

# **PENGARUH LUAS LUBANG BUKAAN DINDING TERHADAP ENERGI DISIPASI PORTAL BETON BERTULANG**

**RAIHAN JETSON MARSA<sup>1</sup>, JATI SUNARYATI<sup>1\*</sup>, JAFRIL TANJUNG<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

\*Corresponding Author : ✉ [jati@eng.unand.ac.id](mailto:jati@eng.unand.ac.id)

Naskah diterima : 9 November 2024. Disetujui: 29 Desember 2024.. Diterbitkan : 30 Desember 2024.

---

## **ABSTRAK**

Dinding bata pada struktur portal sering kali dianggap sebagai komponen non struktural atau bagian dari arsitektur akibatnya, pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan. Pada kenyataannya, dinding bata memiliki nilai kekuatan dan kekakuan tertentu dalam menahan beban lateral. Pada bangunan beton bertulang, struktur portal tidak hanya diisi oleh dinding bata penuh tetapi juga dinding bata ada bukaan (lubang) yang berfungsi sebagai ruang untuk pemasangan jendela, pintu, ventilasi dan lain-lain. Studi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh luas lubang bukaan terhadap kinerja lateral portal beton bertulang dengan pembebanan siklik. Studi ini dilakukan dengan membandingkan 6 buah model spesimen yaitu struktur portal beton bertulang dengan dinding penuh (F-O-0), struktur portal beton bertulang dengan luas lubang bukaan pada dinding sebesar 15% (F-O-15), 25% (F-O-25), 40% (F-O-40), 55% (F-O-55), dan struktur portal beton bertulang tanpa dinding (F-O-100). Penelitian dilakukan secara numerik menggunakan software ATENA V5.9.0 (Demo Version). Output yang didapatkan dengan bantuan software ATENA yang akan dibandingkan yaitu kurva histerisis beban-perpindahan dan pengaruh luas lubang bukaan pada dinding. Dari hasil analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa terjadinya penurunan energi disipasi seiring bertambahnya luas lubang bukaan pada dinding pengisi.

**Kata kunci :** Dinding Bata, Model Numerik, Energi Disipasi

---

## **1. PENDAHULUAN**

Dinding bata pada struktur portal sering kali dianggap sebagai komponen non struktural atau bagian dari arsitektur akibatnya, pengaruh kekuatan dan kekakuan dinding bata sering tidak diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan. Pada kenyataannya, dinding bata memiliki nilai kekuatan dan kekakuan tertentu dalam menahan beban lateral. Hal ini terlihat pada beberapa kasus gedung dengan pengaruh gempa, ternyata dinding bata

memberikan pengaruh dalam memikul beban lateral. Keretakan pada dinding bata menunjukkan terjadi transfer beban dari rangka ke dinding bata. Selain itu, adanya dinding dapat meningkatkan energi disipasi sehingga kekakuan pada portal juga meningkat. Energi total yang diberikan kepada struktur rangka beton bertulang pada suatu pembebanan mampu diserap (didisipasi) melalui mekanisme kerusakan berupa keretakan struktur dan kelelahan tulangan (Prima & Maidiawati, 2022).

Pada bangunan beton bertulang, struktur portal tidak hanya diisi oleh dinding bata penuh tetapi juga dinding bata ada bukaan (lubang) yang berfungsi sebagai ruang untuk pemasangan jendela, pintu, ventilasi dan lain-lain. Walaupun sudah banyak dilakukan penelitian eksperimental pada perilaku lateral dari rangka dengan pengisi dinding bata penuh, namun beberapa percobaan dilakukan pada portal pengisi bata dengan bukaan terlepas dari kenyataan bahwa bukaan pintu dan jendela dibuat pada banyak dinding bata untuk alasan yang bersifat arsitektur. Hal ini telah ditunjukkan pada banyak penelitian bahwa bukaan dapat mengubah perilaku pada dinding bata dan membuatnya lebih rumit. Umumnya, dengan adanya bukaan pada dinding bata dapat mengurangi kekakuan dan kekuatan dari pengisi. Penambahan dimensi bukaan akan mengurangi kekuatan dan kekakuan efektif dari portal dengan pengisi (Mohammadi & Nikfar, 2013).

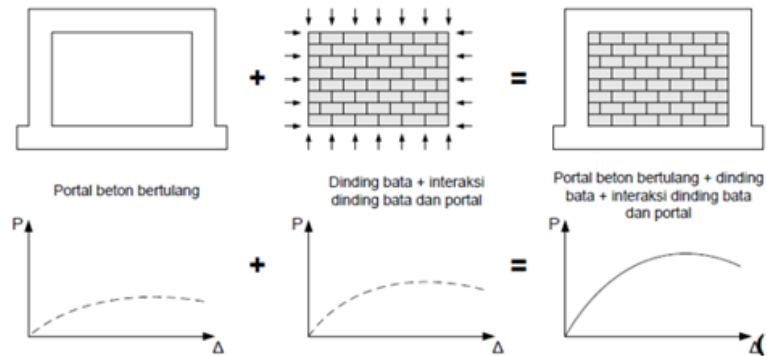
Penelitian ini diadopsi dari eksperimental dinding bata pengisi dengan bukaan pada portal beton bertulang telah dilakukan oleh (Maidiawati et al., 2019) dimana pada eksperimental tersebut diujikan portal dengan tanpa dinding, dinding pengisi penuh dan dinding dengan bukaan. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kesimpulan adanya bukaan tengah pada dinding pengisi mengurangi kekuatan lateral dan disipasi energi bila dibandingkan dengan rangka yang terisi penuh. Penelitian serupa juga dilakukan oleh (Prima & Maidiawati, 2022) dengan tambahan variasi bukaan dinding pengisi sebanyak 2 bukaan jendela. Setelah benda uji tersebut dilakukan pengujian dan dianalisis, dapat ditarik kesimpulan bukaan pada portal beton bertulang mengalami penurunan kekuatan lateral, hal ini tergantung pada luasan bukaan. Struktur portal beton bertulang dengan ada bukaan (lubang) dapat meningkatkan daktilitas struktur. Inovasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah penelitian dilakukan secara numerik dengan menggunakan *software* ATENA 2D serta, penambahan variasi lubang bukaan dinding dengan bukaan 15% dan 55%.

Penelitian secara numerik menjadi salah satu solusi dalam mendapatkan hasil dari analisis pengaruh lubang bukaan dinding pengisi pada struktur portal beton bertulang. Hal itu dikarenakan pemodelan menggunakan *software* sehingga analisis mudah untuk dilakukan. Selain itu, analisis model numerik tidak memakan biaya ataupun ruang yang besar. Apabila dalam pendekatan pemodelan numerik didapatkan hasil yang mendekati kondisi aktual maka, untuk model selanjutnya, dapat dibuat dengan geometri yang berbeda menggunakan pendekatan yang sama.

Pemodelan struktur portal beton bertulang dengan dinding pengisi penuh dan dinding dengan bukaan beserta analisisnya menggunakan *software* ATENA v5. ATENA (*Advanced Tool for Engineering Nonlinear Analysis*) adalah *software* yang digunakan untuk menganalisis struktur beton dan beton bertulang. Pemodelan yang dibuat mengacu pada penelitian atau eksperimental yang telah dilakukan dengan beberapa modifikasi.

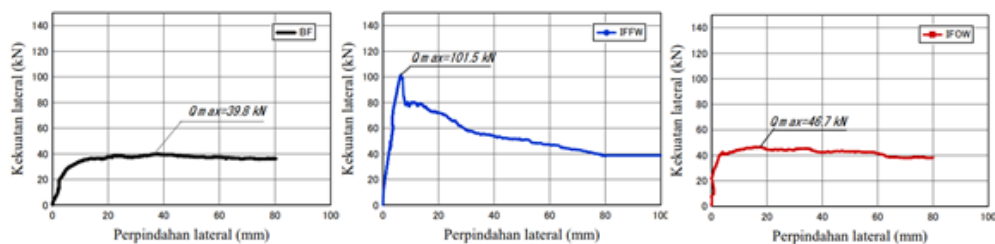
Menurut (Zarkasi et al., 2022) Struktur Rangka Portal Beton dengan dinding pengisi merupakan struktur dengan perilaku komposit. Dalam menahan gaya akibat gempa, kekakuan lateral dan kekuatan struktur sangat bergantung dari sifat-sifat struktur rangka, dinding pengisi, dan kekakuan rangka. Selain dapat meningkatkan kekakuan, aksi dinding

juga dapat mengurangi deformasi lateral dan mengubah perilaku dinamis. Perilaku dinding pengisi sangat dipengaruhi oleh respon getas dari bata ringan terhadap beban tarik dan kekuatan mortar. Perilaku dinding bata merupakan kombinasi dari tiga macam perilaku, yaitu perilaku portal beton bertulang, perilaku dinding bata, dan perilaku interaksi antara dinding bata dengan portal beton bertulang, sebagaimana tampak pada **Gambar 1**. (Saputra et al., 2015).



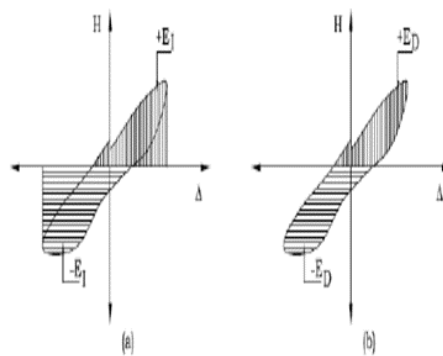
**Gambar 1.** Perilaku Dinding Bata Pada Portal Beton Bertulang

Sejumlah pengujian dan studi analisis terkait dinding dengan bukaan juga telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Mallick dan Garg (1971) meneliti pengaruh lokasi bukaan pada dinding terhadap kekakuan lateral dari struktur rangka. Pada penelitian ini juga mengevaluasi perilaku dari beberapa tipe struktur rangka yang memiliki dan tanpa *shear connector* di bawah sistem pembebanan yang sama. Mallick dan Garg mendapatkan bahwa struktur rangka dengan dinding ada bukaan memiliki kekuatan dan kekakuan lateral yang meningkat secara keseluruhan dibandingkan terhadap struktur rangka tanpa dinding (Maidiawati et al., 2015).



**Gambar 2.** Perbandingan Kekuatan Lateral Struktur Rangka

Energi total yang diberikan kepada struktur pada suatu pembebanan disebut energi input. Sebagian energi input yang diberikan pada struktur diserap (didisipasi) oleh struktur melalui mekanisme kerusakan berupa retakan struktur dan kelelahan tulangan. Pada kurva histeritik, energi input diidentifikasi sebagai luas daerah yang dibatasi kurva tertutup histeresis beban dan perpindahan. Definisi energi input dan energi disipasi diperlihatkan pada **Gambar 3**. (Sari et al., 2018).

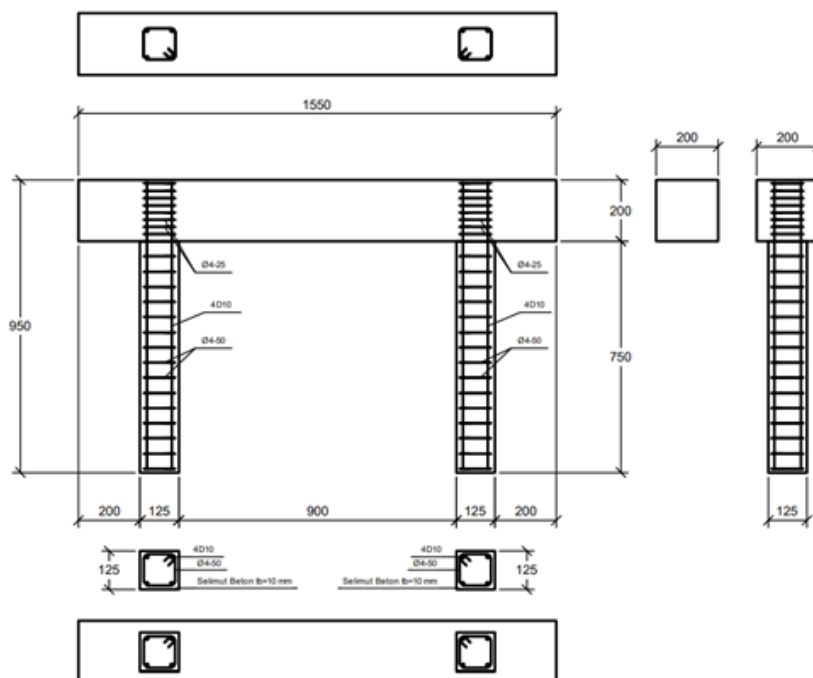


**Gambar 3.** Definisi Energi Input dan Energi Disipasi Struktur pada kurva beban-perpindahan

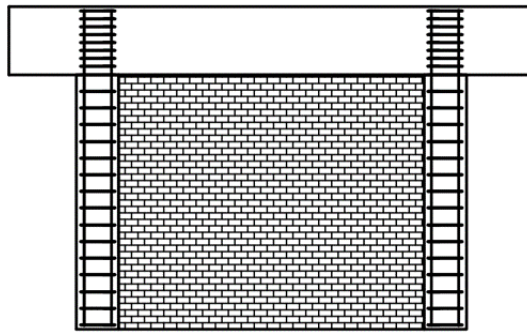
## 2. METODA PENELITIAN

## 2.1. Pemodelan Struktur

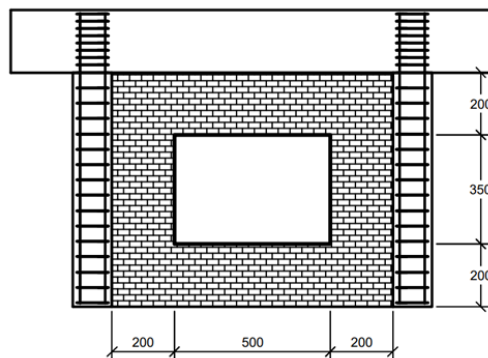
Pada penelitian ini, struktur beton bertulang yang akan dibahas adalah portal (dua kolom dan satu balok) dengan dimensi terlihat pada **Gambar 4**. Portal tersebut memiliki dinding bata dengan ketebalan 40 mm sudah termasuk plester dengan ketebalan total 10 mm. Dinding bata tersebut dianggap satu kesatuan dengan plester. Dimensi serta parameter pada benda uji diambil dari penelitian oleh Maidiawati et al., 2019.



#### Gambar 4. Detail Pemodelan Struktur



**Gambar 5.** Pemodelan portal dengan dinding pengisi



**Gambar 6.** Pemodelan portal dengan dinding pengisi dengan bukaan

Pada **Tabel 1.** menunjukkan variasi bukaan pada dinding portal beton bertulang.

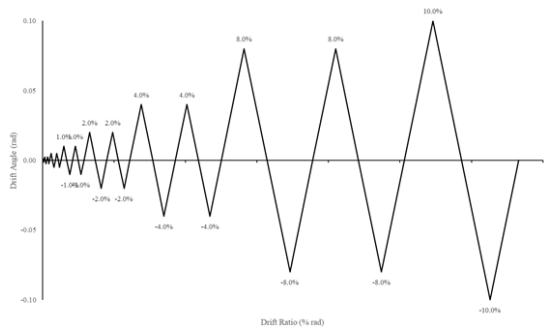
**Tabel 1.** Variasi bukaan dinding

| Model   | Bukaan | Dimensi Bukaan |             |
|---------|--------|----------------|-------------|
|         |        | Panjang (mm)   | Tinggi (mm) |
| F-O-0   | 0%     | -              | -           |
| F-O-15  | 15%    | 450            | 250         |
| F-O-25  | 25%    | 500            | 350         |
| F-O-40  | 40%    | 650            | 420         |
| F-O-55  | 55%    | 700            | 550         |
| F-O-100 | 100%   | 900            | 750         |

## 2.2. Metode Pembebanan

Sudut drift R yang digunakan untuk mengontrol beban lateral tambahan yang diterapkan pada spesimen adalah siklus awal ke  $R=1/800$  kemudian diikuti oleh masing-masing dua

siklus ke  $R=1/400$ ;  $1/200$ ;  $1/100$ ;  $1/50$ ;  $1/25$ ;  $1/12,5$ ; dan satu siklus ke  $R=1/10$  sebagai *pushover*. Jika spesimen runtuh sebelum siklus terakhir maka, pembebanan dihentikan.



**Gambar 7.** Pembebanan pada model numerik

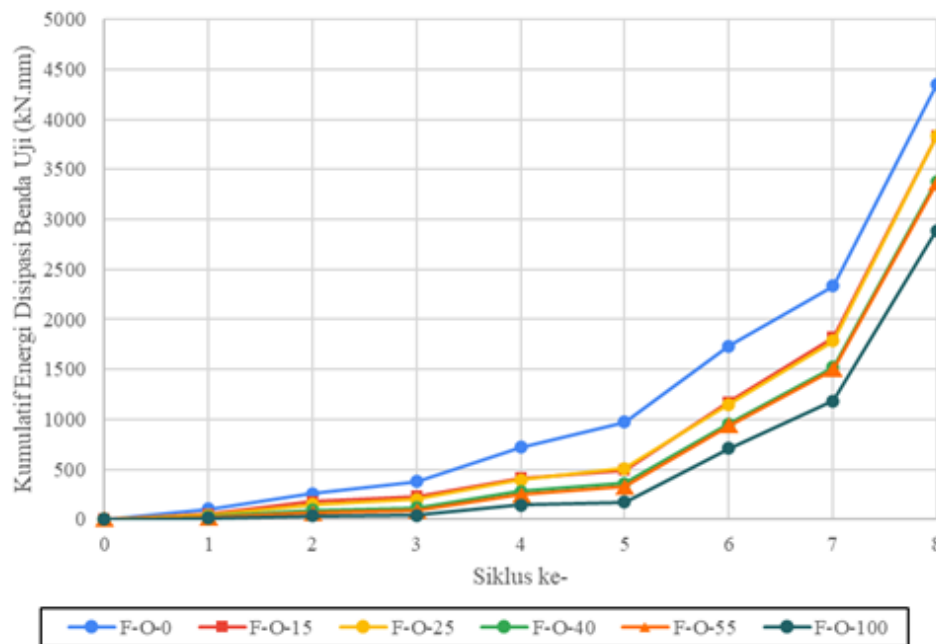
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi disipasi dapat diketahui dengan menghitung luas kurva histeresis per siklus pembebanan. Dari **Tabel 2.** dan **Gambar 8.** dapat terlihat perbandingan energi disipasi selama siklus pembebanan pada benda uji F-O-0, F-O-15, F-O-25, F-O-40, F-O-55, dan F-O-100 dari siklus pertama hingga siklus kedelapan. Penambahan bukaan sebesar 15%, 25%, 40% dan 55% pada dinding bata diketahui mengurangi energi disipasi yang terjadi pada struktur.

**Tabel 2.** Tabel Kumulatif Energi Disipasi per Siklus Pembebanan

| Siklus ke- | Kumulatif Energi Disipasi Benda Uji (kN.mm) |         |         |         |         |         |
|------------|---------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|            | F-O-0                                       | F-O-15  | F-O-25  | F-O-40  | F-O-55  | F-O-100 |
| 1          | 104.56                                      | 52.33   | 38.45   | 26.78   | 19.24   | 9.14    |
| 2          | 255.77                                      | 176.05  | 149.18  | 88.83   | 63.08   | 33.23   |
| 3          | 374.63                                      | 230.13  | 200.47  | 114.87  | 88.43   | 40.85   |
| 4          | 720.88                                      | 414.26  | 392.15  | 282.36  | 247.03  | 140.52  |
| 5          | 971.85                                      | 494.51  | 506.86  | 359.83  | 324.83  | 173.71  |
| 6          | 1735.23                                     | 1175.06 | 1150.78 | 956.52  | 936.80  | 706.54  |
| 7          | 2332.35                                     | 1816.29 | 1785.75 | 1521.22 | 1497.24 | 1186.49 |
| 8          | 4344.50                                     | 3833.05 | 3831.84 | 3379.15 | 3365.75 | 2886.47 |

Berdasarkan **Tabel 2.** dapat dihitung penurunan energi disipasi pada setiap benda uji akibat adanya bukaan pada dinding bata. Pada benda uji F-O-15 terjadi penurunan energi disipasi kumulatif sebesar 11.77%, F-O-25 sebesar 11.80%, F-O-40 sebesar 22.22%, F-O-55 sebesar 22.53%, dan pada F-O-100 sebesar 33.56% terhadap benda uji F-O-0 seperti yang dijabarkan pada **Tabel 3.**

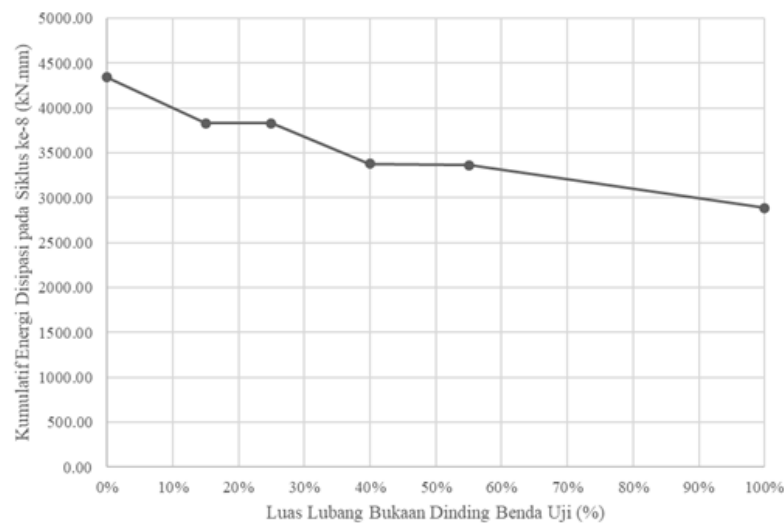


**Gambar 8.** Grafik Kumulatif Energi Disipasi

Pada **Gambar 8.** terlihat kurva disipasi energi kumulatif pada setiap benda uji per siklus pembebanan. Penurunan energi disipasi kumulatif terjadi seiring dengan bertambahnya bukaan pada dinding bata.

**Tabel 3.** Tabel Penurunan Energi Disipasi terhadap Benda Uji F-O-0

| Luas Lubang Bukaan Dinding Benda Uji | Kumulatif Energi Disipasi pada Siklus ke-8 (kN.mm) | Penurunan Energi Disipasi terhadap Benda Uji F-O-0 |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0%                                   | 4344.50                                            | -                                                  |
| 15%                                  | 3833.05                                            | 11.77%                                             |
| 25%                                  | 3831.84                                            | 11.80%                                             |
| 40%                                  | 3379.15                                            | 22.22%                                             |
| 55%                                  | 3365.75                                            | 22.53%                                             |
| 100%                                 | 2886.47                                            | 33.56%                                             |



**Gambar 9.** Grafik Penurunan Energi Disipasi Benda Uji pada Siklus ke-8

Pada **Gambar 9.** terlihat kurva kumulatif disipasi energi siklus ke-8 mengalami penurunan seiring bertambahnya luas lubang bukaan dinding pengisi. Penurunan kumulatif energi disipasi siklus ke-8 terjadi secara tidak linear.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis Pengaruh Luas Lubang Buka Dinding terhadap Energi Disipasi Portal Beton Bertulang, dapat diambil kesimpulan bahwa penurunan energi disipasi kumulatif hingga siklus ke-8 pada benda uji F-O-15, F-O-25, F-O-40, F-O-55, dan F-O-100 terjadi sebesar 11.77%, 11.80%, 22.22%, 22.53%, dan 33.56% terhadap benda uji F-O-0; dan penurunan kumulatif energi disipasi siklus ke-8 terjadi secara tidak linear.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Červenka, V., Jendele, L., & Červenka, J. (2021). *ATENA Program Documentation Part 1 Theory*. Prague: Červenka Consulting.
- Maidiawati, Pratama, N., Tanjung, J., & Medriosa, H. (2015). Studi Eksperimen Evaluasi Pengaruh Dinding Bata dengan Bukaan (Wall With Opening) terhadap Kuat Lateral Struktur Rangka Beton Bertulang. *Prosiding 2nd Andalas Civil Engineering National Conference* (pp. 254-260). Padang: Universitas Andalas.
- Maidiawati, Tanjung, J., Hayati, Y., Agus, & Medriosa, H. (2019). Experimental Investigation of Seismic Performance of Reinforced Brick Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames with Central Opening. *Journal of GEOMATE*, Vol. 16, Issue 57, pp. 35-41.
- Mohammadi, M., & Nikfar, F. (2013). Strength and Stiffness of Masonry-Infilled Frames with Central Openings Based on Experimental Results. *Journal of Structural Engineering*, 139:974-984.
- Prima, O., & Maidiawati. (2022). Analisis Kapasitas Seismik Struktur Rangka Beton Bertulang dengan Dinding Bata Ada Bukaan. *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi, Vol 1 No 1* (pp. 596-604). Padang: Institut Teknologi Padang.

- Saputra, U., Putra, H., Tanjung, J., & Thamrin, R. (2015). Studi Eksperimental Pengaruh Dinding Bata terhadap Ketahanan Kolom Struktur Portal Sederhana. *Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Andalas*, Vol. 11 No. 2 Hal. 25-35.
- Sari, M., Abdullah, & Afifuddin, M. (2018). Perilaku Lateral Siklik Portal Beton Bertulang Berisi Dinding Bata Merah. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, Volume 1 Special Issue, Nomor 4.
- Tanjung, J., & Maidiawati. (2016). Studi Eksperimental tentang Pengaruh Dinding Bata Merah Terhadap Ketahanan Lateral Struktur Beton Bertulang. *Jurnal Teknik Sipil ITB*, Vol. 23 No. 2 Hal. 99-106.
- Zarkasi, A., Hariyadi, & Fitayudha, A. (2022). Studi Perbandingan Kapasitas Portal Beton Dinding Pengisi Bata Ringan Pengujian Laboratorium dan SAP 2000 Terhadap Gaya Lateral. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 14, No. 1.