

## ANALISIS STRUKTUR ATAS GEDUNG PONPES MU'ALIMIN TERHADAP BEBAN GEMPA MENGGUNAKAN METODE PUSHOVER ANALYSIS

RAHMADINA FAUZIAH, MASRIL, ASIYA NURHASANAH HABIRUN

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

rahmadinafauziah958@gmail.com, mril6030@gmail.com, asiya2021ce@gmail.com.

**Abstract:** *The Ponpes Mu'alimin Building located in Agam Regency, West Sumatra Province, is one of the educational infrastructure places that has a column plan whose shape and dimensions of the columns are not symmetrical. This building is also included in the earthquake risk category (risk category IV), so pushover analysis is used to analyze the behavior of building collapse against earthquakes using non-linear static analysis methods (pushover analysis) with the help of computer programs, namely SAP2000 software. The study can conclude that this building is still able to withstand earthquakes, and the possibility of human casualties is very small, according to the results of the analysis of the capacity spectrum in the x and y directions, the total deviation value, and the maximum inelastic deviation based on ATC-40 in 1996. This calculation belongs to the Immediate Occupancy (IO) class, with a result of  $< 0.01$ .*

**Keywords:** *Pushover Analysis; Earthquake; Deviation.*

**Abstrak:** Gedung Ponpes Mu'alimin yang berlokasi di Kabupaten Agam Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu tempat prasarana pendidikan yang memiliki denah kolom yang bentuk dan dimensi kolom tersebut letaknya tidak simetris. Gedung ini juga termasuk ke dalam kategori resiko gempa (kategori resiko IV), maka dimanfaatkanlah analisis pushover untuk menganalisis perilaku keruntuhan bangunan terhadap gempa menggunakan metoda analisis statik non linier (*pushover analysis*) dengan bantuan program komputer yaitu software SAP2000. Penelitian ini dapat disimpulkan bahwa gedung ini masih mampu menahan gempa bumi, dan kemungkinan korban manusia sangat kecil, menurut hasil analisis spektrum kapasitas dalam arah x dan y, nilai simpangan total, dan simpangan *inelastic* maksimum berdasarkan ATC-40 pada tahun 1996. Perhitungan ini termasuk dalam kelas Immediate Occupancy (IO), dengan hasil  $< 0,01$ .

**Kata Kunci:** *Pushover Analysis; Gempa; Simpangan.*

### A. Pendahuluan

Negara Indonesia yaitu negara kepulauan berada di Cincin Api (*Ring Of Fire*), wilayah yang terkenal dengan tingkat aktivitas gempa bumi yang tinggi. Menurut Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia terletak pada tiga lempengan (*triple junction plate*) utama yaitu lempeng Pasifik bergerak relatif ke barat, lempeng Indo-Australia bergerak relatif ke utara, dan lempeng Eurasia bergerak ke selatan. Ada beberapa jenis gempa bumi yaitu gempa bumi tektonik dan vulkanik, gempa vulkanik disebabkan oleh aktivitas gunung berapi. yaitu akibat pergerakan magma, dan gempa bumi tektonik merupakan Dimana terjadinya pergeseran lempeng bumi secara mendadak yang saling bertumbukan. Di Indonesia umumnya gempa yang terjadi disebabkan pertemuan lempeng-lempeng tektonik yang terus bergerak dan ada juga sedikit banyaknya dari aktivitas gunung berapi. Dari pernyataan tersebut di Indonesia maka perlu dilakukan analisis struktur bangunan yang tahan gempa dan memiliki kapasitas dan kinerja yang baik.

Analisis ini akan membahas Gedung Pondok Pesantren Mu'alimin yang terletak di Jalan Parik Putuih. Gedung ini merupakan gedung baru yang didirikan di awal tahun 2023. Gedung bertingkat ini terletak di pinggir jalan Lintas Sumatera, jarak antar gedung dengan jalan  $\pm 4$  m. Gedung Pondok Pesantren merupakan gedung yang terdiri dari 5 lantai dengan luas 18,00 m x 13,00 m. Gedung tersebut menggunakan pelat *two way* beton konvensional, sedangkan untuk sistem struktur bawah menggunakan pondasi *footplat*. Pada analisis ini, bangunan tersebut memiliki denah kolom yang bentuk dan dimensi kolomnya tidak seragam serta kolom tersebut letaknya tidak simetris.

Kejadian gempa yang disebutkan di atas sebagai salah satu hal yang harus diperhatikan kedepannya terhadap keamanan gedung khususnya gedung bertingkat. Karena lokasi penelitian ini berada di zona 2 (Bukittinggi/Agam) yang memiliki Ngarai Sianok dan mempunyai aktivitas Sesar Sumatera di segmen sianok, dengan tipe pergeseran mendatar (*strike-slip*). Menurut (Ramdhani) celah

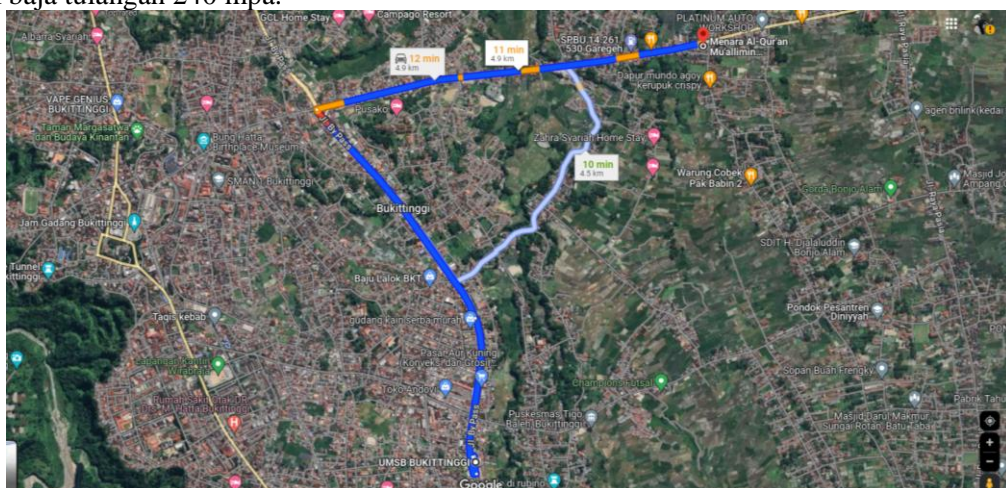
lebar di Ngarai Sianok ini tercipta selama ribuan tahun oleh pergerakan horizontal sebesar 2 mm/hari. Oleh karena itu diperlukan metoda analisis statik nonlinier (*pushover analysis*) terhadap struktur beton bangunan gedung, sebagai salah satu langkah untuk menghindari dampak keruntuhan gedung akibat bencana gempa khususnya pada gedung Pondok Pesantren Mu'alimin.

Salah satu tempat di Indonesia yang biasa terjadi gempa adalah di Provinsi Sumatera Barat. Provinsi Sumatera Barat ini menjadi daerah yang sering terjadi gempa bumi, karena Sumatera Barat berada bagian tengah Pulau Sumatera, dataran rendah terdapat di bagian barat serta di bagian timur yang dibentuk oleh bukit barisan pada dataran tinggi vulkanik. Wilayah di Sumatera Barat sebagiannya wilayah yang dilewati tersebut rentan terhadap tumbukan antar lempeng bumi karena dilewati oleh jalur dan lempeng gunung berapi yang membentang dari Barat laut ke Tenggara. Sumatera Barat memiliki luas wilayah sebesar 42.013 km<sup>2</sup> yang memiliki kontur geografi yang sangat beragam, terdiri dari pegunungan, lembah, ngarai, danau, sungai, maupun laut. Salah satu contoh peristiwa gempa bumi yang telah terjadi di Pasaman Barat Gempa bumi di Pasaman Barat terjadi pada hari Jum'at, 25 Februari 2022, gempa tersebut mempunyai kekuatan sebesar 6,1 SR dengan gempa susulan sebanyak 201 kali. Gempa tersebut diakibatkan oleh akitivitas pergerakan sesar aktif pada segmen angkola bagian Selatan (BMKG, Gempa Pasaman Barat, 2022). Peristiwa lain juga terjadi pada hari sabtu 8 April 2023, gempa bumi mengguncang Kota Bukittinggi terjadi sekitar pukul 12.21 WIB, pusat gempa berada di Kota Bukittinggi dengan kedalaman 10 kilometer, akibatnya tebing nagari Sianok sempat longsor (BMKG, Gempa Bumi bermagnitudo 4,5 mengguncang Kota Bukittinggi, Sumatera Barat, 2023).

Maka dalam kajian ini penulis tertarik untuk menganalisis struktur Gedung Pondok Pesantren Mu'alimin menggunakan metoda analisis statik non linier (*pushover analysis*) dengan bantuan program komputer yaitu software SAP2000. Menurut (Hamdani, Priana, & Herista, 2023) prinsip struktur gedung merupakan untuk menghasilkan struktur yang kokoh, aman, efektif, dan melindungi penghuni bangunan dari bahaya gempa. Tujuan analisis ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan maksimal struktur gedung ponpes akibat beban gempa, mengetahui simpangan total maksimum dan simpangan *inelastic* maksimum, serta mengetahui titik-titik yang mengalami kerusakan pada bangunan melalui pola keruntuhan bangunan. Dimana Gedung ini akan menjadi tempat tinggal sekaligus tempat berlindung yang aman bagi penghuninya

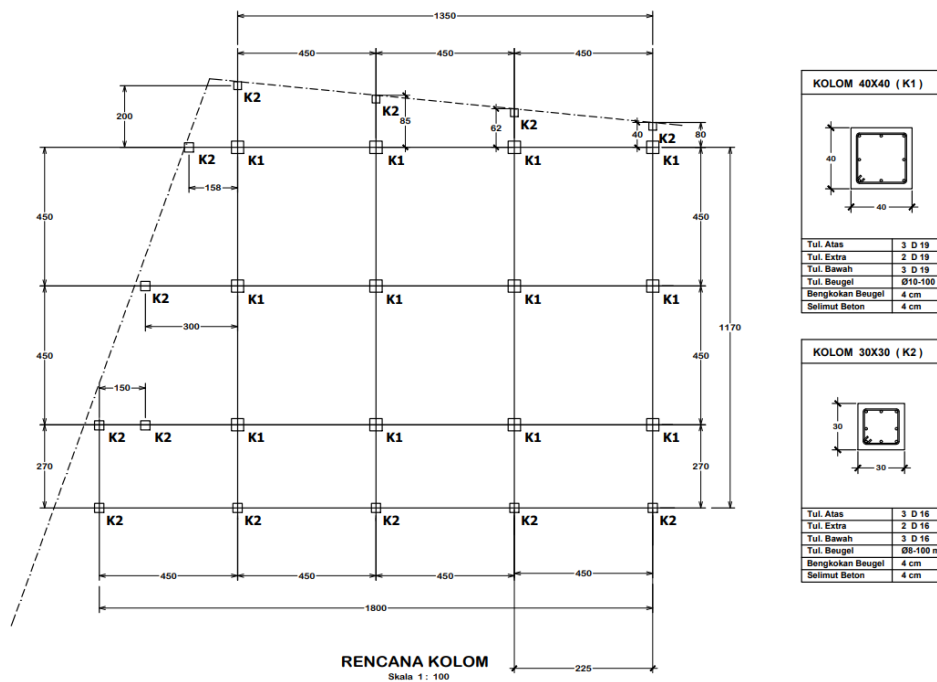
## B. Metodologi Penelitian

Objek dari penelitian ini yaitu struktur gedung Ponpes Mu'alimin yang memiliki lima lantai. Berikut klasifikasi tanah dan denah struktur Ponpes Mu'alimin Kabupaten Agam. Jenis tanah sedang, tinggi total bangunan 18 m, panjang gedung 18 m, lebar gedung 13 m, kuat tekan beton 29,4 Mpa dan kuat Tarik baja tulangan 240 mpa.



**Gambar 1. Lokasi Penelitian**

Sumber: Aplikasi Google Maps (10 November 2023)

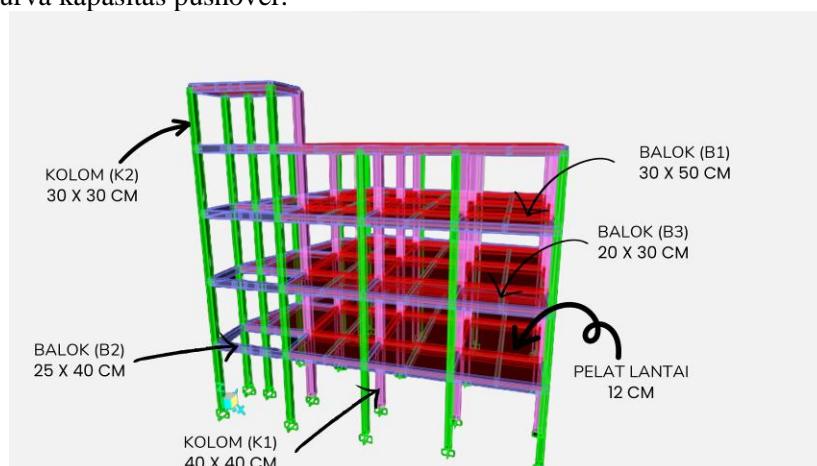


Gambar 2. Denah Gedung

Metode penelitian yang digunakan yaitu analisis *nonlinier pushover*. Analisis menggunakan program SAP 2000 dengan aturan pembebanan mengacu pada beban minimum perancangan bangunan dan struktur ketahanan gempa untuk bangunan gedung menggunakan aturan SNI 1726-2019. Analisis dilakukan dengan memberikan suatu pola beban letral statik pada struktur, kemudian secara bertahap ditingkatkan sehingga mencapai kondisi leleh. Kurva pushover yang didapat dipengaruhi oleh pola gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Dilihat dari pengaruh desain tersebut terhadap gempa bumi, analisis pushover merupakan suatu analisis untuk mengetahui pola keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa. Penelitian yang dilakukan menggunakan program SAP 2000 berguna untuk mengetahui berapa besar gaya naksimum yang mampu ditahan struktur serta besar perpindahan maksimum struktur.

### C. Hasil dan Pembahasan

Langkah-langkah yang dilakukan untuk analisis ini yaitu permodelan struktur pada program SAP 2000, analisis pembebanan pada struktur gedung, pengecekan perilaku struktur, menambahkan tulangan terpasang, membuat *non linear case*, memodelkan sendi plastis, running program, dan menampilkan kurva kapasitas pushover.



Gambar 3. Permodelan Struktur 3D

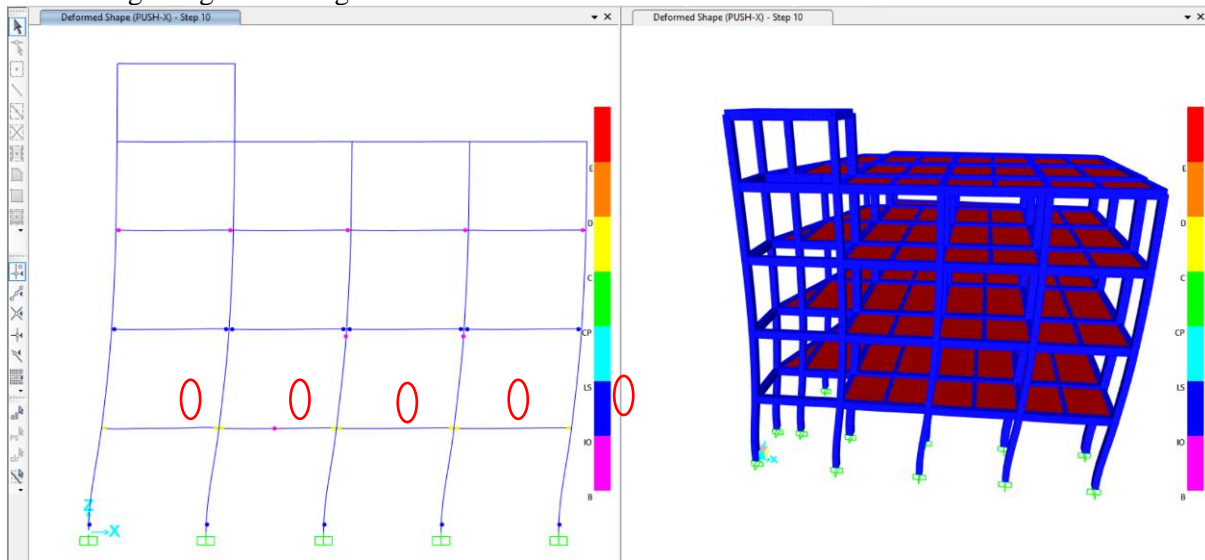
Setelah permodelan struktur dan pembebanan selesai, maka selanjutnya dilakukan pengecekan perilaku struktur dengan pemeriksaan jumlah ragam, perbandingan geser dasar, dan pemeriksaan simpangan antar lantai. Pada pemeriksaan jumlah ragam pada SNI 1726 : 2019 Pasal 7.9.1.1 disebutkan bahwa analisis harus myertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan parsitipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa actual dalam masing-masing arah horizontal dari respons yang ditinjau oleh model.

Tabel 1. Hasil Penjumlahan geser dasar untuk masing-masing gempa

Geser Dasar	Dinamik (Vd)	Statik (Vs)	Faktor Skala (Vs/Vd)
X	1259,812	936,105	1,34580202
Y	1259,812	936,105	1,34580202

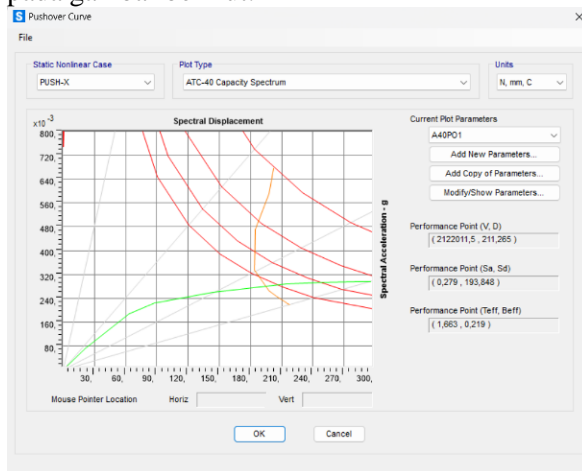
$V_d > 100\% V_s$   
 $1259,812 > 100\% \cdot 936,105$   
 $1259,812 > 936,105$  .....OK

Hasil analisis *pushover* menunjukkan bahwa mulai terbentuknya sendi plastis pada pembebanan step 2, dimana terdapat beberapa sendi plastis untuk arah melintang (arah X) dengan titik struktur balok yang telah berada pada batas *Immediate Occupancy (IO)*. Analisis pada step 10 PUSH-X beban yang di berikan sebesar 233867,7 kg, pada struktur sudah muncul sendi plastis yang bewarna kuning, dapat disimpulkan struktur sudah berada diambang keruntuhan, jika diberi sedikit saja beban dorong tambahan gedung akan mengalami keruntuhan.

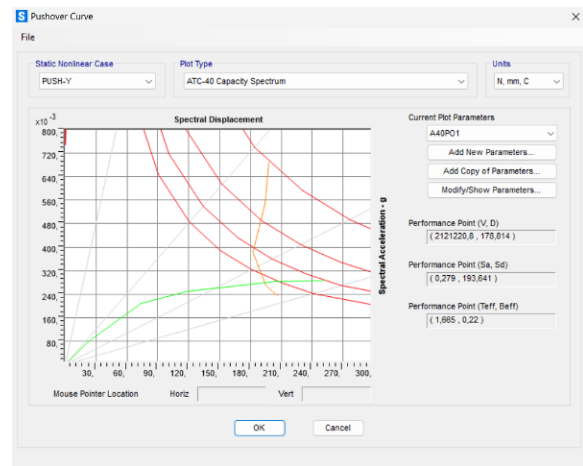


Gambar 4. Step 10 Arah-X

Hasil dari spektrum kapasitas dari masing-masing arah berdasarkan pedoman ATC-40 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Spektrum Kapasitas Arah x-x



Gambar 6. Spektrum Kapasitas Arah y-y

Untuk menentukan level kinerja struktur dapat mengikuti pedoman ATC-40. Level kinerja struktur secara global dapat ditentukan berdasarkan rasio nilai perpindahan atap saat *performance point* dengan tinggi total bangunan, sesuai ATC-40 level kinerja struktur secara keseluruhan dapat ditentukan melalui tabel dibawah ini:

1. Simpangan Total Maksimum

$$\text{Arah x-x} = \frac{D_t}{H_{\text{total}}} = \frac{211,265 \text{ mm}}{18000 \text{ mm}} = 0,01174 \text{ mm} \quad (\text{Immediate Occupancy})$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{D_t}{H_{\text{total}}} = \frac{178,814 \text{ mm}}{18000 \text{ mm}} = 0,00993 \text{ mm} \quad (\text{Immediate Occupancy})$$

2. Simpangan Inelastis Maksimum

$$\text{Arah x-x} = \frac{D_t - D_3}{H_{\text{total}}} = \frac{211,265 \text{ mm} - 96,481 \text{ mm}}{18000 \text{ mm}} = 0,006376889 \quad (\text{Immediate Occupancy})$$

$$\text{Arah y-y} = \frac{D_t - D_3}{H_{\text{total}}} = \frac{178,814 \text{ mm} - 111,496 \text{ mm}}{18000 \text{ mm}} = 0,003739889 \quad (\text{Immediate Occupancy})$$

Tabel 2. Batas simpangan Tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996)

Tingkat Kinerja Struktur				
Batas Simpangan Antar Lantai	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Simpangan Total Maksimum	0,01	0,01-0,02	0,02	0,33 $V_i/P_i$
Simpangan Inelastis Maksimum	0,005	0,005-0,015	No Limit	No Limit

Sumber : ATC- 40 1996

Hasil dari perhitungan di atas yang mengacu pada metode ATC-40 simpangan total maksimum dan simpangan inelastic maksimum termasuk ke dalam kategori **Immediate Occupancy (IO)** yang hasilnya < **0,01**, berarti bahwa gedung masih mampu menahan gempa yang terjadi, resiko korban jiwa manusia sangat kecil.

#### D. Penutup

Setelah menganalisis struktur gedung Ponpes Mu'alimin dengan menggunakan metode Pushover Analisis didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Analisis pada step 10 PUSH-X beban yang di berikan sebesar 233867,7 kg, pada struktur sudah muncul sendi plastis yang berwarna kuning, dapat disimpulkan struktur sudah berada diambang keruntuhan, jika diberi sedikit saja beban dorong tambahan gedung akan mengalami keruntuhan. Berdasarkan hasil analisis spectrum kapasitas arah x dan arah y, nilai simpangan total maksimum dan simpangan inelastic maksimum berdasarkan ATC-40 tahun 1996, hasil dari perhitungan tersebut masuk ke dalam kelas *Immediate Occupancy* (IO) yang hasilnya < 0,01 yang berarti bangunan masih mampu menahan gempa yang terjadi, resiko korban jiwa manusia sangat kecil. Titik-titik yang mengalami kerusakan pada gedung Ponpes Mu'alimin pada step 7 arah -y, pada kolom muncul titik berwarna merah muda (lantai 1 dan lantai 2), biru (lantai 1 dan lantai 2), dan hijau (lantai 2). Pada balok muncul titik berwarna merah muda (lantai 1,2,dan 3) dan biru (lantai 1 dan lantai 2).

#### Daftar Pustaka

1726. (SNI 2019). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- Aburrokhim, I. A., Sutriyono, B., & Triana, M. I. (2019, Juli). Review Kinerja Struktur Atas Gedung Reskrimsus Polda Jawa Timur Berdasarkan Peraturan SNI1726-2019 dan SNI 2847-2019. *Jurnal Taguchi*, 3(1), 753-760.
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, Volume 1.
- BMKG. (2009). Gempa Bumi Tektonik di padang Dengan Kekuatan 7,9 SR.
- BMKG. (2022, Februari). Gempa Pasaman Barat.
- BMKG. (2023). Gempa Bumi bermagnitudo 4,5 mengguncang Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.
- Dewobroto, W. (2005). Evaluasi Kinerja Struktur Baja Tahan Gempa dengan Analisa Pushover. *Jurnal Teknik Sipil*, 1-28.
- Dipohusodo, I. (1994). Struktur Beton Bertulang.
- Hamdani, F., Priana, S. E., & Herista, F. (2023, Februari). Perencanaan Struktur Atas Ruang Belajar Pondok Pesantren Yati/Yayasan Tarbiyah Islamiyah Kamang Mudik. 2(2), 131-136.
- Herliandre, A., & Suryani, F. (2018). Penerapan Konstruksi Ramping (Lean Construction) pada Pembangunan Gedung di Bintaro. *Jurnal Ikra-Ith Teknologi*, 2(3), 34-41.
- Jenderal, S. D. (2016, Oktober 1). Konstruksi Ramping, Solusi Peningkatan Efisiensi dan Efektifitas Penyelenggaraan Konstruksi. Retrieved 25 November 2023, from <https://binakonstruksi.pu.go.id/informasi-terkini/sekretariat-direktoratjenderal/konstruksi-ramping-solusi-peningkatan-efisiensi-dan-efektifitas-penyelenggaraan-konstruksi>.
- Krisdiantoe, A., Baru, F. H., & Frieda. (2022, Juni). Analisis Kekuatan Bangunan Terhadap Beban Gempa Dengan Metode Analisis Pushover (Studi Kasus Gedung PPIIG UPR 2020). *Density*, 4(2), 50-55.
- Maryanti, S., & Saputra, A. (2019). Analisis Kerusakan Bangunan Fasilitas Sosial akibat Gempa Bumi tahun 2018 Di Kota Palu Provinsi Sulawesi Tengah. 100-114.
- Masril. (2019, Oktober). Analisis Struktur Atas Empat Lantai Dengan Analisis Pushover Menggunakan Program SAP2000 Studi Kasus Gedung Kantor Bersama Kabupaten Sijunjung. *Ensiklopedia of Journal*, 2(2), 230-234.
- Murdiantoro, R. A., Sismanto, & Marjiyono. (2016). Pemetaan Daerah Rawan Kerusakan Akibat Gempa Bumi di Kotamadya Denpasar dan Sekitarnya dengan Menggunakan Analisis Mikrometer. *Jurnal Fisika Indonesia*, 20(2), 36-41.
- Nabila, F. (2021). Kajian Implementasi Prinsip-Prinsip Konstruksi Ramping Menggunakan *Buliding Information Modeling* Di Industri Konstruksi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 15(2), 111-118.
- Nur, A. M. (2010). Gempa Bumi, Tsunami dan Mitigasinya. *Jurnal Geografi*, 7(1), 66-73.
- Ramdhani, A. J. (n.d.). Struktur Geologi Ngarai Sianok, Sumatera Barat.
- Rendi, Ishak, & Kurniawan, D. (2021, Oktober). Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas HUKum Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. 1(1), 121- 129.
- Siswanto, S., & Prijasambada. (2023, Maret 1). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat Menggunakan Metode Pushover. *Jurnal Ikraith-Teknologi*, 7(1), 46-52.

SNI, & 1726. (2002). Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.  
Tamara, M. (2011, Maret). Evaluasi Kerusakan Bangunan Akibat Gempa Besar. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(1).