

## **Pengaruh Susunan Rangka Penahan Beban Gravitasi Terhadap Perilaku Keruntuhan Struktur SRPM Baja dengan Bracing Konsentrik Akibat Getaran Gempa**

**Indri Dwi Nurhayati**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, <sup>2</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan  
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

*indridwinurhayati@gmail.com*

### **Abstrak**

*Gempa bumi merupakan fenomena alam yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi regangan elastis batuan pada litosfir. Gempa itu sendiri terdiri dari gempa tunggal yang mana terdiri dari gempa regular, pulse dan fling. Penggunaan material baja untuk konstruksi bangunan bisa mengurangi risiko bangunan roboh saat diguncang gempa bumi dikarenakan tingkat fleksibilitasnya yang cukup tinggi. Indonesia khususnya Kota Padang Pariaman merupakan wilayah yang rentan jika terjadi gempa, sehingga bangunan bertingkat dapat mengalami kehancuran, Oleh karena itu diperlukan struktur bangunan yang mampu meminimalisir resiko kerusakan akibat gempa. Dalam hal tersebut struktur baja sangat direkomendasikan karena struktur baja lebih elastis dibandingkan dengan struktur beton bertulang. Pada tugas akhir ini direncanakan sebuah struktur dengan 9 lantai yaitu centerline gravitasi yang dimodelkan terhadap penskalaan rekaman gempa yaitu penskalaan MCE yang disandingkan dengan 20 groundmotion pada gempa fling. Analisa yang digunakan adalah Respon Spektrum sebagai tahap desain dan Respon Riwayat Waktu Linear dan Nonlinear sebagai tahap evaluasi, dengan alat bantu software SAP2000 versi 20 dan RUAUMOKO2D versi 04. Dari hasil analisis yang didapatkan dari hasil memodelkan struktur baja dengan kondisi tanah keras terhadap gempa tunggal didapatkan nilai incremental displacement analysis dimana hasil kurva IDA didapatkan IDR centerline sebesar 0,2002.*

**Kata Kunci:** Gempa bumi, Gravitasi, Kinerja keruntuhan.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia termasuk salah satu negara rawan gempa di dunia yang disebabkan karena posisi Indonesia berada pada pertemuan 3 lempeng tektonik besar di dunia, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Australia dan lempeng Pasifik sehingga tingkat risiko terjadinya gempa sangat tinggi. Dengan risiko terjadinya gempa yang sangat tinggi, maka sangat tinggi pula risiko kerusakan bangunan yang akan terjadi. Karena itu sistem struktur bangunan yang akan dibangun harus memenuhi serta mengikuti kaidah bangunan tahan gempa sehingga ketika terjadi gempa, struktur yang dibangun dapat bertahan. Menurut Moestopo (2012) prinsip dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

1. Pada saat gempa kecil tidak diijinkan terjadi kerusakan sama sekali.
2. Pada saat gempa sedang diijinkan terjadi kerusakan ringan tanpa kerusakan struktural. Pada saat gempa besar diijinkan terjadi kerusakan struktural tanpa keruntuhan.

Di Indonesia ada tiga macam sistem struktur yang digunakan, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa atau yang biasa disingkat dengan SRPMB, yaitu metode yang digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 1 dan 2 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan rendah.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengan atau yang biasa disingkat SRPMM, yaitu metode yang digunakan pada perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 3 dan 4 yaitu wilayah dengan tingkat kegempaan sedang.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus atau yang biasa disingkat SRPMK, yaitu metode yang digunakan untuk perhitungan struktur gedung yang masuk pada zona 5 dan 6 wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

Struktur rangka baja berpengaku konsentrik merupakan sistem struktur rangka baja pemikul beban gempa yang banyak digunakan di Indonesia. Pada sistem ini, balok, kolom dan bresing tersusun membentuk suatu struktur truss, sehingga gaya lateral yang terjadi disalurkan sesuai dengan karakter struktur truss. Kelebihan bresing konsentrik yaitu kekakuan elastis yang tinggi, dan proses pemeliharaan yang relatif mudah. Respon inelastis bresing konsentrik saat terjadi gempa besar melalui pelelehan pada bresing yang mengalami gaya aksial tarik dan tekuk pada bresing yang mengalami gaya aksial tekan

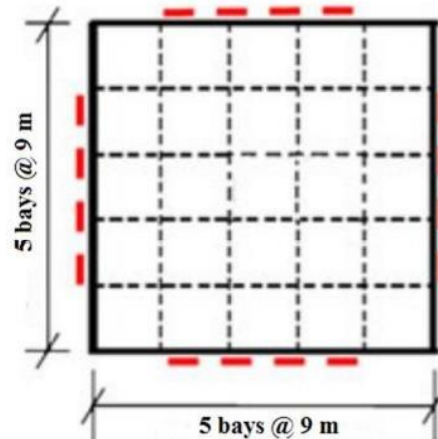
## 2. METODE PENELITIAN

### Data Perencanaan Struktur

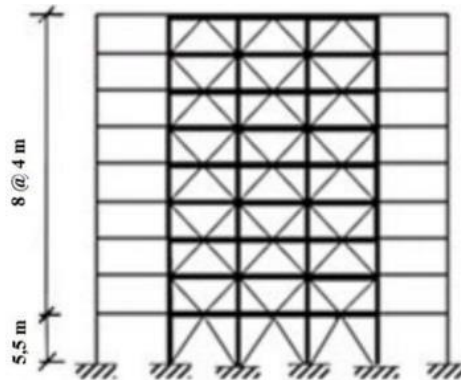
Adapun data perencanaan struktur yang digunakan pada keempat pemodelan dalam Program Analisa Struktur, yaitu:

1. Jenis pemanfaatan gedung perkantoran.
2. Gedung terletak di Padang Pariaman.
3. Klasifikasi situs tanah sedang (Sc).
4. Sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).
5. Jenis portal struktur gedung adalah baja.
6. Mutu baja yang di gunakan adalah ASTM A992
  - Kuat leleh minimum ( $f_y$ ) = 50 ksi (345 Mpa)
  - Kuat tarik minimum ( $f_u$ ) = 65 ksi (450 Mpa)

### Konfigurasi Bangunan



Gambar 1: Denah struktur Model.



Gambar 2: Gambar proyeksi struktur Model lantai 9.

Gambar diatas merupakan pemodelan Struktur 2 dimensi untuk SRPM lantai 9 di mana pemodelan ini memiliki tinggi antara base ke lantai 1 setinggi 5,5 meter dan dari lantai 1 sampai seterusnya 4 meter. Sedangkan jarak antar kolom yang di modelkan sejarak 9 meter perkolom.

### 3. HASIL

#### Koreksi Gempa Dasar Nominal

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1, kombinasi respon untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V1) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya dan simpangan antar lantai harus dikalikan dengan faktor skala. Tabel 3: Nilai gaya geser dasar nominal analisa statik ekuivalen (V1) dan nilai gaya geser dasar nominal analisa respon spektrum output Program Analisa Struktur Vt.

Tabel 1. Program Analisa Struktur Vt

| Struktur | Arah Gempa | V1 (kN) | Vt (kN) |
|----------|------------|---------|---------|
| Lantai 9 | Gempa X    | 234,87  | 4121,61 |

Untuk memenuhi syarat berdasarkan SNI 1726:2012, maka nilai faktor skala harus lebih kecil atau sama dengan 1.

#### Koreksi Faktor Redundansi

Nilai gaya geser dengan redundansi 1 per lantainya harus dikoreksi dengan 35 persen gaya geser dasar dengan redundansi 1. Jika persyaratan tersebut

tidak terpenuhi, maka nilai faktor redundansi 1 harus diganti dengan redundansi 1,3. Dari hasil koreksi untuk setiap gaya geser diperoleh beberapa lantai yang tidak memenuhi syarat 35 persen gaya geser dasar.

#### Koreksi Skala Simpangan Antar Tingkat

Nilai  $V_1$  dan gaya geser dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) dapat dilihat pada Tabel 3. Kontrol Koreksi skala simpangan antar tingkat, yaitu:

Syarat :  $V_t \geq 0,85 C_s.W$

Berdasarkan Tabel 4 nilai  $V_t$  sb. x diperoleh:

**Tabel 2: Nilai gaya dasar nominal analisis respon spektrum ( $V_t$ ) sumbu X.**

| Struktur | Arah Gempa | $V_t$ (KN) | $0,85 C_s.W$ | Cek |
|----------|------------|------------|--------------|-----|
| Lantai 9 | Gempa X    | 4121,61    | 3503,37      | Oke |

Dengan demikian syarat skala simpangan antar lantai telah terpenuhi, yaitu gaya geser dasar respon spektrum ( $V_t$ ) lebih besar dari nilai  $C_s.W$ , sehingga simpangan antar lantai tidak perlu dikalikan dengan faktor skala.

#### Nilai Simpangan Gedung

Berdasarkan peraturan SNI 1726:2012, kontrol simpangan antar lantai hanya terdapat satu kinerja batas, yaitu kinerja batas ultimit. Simpangan antar lantai yang diizinkan yaitu 0,02 dikali tinggi lantai, nilai simpangan tidak boleh melebihi ketentuan tersebut. Pada hasil yang diperoleh, nilai simpangan antar lantai tidak melebihi batas izin atau memenuhi syarat.

#### Interstory Drift

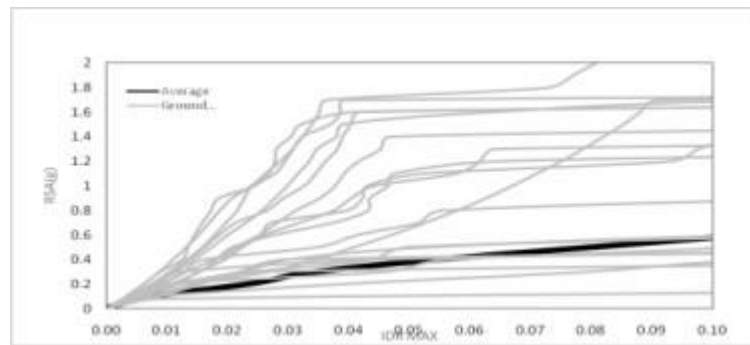
Jika masing-masing node mengalami perpindahan akibat gaya gempa, maka perpindahan tersebut dapat menghasilkan simpangan antar tingkat. Besarnya simpangan antar tingkat dipengaruhi oleh kekakuan dari struktur tersebut. Secara keseluruhan, nilai simpangan antar tingkat pada gempa tunggal lebih kecil dari nilai simpangan antar tingkat yang terjadi pada gempa berulang. Hal ini dapat kita pahami dikarenakan gempa berulang mengandung percepatan yang lebih besar dari pada gempa tunggal. Dan juga untuk gempa berulang akan memberikan dampak yang lebih terhadap struktur dibandingkan gempa tunggal.

**Tabel 3: Nilai perbandingan interstory drift untuk pemodelan 9 lantai faktor  $R=6$ .**

| Struktur | T (s) | Gempa tunggal fling |
|----------|-------|---------------------|
| 9 Lantai | 1,73  | 0,2002              |

#### Incremental Dynamic Analysis (IDA)

Incremental Dynamic Analysis yang dilakukan struktur lantai 9 menghasilkan gambaran respon dan kapasitas dari struktur yang selanjutnya dapat digunakan untuk membentuk kurva kerapuhan struktur sebagai metode dalam asmen kerapuhan seismik. Grafik IDA adalah hasil dari interstory drift Ratio.

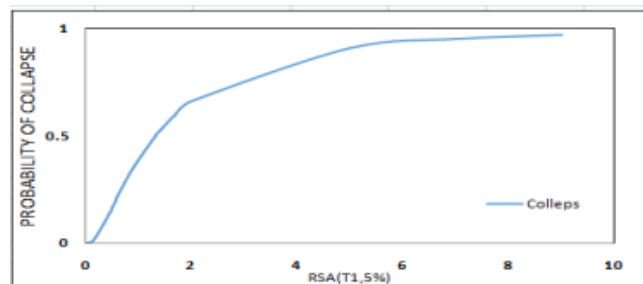


**Gambar 3: Grafik kurva IDA pemodelan centerline (CL), panel zone (SC), gravitasi (GF) terhadap bangunan 9 lantai.**

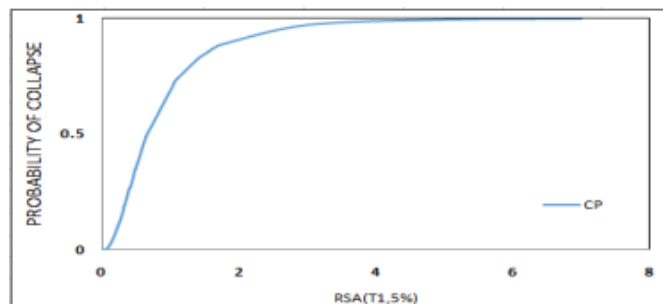
#### 4. PEMBAHASAN

##### Analisis Probability of Collapse

Dari proses Incremental Dynamic Analysis (IDA) didapatkan nilai IDR ratio pada RSA tertentu yang kemudian akan digunakan dalam menganalisa probabilitas collapse dan collapse prevention struktur gedung terhadap nilai RSA. Hasil Probabilitas keruntuhan struktur untuk ketiga model dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



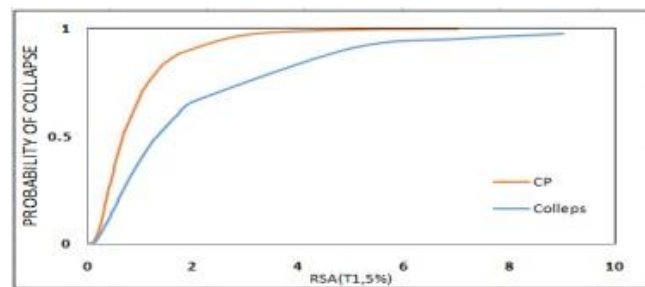
**Gambar 4: Grafik kurva kerapuhan 10% (Collapse) gempa tunggal terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.**



**Gambar 5: Grafik kurva kerapuhan 5% (collapse prevention) gempa tunggal terhadap struktur 9 lantai dengan faktor R=6.**

##### Perbandingan Kurva Fragility

Pada perbandingan kurva fragility ini melihatkan perbedaan pada collapse (C), collapse prevention (CP)



**Gambar 6:** Grafik perbandingan kurva kerapuhan pada saat collapse dan collapse prevention pada pemodelan centerline (CL) pada bangunan lantai 9.

#### Median Kurva Kerapuhan

Nilai median yang telah diperoleh dari analisis kurva kerapuhan collapse (C) = 10%, dan collapse prevention (CP) = 5%, lihat pada gambar tunggal.

**Tabel 4 :** Nilai RSA(T1) untuk nilai median Probability of collapse (50%) pada struktur 9 lantai.

| Kondisi Keruntuhan | TUNGGAL RSA(T1,5%) |
|--------------------|--------------------|
| 10%                | 0.667              |
| 5%                 | 1,319              |

Dari Gambar diatas terlihat bahwa untuk mencapai kondisi 50% saat collapse pada pemodelan centerline membutuhkan RSA sebesar 0,67, dan saat collapse prevention membutuhkan RSA sebesar 1,319.

**Tabel 5:** rasio perbandingan antara RSA collapse dan collapse prevention.

| Pemodelan | RSA<br>Collapse/collapse prevention |
|-----------|-------------------------------------|
| CL        | 0.505                               |

Dari hasil perbandingan nilai RSA collapse dan collapse prevention pada saat 50% didapatkan 0.5. Hasil ini membuktikan bahwasannya perhitungan pada analisis kinerja keruntuhan sudah benar, dimana kerapuhan collapse (10%) dan collapse prevention (5%) juga memiliki rasio 0.5.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil studi yang dilaksanakan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Menurut hasil analisis Incremental Dynamic Analysis perilaku struktur Centerline bila terkena gempa Fling adalah sebagai berikut:
  - Pada Pemodelan Centerline (FCL) saat nilai RSA (T1) =1.77 diperoleh nilai IDR = 0.2002.
  - Setelah terjadi peningkatan RSA maka akan terlihat terjadi perbedaan IDR max, yang mana kedua grafik sudah sangat memisah.
- Menurut hasil analisis, diperoleh probabilitas keruntuhan struktur gedung SRPM struktur baja bila terkena gempa fling:
  - Nilai keruntuhan centerline pada keruntuhan 10% didapat angka 0,667
  - Untuk kondisi keruntuhan (IDR = 5%) didapat angka 1,319

## REFERENSI

Abd Rahim, S. M., Mohd Zahid, M. Z. A., Wan Omar, W. M. S., bin Ab Rahim, M. A., & Faisal, A. (2016). Assessment of Reinforced Concrete Building with Soil Structure

- Interaction Effect under Vertical Earthquake. In *Materials Science Forum* (Vol. 857, pp. 331-336). Trans Tech Publications Ltd.
- Adnan, S. H., Rahman, I. A., Saman, H. M., & Riza, F. V. (2012). Pozzolan properties of micronized biomass silica in enhancing compressive strength and water permeability of concrete. *Modern Applied Science*, 6(11), 1.
- Ahmad Mujahid, A. Z., Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). *Potential of RHA in foamed concrete subjected to dynamic impact loading* (Vol. 594, pp. 395-400). Trans Tech Publications Ltd.
- Ahmad Mujahid, A. Z., Hadipramana, J., Samad, A. A. A., & Mohamad, N. (2014). *Investigation on Impact Resistance Foamed Concrete Reinforced by Polypropylene Fibre* (Vol. 594, pp. 24-28). Trans Tech Publications Ltd.
- Ahmad, M. M., Zainol, N. Z., Ab Manaf, M. B. H., Faisal, A., & Zahid, M. M. (2020). APPLICATION OF NATURAL FIBER FOR SHORT TERM STABILIZATION OF MARINE CLAY SLOPE. *Journal of Advanced Manufacturing Technology (JAMT)*, 14(2 (2)).
- Ambak, K., Hadipramana, J., Abas, N. A., Mohkatar, S. N., & Jani, Z. (2018). Investigation on Potential of Recycle Plastic Bottles as a Crash Cushion for Road Barrier. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(4).
- Asfiati, S., Riky, M. N., & Rajagukguk, J. (2020). Measurement and evaluation of sound intensity at the Medan Railway Station using a sound level meter. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1428, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Asfiati, S. (2018, June). TINGKAT KERUSAKAN JALAN PADA PERKERASAN KAKU AKIBAT VOLUME KENDARAAN DI JALAN PERKOTAAN. In SEMNASTEK UISU 2018.
- Faisal, A. (2013). Pemodelan Getaran Gempa Struktur Beton untuk Analisis Tidak Linier. In *Seminar Nasional IV HASTAG*, Medan.
- Faisal, A. (2009). INFLUENCE OF PULSE PERIOD AND OSCILLATORY CHARACTER IN NEAR-FAULT GROUND MOTIONS ON THE RESPONSE OF RC STRUCTURE. In *Symposium of USM Fellowship Holders* (p. 36).
- Frapanti, S. (2018). Studi perhitungan kekakuan portal dinding bata pada bangunan bertingkat dari beberapa negara dengan pushover. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 4(1 JUNI), 1-10.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mokhtar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ahmad Mujahid, A. Z., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). *Contribution of RHA granules as filler to improve the impact resistance of foamed concrete* (Vol. 594, pp. 93-97). Trans Tech Publications Ltd.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ibrahim, R., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2015). The energy absorption of modified foamed concrete with rice husk ash subjected to impact loading. *ARPJ. Eng. Appl. Sci*, 11, 7438-7442.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mokhtar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ibrahim, R., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2015). The energy absorption of modified foamed concrete with rice husk ash subjected to impact loading. *ARPJ. Eng. Appl. Sci*, 11, 7438-7442.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Ahmad Mujahid, A. Z., Mohamad, N., & Riza, F. V. (2014). *Contribution of RHA granules as filler to improve the impact resistance of foamed concrete* (Vol. 594, pp. 93-97). Trans Tech Publications Ltd.
- Muhammad, N. A., Muhyiddin, M., Faisal, A., & Anindito, I. A. (2017). The Study of Development of Science and Technopark (STP) in Indonesia. *Jurnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, 1(1), 14-31.

- Prapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Penerapan Batu Bata Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk Peningkatan Pendapatan Home Industri Batu Bata Deli Serdang. *Jurnal Abdi Mas Adzkia*, 1(1), 9-17.
- Rhini, W. D., & Sri, F. (2019, November). The flexural buckling comparison between open and close cross sections in high column structure. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 674, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- Riza, F. V., Hadipramana, J., Rahman, I. A., & Faisal, A. (2021). Particle Size and Microstructure Characterization of Uncontrolled Burning Rice Husk Ash (RHA) as Pozzolan Material. In *Materials Science Forum* (Vol. 1029, pp. 97-103). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., Hadipramana, J., Rahman, I. A., & Faisal, A. (2021). Particle Size and Microstructure Characterization of Uncontrolled Burning Rice Husk Ash (RHA) as Pozzolan Material. In *Materials Science Forum* (Vol. 1029, pp. 97-103). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., & Rahman, I. A. (2014). The Properties of Compressed Earth-Blocks (CEB) Masonry Blocks. *J. Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks: Design, Properties and Durability*, 17, 379-392.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., Ahmad Mujahid, A. Z., & Loo, L. Y. (2013). Effect of Soil Type in Compressed Earth Brick (CEB) with Uncontrolled Burnt Rice Husk Ash (RHA). In *Advanced Materials Research* (Vol. 626, pp. 971-975). Trans Tech Publications Ltd.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., & Zaidi, A. M. A. (2012). Influence of unground palm oil fuel ash (UPOFA) in compressed earth brick (CEB) properties. In *Advanced Materials Research* (Vol. 488, pp. 188-193). Trans Tech Publications Ltd.
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Ahmad Mujahid, A. Z., & Mohamad, N. (2014). Investigation on energy absorption of slab foamed concrete reinforced by polypropylene fibre subjected to impact loading. In *Advanced Materials Research* (Vol. 831, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- Sri, F., & Rhini, W. D. (2019, November). Stiffness analysis comparison of masonry full infills frame and masonry open middle span frame using Lubuk Pakam Bricks with pushover analysis. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 674, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Sri Frapanti, S. T., & Fahrizal Zulkarnain, S. T. (2021). *Dasar-Dasar Desain dan Analisa Beton Prategang*. umsu press.