswa.

Kata kunci: Gempa, Deformasi horizontal, Struktur beton bertulang, Drift, Bata Ringan

Abstract: 09 Pasaman State Elementary School is a primary school built in 1973 and has three main buildings namely buildings A, B and C. The B building itself was built in 2019, where the building suffered a lot of non-structural damage after the earthquake in the West Pasaman district. The earthquake occurred on February 25, 2022, with a magnitude of 6.2 and a depth of 10 km and no tsunami potential. The purpose of this study is to calculate the horizontal deformation of the concrete structures in the x and y directions of a school building using light brick walls. The Horizontal Deformation refers to the relative displacement or shift in the structure as a result of the load received. The structure deformations aim to know the response of the structure to the load that works on the school building, so that the building can remain functional and safe in the event of an earthquake or other emergency situation. The results of the study showed that the displacement values of the x and y directions resulted in different movement responses in both directions. The highest displacements were recorded at 2,646 mm in the x direction and 10,05 mm in y direction. Based on the calculation of the inter-level resistance, all floors in the School Building meet the permissible admission criteria. The maximum inter-floor resistance value of 52.27 mm does not exceed the required threshold value. The school building has been designed taking into account inter-storey controls in accordance with the applicable standard requirements. Good cross-floor controls contribute to student comfort and safety.

Keywords: Earthquakes, Horizontal deformation, Solid concrete structures, Drift, Light brick

PENDAHULUAN

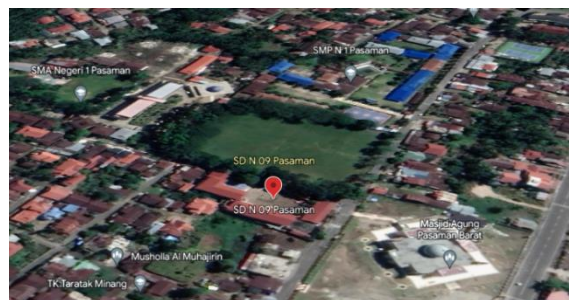
Indonesia merupakan negara dengan sebagian besar wilayahnya rawan terhadap bencana alam berupa gempa bumi. Dikarenakan letak geografis wilayah Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Filipina, sehingga menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara yang memiliki potensi aktivitas seismik cukup tinggi dan rawan terhadap bahaya gempa (Delfebriyadi, 2011). Menurut data, beberapa gempa terbesar yang pernah terjadi di Indonesia, melalui iNews (2023) beberapa gempa yang terjadi di Indonesia dalam satu dekade terakhir seperti gempa Aceh tahun 2004, gempa Padang tahun 2009, gempa Nias tahun 2005, gempa Yogyakarta 2006, dan gempa Palu tahun 2018.

Gempa bumi yang pernah terjadi di Sumatera Barat tahun 2007 dan 2009, menunjukkan tingginya angka keruntuhan dan kerusakan berat bangunan beton bertulang dikarenakan kualitas dan mutu bangunan beton bertulang yang buruk (Juliafad & Gokon, 2018). Selain itu, penyebab bangunan rawan akan runtuh dan rusak adalah cacatnya struktur pada bangunan seperti pengaturan tulangan yang tidak tepat, kualitas pengecoran dan pemadatan beton yang buruk dan pengaturan bekisting yang tidak sesuai dengan standar (Juliafad et al., 2022). Struktur beton bertulang banyak digunakan baik pada bangunan bertingkat maupun bangunan rendah di Sumatera Barat. Banyak bangunan beton bertulang yang telah rusak dan runtuh karena gempa bumi dalam dua dekade terakhir di Sumatera Barat (Juliafad & Gokon, 2017).

Pada tanggal 25 Februari 2022 pukul 09.35 WIB, Kabupaten Pasaman Barat tepatnya di Kelurahan Talu, Kecamatan Talamau diguncangkan oleh gempa bumi dengan berkekuatan 6.2 SR. Pusat gempa bumi berada di darat pada koordinat 99,0 Bujur Timur dan 0,15 Lintang Utara, 17 km timur laut Pasaman Barat pada kedalaman 10 km dan tidak berpotensi tsunami. Hingga 10 hari pasca terjadinya gempa bumi yaitu pada tanggal 25 Februari 2022 sampai 6 Maret 2022 tercatat gempa susulan sudah terjadi 217 kali. Dengan kekuatan minimal 1.4 SR dan kekuatan maksimal 5.1 SR. Akibat dari gempa bumi tersebut menimbulkan kerusakan bangunan dan 4 korban jiwa, serta terjadi longsor dan banjir bandang (BMKG, 2022)

Gempa bumi yang terjadi di Kabupaten Pasaman Barat ini menyebabkan banyak kerusakan pada bangunan baik itu kerusakan ringan hingga kerusakan berat. Bangunan yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi seperti, bangunan sekolah, tempat ibadah, dan rumah pemukiman warga. Pada tanggal 5 Maret 2022 Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Provinsi Sumatera Barat memaparkan data korban bencana dan kerugian material akibat gempa bumi di Kabupaten Pasaman Barat.

Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat yang memiliki banyak bangunan. Beberapa bangunan dioperasikan menjadi fasilitas pendidikan. Salah satu fasilitas pendidikan yang terkena dampak dari gempa berkekuatan 6,2 SR di Kabupaten Pasaman Barat adalah bangunan Sekolah dasar Negeri 09 Pasaman. Bangunan sekolah ini mampu menampung kurang lebih 650 siswa sekolah dasar. Sekolah ini memiliki tingkat kerentanan yang tinggi, karena anak-anak sekolah dasar merupakan anak dibawah umur yang minim akan pengetahuan tentang upaya penyelamatan diri terhadap bencana gempa.



Gambar 1. Peta SDN 09 Pasaman

Pada Gambar 2 menunjukkan titik lokasi Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman didirikan pada tahun 1973 dan secara geografis terletak pada 0°06'30.1" Lintang Utara dan 99°49'23.6"E Bujur Timur. Sekolah ini memiliki 3 bangunan yaitu satu bangunan dengan satu lantai (Gedung C) dan dua bangunan bertingkat dengan dua lantai (Gedung A dan B). Bangunan sekolah ini berada di Jalan Cindua Mato, Jorong Pasaman Baru, Kelurahan Lingkuang Aua, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat.



Gambar 2. Gedung B SDN 09 Pasaman

Pada Gambar 2 merupakan tampak bangunan gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman. Gedung B yaitu bangunan berlantai dua yang didirikan pada tahun 2019 mengalami kerusakan yang paling banyak. Bangunan gedung B sekolah ini mengalami kerusakan pada dinding dari rusak ringan hingga rusak berat. Lebar retakan yang ditimbulkan dari 0,1 mm hingga 3 mm dan retakan tersebut terjadi di setiap ruangan kelas.

Untuk keselamatan, kesehatan, kenyamanan dalam penggunaan bangunan sekolah tersebut, rekomendasi perbaikan atau perawatan bangunan yang dipilih untuk bangunan sekolah ini adalah perkuatan pada elemen non-struktur khususnya pada dinding. Karena bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman ini banyak mengalami kerusakan pada dinding, sehingga ada kemungkinan dinding akan roboh jika tidak diberi perkuatan. Bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman menggunakan dinding bata merah.

Material yang digunakan sudah sesuai dengan standar yang berlaku namun pada saat terjadinya gempa bumi bangunan banyak mengalami kerusakan ringan hingga sedang pada elemen non-struktur yaitu dinding. Karena struktur pada bangunan tidak mengalami kerusakan maka, penelitian yang akan dilakukan mengganti dinding pada Bangunan Gedung SDN 09 Pasaman menggunakan dinding bata ringan. Bata ringan digunakan karena berat jenis yang ringan sehingga banyak bangunan gedung tinggi menggunakannya untuk meminimalisir beban ke struktur. Beban mati yang ditimbulkan dinding dapat dikurangi dan bahkan menjadi lebih aman saat terjadinya bencana alam seperti gempa bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung deformasi horizontal pada struktur beton bertulang arah x dan y pada Gedung Sekolah. Deformasi horizontal mengacu pada perpindahan atau pergeseran relatif dalam struktur akibat beban yang diterima. Deformasi

struktur bertujuan untuk mengetahui respons struktur terhadap beban yang bekerja pada Gedung Sekolah.

Melalui deformasi horizontal pada struktur beton bertulang, penelitian ini bertujuan untuk memahami respons struktur terhadap beban yang bekerja pada Gedung Sekolah. Dalam situasi gempa bumi atau kejadian darurat lainnya, Gedung Sekolah harus mampu bertahan dan menjaga keamanan serta kinerja strukturnya. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang deformasi horizontal pada struktur beton bertulang menjadi sangat penting.

METODE PENELITIAN

1. **Studi Literatur**
Studi literatur merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan teori-teori berupa hasil studi, tesis, hasil survei, studi historis, buku, artikel, jurnal dan referensi lainnya yang berkaitan dengan topik yang akan peneliti bahas serta tinjauan terhadap penelitian terdahulu. Studi literatur dilakukan sebelum peneliti melakukan perhitungan, peneliti mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi terlebih dahulu yang akan dijadikan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan.
2. **Pengumpulan Data Sekunder**
Pengumpulan data sekunder merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data yang digunakan untuk pelaksanaan penelitian yang mana data tersebut berguna untuk mempermudah peneliti dalam proses perencanaan struktur.
3. **Preliminary Design**
Preliminary design adalah memperhitungkan dimensi struktur. Dimensi struktur yang didapatkan akan dihitung menggunakan bantuan *software* SAP2000 untuk mendapatkan dimensi struktur yang kuat dan efisien.
4. **Pemodelan Struktur**
Untuk pemodelan struktur pada penelitian ini dilakukan secara tiga dimensi dengan bantuan program struktur berupa *software* SAP2000. Jenis elemen yang digunakan untuk elemen struktur balok dan kolom yaitu elemen *frame*, sementara untuk elemen pelat lantai menggunakan tipe elemen *shell*.

5. Pembebanan
 Suatu struktur memerlukan tinjauan dari berbagai bentuk kondisi dalam hal pembebanan. Hal ini berhubungan untuk mendapatkan kombinasi gaya-gaya maksimum selama proses desain penampang. Beban yang digunakan pada perencanaan ini yaitu:

- a. Beban mati
- b. Beban hidup
- c. Beban gempa
- d. Kombinasi Pembebanan

6. Analisis Struktur dengan Program SAP2000

Hal-hal yang harus diketahui dalam melakukan analisis struktur yaitu sifat material struktur, pembebanan dan sistem struktur. Analisis struktur dilakukan menggunakan *software* SAP2000 yang mana dapat membantu dalam memudahkan penganalisisan untuk:

- a. Pemodelan material struktur, geometri struktur, pembebanan struktur dan Batasan-batasan lainnya.
- b. Melakukan perhitungan dan analisis gaya-gaya dalam pada elemen-elemen struktur akibat beban dan kombinasi beban yang bekerja.
- c. Membantu pengecekan kekuatan elemen pada tahap desain. Adapun output dari analisis struktur yaitu berupa deformasi struktur, gaya dalam dan reaksi perletakan.

7. Analisis Struktur

Analisis struktur yang akan dilakukan pada penelitian ini berupa partisipasi massa bangunan, gaya geser dasar nominal, simpangan antar lantai, dan pemeriksaan P-delta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Preliminary Design*

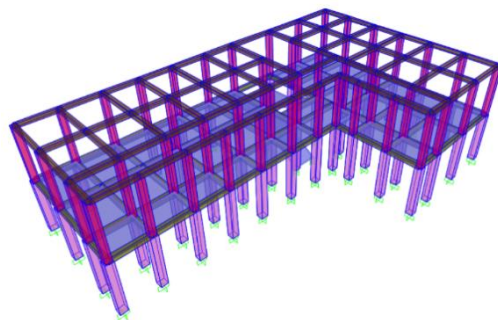
Dimensi penampang yang direncanakan pada penelitian ini sesuai dengan syarat SNI 03-2847-2019 tentang kualifikasi beton struktural pada struktur gedung yaitu sebagai berikut:

- Pelat lantai dengan tebal 120 mm.
- Balok B1 SRPMK: 400 x 250 mm.
- Balok B2 SRPMK: 300 x 250 mm.
- Ring Balok RB SRPMK: 300 x 250 mm.
- Kolom K1 SRPMK: 500 x 500 mm.
- Kolom K2 SRPMK: 400 x 400 mm.
- Mutu beton rencana pada semua elemen struktur gedung B Sekolah Dasar Negeri 09

Pasaman ini dengan beton K-300 atau nilai $f_c' = 25$ MPa.

2. Pemodelan Struktur

Tampilan 3D dari bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman dengan menggunakan *software* SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Pemodelan Struktur Bangunan

3. Pembebanan Struktur

- a. Analisa beban mati dan beban mati tambahan

Beban mati pada komponen struktur akan otomatis dihitung dengan program analisis struktur berdasarkan input data dimensi dan karakteristik material yang direncanakan. Untuk beban mati tambahan berdasarkan PPPURG (1987) Pasal 2.1.1 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Berat Jenis Beban Mati

Jenis Beban	Berat Jenis
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Baja Tulangan	7850 kg/m ³
Penutup Lantai Keramik	24 kg/m ²
Dinding Pasangan Bata Merah ½ Bata	250 kg/m ²
Penutup Atap Seng Bergelombang	10 kg/m ²
MEP	25 kg/m ²

Beban mati yang diperhitungkan pada penelitian ini adalah:

- 1) Beban plat lantai = 88 Kg/m²
- 2) Beban dinding lantai 1, t: 3,5 m = 201,5 Kg/m

- 3) Beban dinding lantai 2, t: 3,8 m = 218,5 Kg/m
- 4) Beban dinding lantai 2, t: 1,2 m = 69 Kg/m
- 5) Beban atap = 364,64 Kg/m

b. Analisa beban hidup

Berikut ini merupakan Tabel 1 yang memuat tentang berat jenis beban hidup sesuai dengan persyaratan SNI SNI 03-1727-2020:

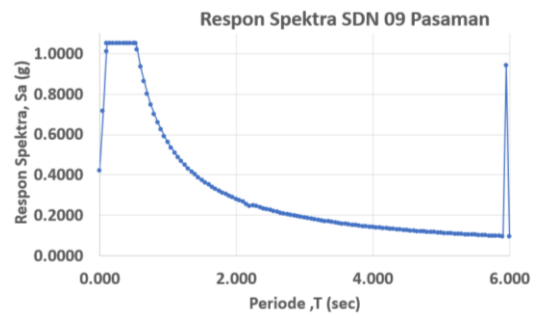
Tabel 2. Berat Jenis Beban Hidup

Jenis Beban	Berat Jenis
Ruang Kelas	192 kg/m ²
Koridor di atas lantai pertama	383 kg/m ²
Koridor lantai pertama	479 kg/m ²
Tangga	479 kg/m ²
Partisi	74 kg/m ²

c. Analisa beban gempa

Data perencanaan terhadap bangunan yang direncanakan yaitu:

- 1) Lokasi bangunan berada Kabupaten Pasaman Barat
- 2) Faktor keutamaan gempa (Ie) yaitu 1,5
- 3) Fungsi bangunan sebagai fasilitas pendidikan sehingga masuk dalam kategori resiko IV dengan koefisien respons (R) yaitu 8
- 4) Parameter percepatan gempa
 S_s : 1,31239
 S_1 : 0,600000
- 5) Koefisien situs
 F_a : 1,200000
 F_v : 1,400000
- 6) Parameter percepatan desain
 S_{D_s} : 1,049912
 S_{D_1} : 0,560000
- 7) Kategori desain seismic yaitu D
- 8) Grafik respon spektrum
 Untuk grafik respon spektrum dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Grafik Respon Spektrum

d. Kombinasi Pembebanan

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 D + 1,6 L
- 3) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L + 1,3Qx + 0,39Qy
- 4) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L + 1,3Qx - 0,39Qy
- 5) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L - 1,3Qx + 0,39Qy
- 6) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L - 1,3Qx - 0,39Qy
- 7) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L + 0,39Qx + 1,3Qy
- 8) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L + 0,39Qx - 1,3Qy
- 9) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L - 0,39Qx + 1,3Qy
- 10) 1,41DL + 1,41SIDL + 1L - 0,39Qx - 1,3Qy
- 11) 0,69DL + 0,69SIDL + 1,3Qx + 0,39Qy
- 12) 0,69DL + 0,69SIDL + 1,3Qx - 0,39Qy
- 13) 0,69DL + 0,69SIDL - 1,3Qx + 0,39Qy
- 14) 0,69DL + 0,69SIDL - 1,3Qx - 0,39Qy
- 15) 0,69DL + 0,69SIDL + 0,39Qx + 1,3Qy
- 16) 0,69DL + 0,69SIDL + 0,39Qx - 1,3Qy
- 17) 0,69DL + 0,69SIDL - 0,39Qx + 1,3Qy
- 18) 0,69DL + 0,69SIDL - 0,39Qx - 1,3Qy

Keterangan:

- DL = Beban Mati
- SIDL = Beban Mati Tambahan
- L = Beban Hidup
- Qx = Beban Gempa Arah x
- Qy = Beban Gempa Arah y

4. Analisis Struktur

a. Partisipasi massa bangunan

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 mensyaratkan bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari masa actual yang dimodelkan. Dari hasil Analisa struktur menggunakan SAP 2000 didapatkan jumlah respon ragam dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Partisipasi Massa Arah-X dan Arah-Y

Step Num.	Periode (detik)	Sum Ux	Sum Uy
1	0,298079	0,00678	0,42501
2	0,289312	0,04254	0,53355
3	0,282526	0,74216	0,54078
4	0,272915	0,75951	0,74480
5	0,145573	0,75952	0,74480
6	0,145451	0,75952	0,74480
7	0,143064	0,75952	0,74480
8	0,142939	0,75952	0,74481
9	0,118055	0,76030	0,97372
10	0,116033	0,96326	0,97452
11	0,112014	0,96440	0,97484
12	0,110994	0,98698	0,97658

Syarat dari bentuk ragam dapat dilihat pada tabel diatas, dari tabel diatas partisipasi massa untuk arah x pada mode 12 sebesar 0,98698 dan untuk arah y pada mode 12 sebesar 0,97658 karena untuk arah x dan arah y sudah melebihi syarat batasan izin sehingga model sebesar 90% dan dinyatakan memenuhi syarat.

b. Gaya geser dasar nominal

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.1.4.1, gaya geser dinamis harus lebih besar 100% dari gaya geser statis dengan $V_d > 100\%V_s$. Bila hal tersebut tidak memenuhi maka perlu diberikan pembesaran skala gaya pada model struktur gedungnya. Nilai gaya geser

dinamik dan statik dapat dilihat pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Nilai gaya geser dinamik dan statik

Jenis Beban	Fx (KN)	Fy (KN)
Gempa statik x	-734,913	0
Gempa statik y	0	-734,913
Gempa dinamik x	734,164	32,198
Gempa dinamik y	35,4	734,193

c. Simpangan antar lantai

Batasan simpangan lantai sesuai dengan SNI 03-1726-2019 pasal 7.8.6.

$$\Delta_x = \frac{(\delta_2 - \delta_1) \times C_d}{I_e} < \Delta_a$$

Keterangan:

Δ_x = simpangan antar lantai

δ = defleksi yang terjadi

I_e = faktor keutamaan gempa

h_x = tinggi tingkat dibawah tingkat x

C_d = faktor pembesar defleksi (5,5)

Sedangkan untuk syarat simpangan antar lantai ijin sesuai tabel 20 SNI 03-1726-2019, $\Delta_a = 0,015h_{sx}$ dengan Δ merupakan selisih antara defleksi yang ditunjukkan pada analisis struktur dengan defleksi akibat pembesaran. Berikut merupakan Tabel 5 yang memuat hasil analisis pada SAP2000 data simpangan antar lantai arah-x dan arah-y:

Tabel 5. Simpangan antar lantai

Beban	U1 (mm)	U2 (mm)
DX	2,646	0,235
DY	0,478	3,321
DX	7,376	0,645
DY	1,449	10,050

Kontrol simpangan akibat respon spektrum dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut:

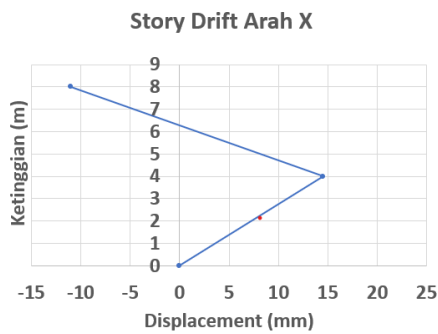
Tabel 6. Kontrol simpangan akibat respon spektrum arah x

h_{sx}	δ_x	Δ_x	Δ_a ijin	Ket
mm	mm	mm	mm	
8000	0,644	-11,01	215,385	OK
4000	2,646	14,55	215,385	OK

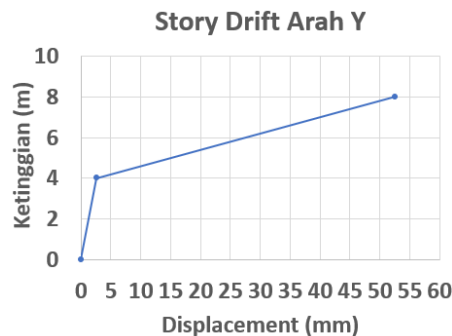
Tabel 7. Kontrol simpangan akibat respon spektrum arah y

h_{sy}	δ_y	Δ_y	Δ_a ijin	Ket
mm	mm	mm	mm	
8000	10,05	52,27	215,385	OK
4000	0,47	2,690	215,385	OK

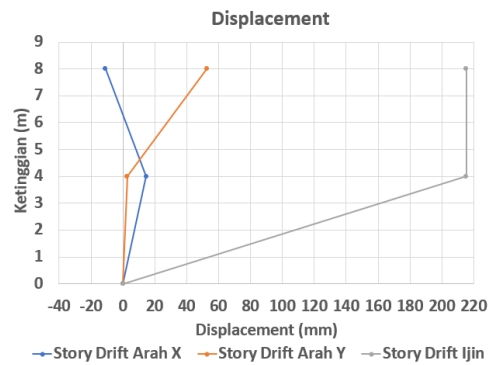
Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka diperoleh grafik simpangan antar lantai arah x dan y, dan perpindahan antar lantai arah x dan y. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5 sampai dengan Gambar 7 berikut:



Gambar 5. Simpangan Antar Lantai Pada Arah X



Gambar 6. Simpangan Antar Lantai Pada Arah Y



Gambar 7. Perpindahan Antar Lantai Pada Arah X dan Arah Y

Berdasarkan Gambar 7 dapat dilihat perpindahan yang terjadi pada lantai arah x dan lantai arah y, tidak melebihi batas izin simpangan. Perpindahan lantai arah x lebih kecil dari perpindahan lantai arah y.

d. Pemeriksaan P-delta

Struktur dikatakan masih dalam keadaan yang stabil atau efek P-delta boleh tidak diperhitungkan, jika $\theta < \theta_{max}$ untuk mendapatkan nilai θ_{max} menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,025$$

Keterangan:

θ_{max} = koefisien stabilitas maksimum

C_d = Faktor pembesaran defleksi

β = Ratio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser tingkat yang ditinjau

Setelah dilakukan pemeriksaan P-delta, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 berikut:

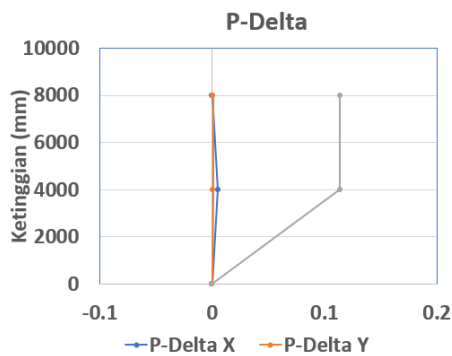
Tabel 6. P-delta arah x

h_{sx}	Δ_x	θ	θ_{max}	Ket
mm	mm	mm	mm	
8000	11,01	-0,00019	0,11364	Stabil
4000	14,55	0,000503	0,11364	Stabil

Tabel 7. P-delta arah y

h_{sx}	Δ_x	θ	θ_{max}	Ket
mm	mm	mm	mm	
8000	52,65	0,00091	0,11364	Stabil
4000	2,63	0,00091	0,11364	Stabil

Berdasarkan hasil perhitungan diatas maka diperoleh grafik P-delta pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik Pengecekan Pengaruh P-Delta Pada Arah X dan Arah Y

Dari Gambar 8, dapat dilihat bahwa nilai θ yang didapatkan pada arah x dan arah y tidak melebihi θ_{max} yang berarti bahwa pengaruh P-delta boleh tidak diperhitungkan dan juga struktur masih dalam keadaan yang stabil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap Deformasi Horizontal Struktur Beton Bertulang Bertingkat Rendah Dengan Menggunakan Dinding Bata Ringan ini berlokasi di Jalan Cindua Mato, Kabupaten Pasaman Barat dengan bantuan *software* SAP2000 dengan menggunakan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi penampang yang dibutuhkan pada elemen struktur gedung ini yaitu:
 - a. Tebal pelat lantai = 120 mm
 - b. Dimensi balok:
 - 1) Balok Induk (B1) = 400 mm x 250 mm
 - 2) Balok Induk (B2) = 350 mm x 250 mm
 - 3) Ring Balok (RB) = 300 mm x 250 mm
 - c. Dimensi kolom:
 - 1) Kolom 1 (K1) = 500 mm x 500 mm
 - 2) Kolom 2 (K2) = 400 mm x 400 mm
2. Pemeriksaan jumlah ragam partisipasi massa untuk arah x pada mode 12 sebesar 0,98698 dan untuk arah y pada mode 12 sebesar 0,97658 karena untuk arah x dan

arah y sudah melebihi syarat batasan izin sehingga model sebesar 90% dan dinyatakan memenuhi syarat.

3. Pemeriksaan simpangan antar lantai berdasarkan hasil dari grafik, perpindahan yang terjadi pada lantai arah x dan lantai arah y, tidak melebihi batas izin simpangan. Perpindahan lantai arah x lebih kecil dari perpindahan lantai arah y.
4. Pemeriksaan P-delta berdasarkan hasil dari grafik, bahwa nilai θ yang didapatkan pada arah x dan arah y tidak melebihi θ_{max} yang berarti bahwa pengaruh P-delta boleh tidak diperhitungkan dan juga struktur masih dalam keadaan yang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2022, March 5). *Pusat Pengendali Operasi*. <http://pusdalops.bnpb.go.id/2022/03/07/1a-poran-harian-pusdalops-bnpb-sabtu-05-maret-2022/>
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2022). *BNPB*.
- Delfebriyadi. (2011). Pembuatan Peta Spektral Percepatan Gempa dengan Metoda Probabilitas. *Padang. UNAND*.
- Juliafad, E., & Gokon, H. (2017). *Study on The Environmental System towards The Development of Assessment Tools for Disaster Reduction of Reinforced Concrete Building due to Future Mega-Earthquake in Padang City, I.. Strengthening of Masonry Wall Reinforced Concrete Building View project Development of Assessment Tool for Disaster Reduction of Reinforced Concrete Building View project*. <https://doi.org/10.11188/seisankenkyu.69.351>
- Juliafad, E., & Gokon, H. (2018). *Study on The Characteristics of Concrete and Brick as Construction Material for Reinforced Concrete Buildings in Indonesia After Fire Reinforced Concrete Modeling View project Fragility and Building Damage Assessment View project*. <https://doi.org/10.11188/seisankenkyu.70.437>
- Juliafad, E., Sandra, N., Mardizal, J., & Melinda, A. P. (2022). *Pemahaman Masyarakat Tentang Perkuatan Rumah dengan Mortar Serat Polypropylene*. 5(1). <https://doi.org/10.36257/apts.vvix>

- Komala, A. (2022). Evaluasi Kuat Tekan Beton Eksisting pada Bangunan Gedung b Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman. *ASCE*. <https://doi.org/10.24036/asce.v3i2.411566>
- Nasional, B. S. (2019a). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*.
- Nasional, B. S. (2019b). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*.
- Nasional, B. S. (2020). *Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain*.
- PU. (1987). *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*.
- Punta Dewa. (2023, February 20). *5 Gempa Terbesar yang Pernah Melanda Indonesia, Korban Meninggal Capai Ratusan Jiwa*. iNews.
- Saputra, Dino. (2023). Analisis Performa Seismik Bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Tanpa dan dengan Memperhitungkan Pengaruh Dinding Bata Merah. *ASCE*.