

ANALISIS PERFORMA SEISMİK BANGUNAN GEDUNG SEKOLAH DASAR NEGERI 09 PASAMAN TANPA DAN DENGAN MEMPERHITUNGGAN PENGARUH DINDING BATA MERAH

Dino Saputra¹, Eka Juliafad²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: dinosaputra497@gmail.com

Abstrak: Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman merupakan sekolah dasar yang berada di Jalan Cindua Mato, Jorong Pasaman Baru, Kelurahan Lingkuang Aua, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman memiliki 3 gedung utama yaitu gedung A, B dan C. Khusus gedung B sendiri dibangun pada tahun 2019, dimana gedung tersebut mengalami beberapa 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 keadalam 10 km dan tidak berpotensi tsunami. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja seismik struktur dari bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman khususnya gedung B tanpa dan dengan memperhitungkan pengaruh dinding bata merah terhadap struktur. Dinding bata merah dimodelkan dengan diagonal strut berdasarkan pada metode FEMA 273. Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode analisis statik non linear pushover. Beban gempa yang bekerja pada bangunan mengacu pada SNI 03-1726-2019 dan untuk beban lainnya mengacu pada SNI 03-1727-2020. Untuk perhitungan kapasitas elemen struktur beton, mengacu pada SNI 03-2847-2019. Untuk menentukan level kinerja struktur mengacu pada Metode Displacement Coefficient FEMA 356. Analisis struktur dilakukan dengan menggunakan software SAP2000. Hasil penelitian menunjukkan meningkatnya nilai base shear dan daktilitas pada struktur bangunan. Namun pada nilai drift actual dan simpangan atap mengalami penurunan. Hal ini dipengaruhi oleh banyaknya bukaan dinding pada bangunan yang berada di atas 40%.

Kata Kunci : *analisis pushover*, FEMA 356, dinding bata merah, diagonal strut, gempa

Abstract: Public Elementary School 09 Pasaman is an elementary school located on Jalan Cindua Mato, Jorong Pasaman Baru, Lingkuang Aua Village, Pasaman District, West Pasaman Regency, West Sumatra Province, Indonesia. Pasaman 09 Public Elementary School has 3 main buildings, namely buildings A, B, C. Especially for building B, it was built in 2019, where the building experienced some non-structural damage after the earthquake in West Pasaman Regency. This earthquake occurred on February 25 2022 with a magnitude of 6.2 with a depth of 10 km and no potential for a tsunami. This study aims to evaluate the structural seismic performance of the Pasaman 09 Public Elementary School Building, especially building B without and taking into account the effect of red brick walls on the structure. The red brick wall is modeled with diagonal struts based on the FEMA 273 method. The method used for this study is a static non-linear pushover analysis method. Earthquake loads acting on buildings refer to SNI 03-1726-2019 and for other loads refer to SNI 03-1727-2020. For calculation of the capacity of concrete structural elements, refer to SNI 03-2847-2019. To determine the level of structural performance refers to the FEMA 356 Coefficient Displacement Method. Structural analysis was carried out using SAP2000 software. The results showed an increase the value of base shear and ductility of the building structure. However, the value of the actual drift and roof deviation has decreased. This is influenced by the number of wall openings in buildings that are above 40%.

Kata Kunci : *pushover analysis*, FEMA 356, red brick walls, diagonal strut, earthquake

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah fenomena alam yang dapat terjadi sewaktu-waktu. Gempa bumi menghasilkan getaran dengan intensitas yang bervariasi, mulai dari gempa besar yang dapat merusak bangunan hingga gempa kecil yang tidak dapat dirasakan oleh manusia. Runtuhnya bangunan akibat gempa bumi dapat terjadi karena perencanaan dan pelaksanaan bangunan tidak memenuhi standar yang berlaku (1)

Sumatera Barat termasuk daerah rawan terjadinya gempa dikarenakan berada di antara pertemuan dua lempengan, lempeng Eurasia dan lempengan Pasifik. Gempa besar di Sumatera Barat merusak dan meruntuhkan bangunan, termasuk bangunan beton bertulang. Bangunan beton bertulang yang rusak biasanya berkualitas buruk. Gempa yang pernah mengguncang Provinsi Sumatera Barat ditahun 2007 dan 2009 menunjukkan tingkat keruntuhan dan kerusakan bangunan beton bertulang yang tinggi karena kualitasnya yang buruk (2). Selain itu, penyebab bangunan rawan runtuh dan rusak adalah karena cacat struktural bangunan, seperti tata letak tulangan yang tidak tepat, kualitas penuangan dan pemadatan beton yang buruk, dan bekisting yang kurang lancar (3)

Struktur beton bertulang telah banyak digunakan baik pada bangunan tingkat maupun pada bangunan sederhana di Sumatera Barat. Selama dua dekade terakhir, banyak bangunan beton bertulang yang rusak dan runtuh akibat gempa bumi. Jenis konstruksi di Sumatera Barat didominasi oleh bangunan beton bertulang bertingkat menengah, terhitung lebih dari 50% dari total bangunan yang ada (4)

Bata merah adalah suatu material bangunan yang banyak dijadikan sebagai dinding, terutama untuk pelapis dinding eksterior atau partisi interior untuk memenuhi kebutuhan arsitektural dan selera keindahan visual bangunan, terutama pada bangunan bertingkat rendah dan menengah. Hal ini disebabkan karakteristik harga yang terjangkau, ketersediaan yang berlimpah, bahkan tahan terhadap cuaca (5–13)

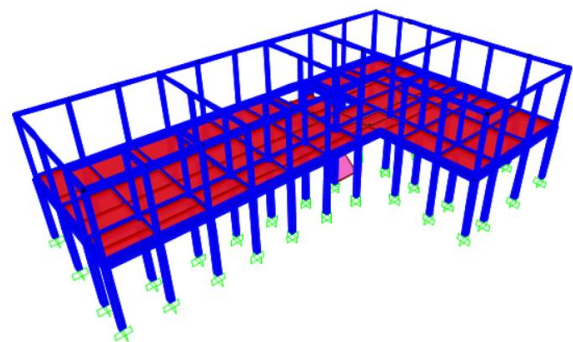
Secara umum, dinding dianggap hanya sebagai beban pada struktur, hingga dampak pengaruh dari dinding pengisi jarang diperhitungkan saat perencanaan konstruksi. Sering kali dalam suatu perancangan konstruksi, bangunan hanya dimodelkan dalam struktur rangka terbuka dengan dinding yang berfungsi sebagai beban gravitasi.

Namun dalam beberapa kali terjadinya gempa bumi, nyatanya dinding bata juga dapat menahan beban yang terjadi. Retakan yang ditemukan pada dinding menandakan perpindahan beban terhadap dinding (5)

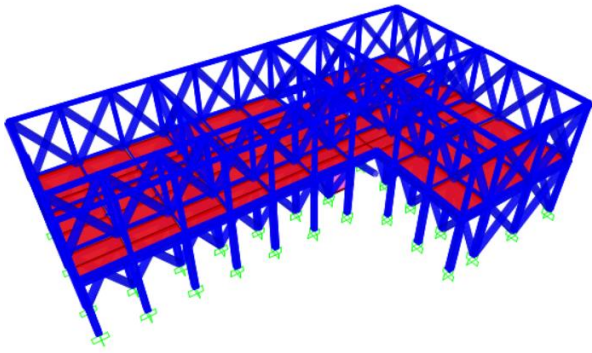
Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai dampak dinding bata terhadap struktur, diantaranya adalah; Dewobroto, W (2005), West Topol, M (2015), Aryanto (2008), Tanjung, J., Leksono, R, Iranata,., Kristianto, H (2012), dan Maidiawati, (2016). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa dinding pada struktur bangunan dapat berfungsi sebagai penahan gempa. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa dinding bata pada konstruksi rangka juga mampu menambah kekakuan bangunan beton bertulang.

(14) juga menguji struktur beton bertulang dengan menggunakan dinding bata dan tanpa menggunakan dinding bata, dan menemukan bahwa pengaruh dinding bata pada struktur bangunan menaikkan ketahanan lateral keseluruhan struktur sebesar 4 kali dibandingkan dengan struktur rangka tanpa dinding, tetapi daktilitas struktur telah berkurang sekitar setengahnya. Dinding bata sebagai beban pada struktur rangka membantu meningkatkan ketahanan dan kekakuan bangunan secara signifikan (14,15)

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan pemodelan dinding bata merah pada struktur dengan menggunakan *software* SAP2000. Kemudian membandingkan pemodelan yang tanpa menggunakan pemodelan dinding dengan pemodelan yang menggunakan pemodelan dinding bata merah (diagonal strut).



Gambar 1. Pemodelan Tanpa Model Strut



Gambar 2. Pemodelan Dinding Bata Dengan Strut

METODE PENELITIAN

A. Metode

Penelitian ini menggunakan analisis statik non-linier yaitu analisis pushover, dengan menggunakan pemodelan dinding bata merah dan tanpa pemodelan dinding bata merah menggunakan program SAP2000 V.16. Tahapan dalam penelitian ini berpatokan pada FEMA 356 .(16)

B. Objek Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, objek penelitiannya adalah bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman. Landasan pemilihan objek penelitian ini adalah memeriksa bagaimana kinerja struktur Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman dengan dan tanpa pemodelan dinding bata merah. Lokasi objek penelitian berokasi di Jalan Cindua Mato, Jorong Pasaman Baru, Kelurahan Lingsuang Aua, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat.

C. Diagram Alir

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan tinjauan pustaka sesuai kasus yang dianalisis. Selanjutnya melakukan pengukuran dimensi dinding bangunan guna melengkapi data primer yang dibutuhkan. Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan mengacu pada penelitian (17).



Gambar 3. Gedung B SDN 09 Pasaman

D. Analisis Pushover

Analisis pushover merupakan bagian dari desain seismik berbasis kinerja sebagai sarana untuk mengetahui kapasitas suatu struktur.

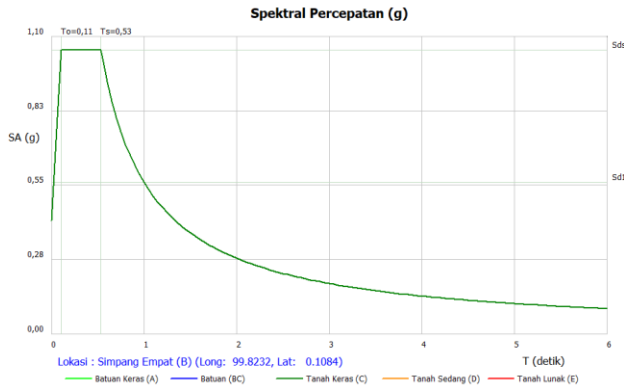
Hasil analisis statik tembok pembatas berupa kurva beban yang memuat informasi hubungan antara gaya geser dasar dengan pergerakan atap (15). Kuat geser aktual struktur kemudian dapat ditentukan dari kurva kapasitas beban, yang bergantung pada penentuan titik geser pada saat leleh awal dan penentuan titik geser akhir (titik geser yang diharapkan).

Tahapan – tahapan analisis pushover

Analisis push (18.19) mempunyai tahapan penting yaitu:

1. Penentuan titik kendali untuk mengontrol besar kecilnya pergerakan struktur. Besarnya perpindahan titik kendali dan perpindahan alas digunakan untuk menghasilkan kurva dorong.
2. Buatlah kurva gaya dorong berdasarkan model distribusi gaya yang sesuai dengan distribusi gaya lateral, khususnya gaya inersia, sehingga deformasi dominan diperkirakan mendekati deformasi akibat gempa.
3. Memperkirakan jumlah gerakan lateral atau gerakan sasaran. Titik kontrol dinaikkan ke baud rate maksimum.
4. Memperkirakan tingkat kinerja struktur ketika titik kendali tepat pada target transisi merupakan masalah utama desain berbasis kinerja. Oleh karena itu, dengan menggunakan proses ini, digunakan perangkat lunak komputer dengan fungsi komputer analisis impuls, seperti program aplikasi SAP2000.

E. Parameter Respon Spektrum



Gambar 4 Kurva Respon Spektrum

Parameter yang diperoleh :

- PGA = 0,520270 g
- PGAm = 0,624324 g
- CRs = 0,000000
- CR1 = 0,000000
- Ss = 1,312701 g
- S1 = 0,600000 g
- TL = 20,000000 detik
- Fa = 1,200000
- Fv = 1,400000
- Sms = 1,575241 g
- Sm1 = 0,840000 g
- Sds = 1,050160 g
- Sd1 = 0,560000 g
- T0 = 0,106650 detik
- Ts = 0,533252 detik

F. Dimensi Strut

Lebar efektif diagonal compression strut yang digunakan untuk analisis kekuatan dan kekakuan dinding pengisi bata berdasarkan model FEMA 273 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$w = 0,175(\lambda_1 h_{col})^{-0,4} r_{inf}$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_{fe} l_{col} h_{inf}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

Dimana

- h_{col} = tinggi kolom di antara as-balok,
- h_{inf} = tinggi dinding pengisi,
- E_{fe} = modulus elastisitas material portal,
- E_{me} = modulus elastisitas material dinding pengisi,
- I_{col} = inersia penampang kolom,
- L_{inf} = panjang dinding pengisi,
- r_{inf} = panjang diagonal dinding pengisi,
- t_{inf} = tebal dinding pengisi,

- θ = sudut yang dibentuk antara tinggi dan panjang dinding pengisi,
- λ_1 = koefisien yang digunakan untuk menentukan lebar efektif strut,
- w = lebar efektif strut.

Berdasarkan persamaan diatas, diperoleh lebar strut untuk pemodelan dengan menggunakan dinding sebagai berikut:

Tabel 1. Lebar Diameter Strut Lantai 1

Panjang Bentang Dinding Lt. 1	Lebar Strut (w)
2,3 m	419,238 mm
2,5 m	430,138 mm
3,2 m	471,801 mm
4,1 m	536,701 mm

Tabel 2. Lebar Diameter Strut Lantai 2

Panjang Bentang Dinding Lt. 2	Lebar Strut (w)
2,4 m	385,825 mm
2,6 m	393,996 mm
3,2 m	423,143 mm
4,2 m	481,418 mm

G. Faktor Reduksi Strut

Asteris (2003) mengusulkan formula untuk menentukan lebar diagonal efektif penyangga tekan dengan menambahkan faktor koreksi FEMA 273 λ , yang merupakan faktor pengurangan kekakuan akibat bukaan pada dinding pengisi (pintu, jendela, dll), ke FEMA 273 dengan persamaan berikut:

$$wi = \lambda w$$

$$\lambda = 1 - 2 \alpha w^{0,54} + \alpha w^{1,14}$$

Dimana:

- λ = faktor reduksi kekakuan
- w = lebar efektif strut sesuai dengan FEMA 273
- wi = lebar efektif strut setelah reduksi
- αw = ersentase lubang (luas bukaan dibagi luas dinding)

Jika bukaan lebih besar dari 60 % terhadap dinding, maka pengaruh dinding bata di abaikan atau $\lambda = 0$.

Dari persamaan tersebut, mengacu pada persentase bukaan pada Gedung B SDN 09 Pasaman, diperoleh dimensi strut sebagai berikut:

Tabel 3. Dimensi Strut Setelah Reduksi Lantai 1

Bentang Dinding (m)	Persentase Bukaan Dinding (%)	Faktor reduksi strut (λ)	Lebar strut setelah reduksi (W_i)
2,3 m	Pintu = 50,31 %	71,48 %	299,669 mm
2,3 m	Jendela3 pintu (J1) = 43.47 %	59,377 %	248,929 mm
2,5 m	Jendela 3 pintu (j1)= 40 %	53,381 %	229,611 mm
2,5 m	Jendela 2 pintu (J2)= 28,994 %	35,133 %	151,120 mm

Tabel 4. Dimensi Strut Setelah Reduksi Lantai 2

Bentang Dinding (m)	Persentase Bukaan Dinding (%)	Faktor reduksi strut (λ)	Lebar strut setelah reduksi (W_i)
2,4 m	Pintu = 44,407 %	61,014 %	235,407 mm
2,4 m	Jendela 3 pintu (J1) = 40,296 %	53,889 %	207,917 mm
2,6 m	Jendela 3 pintu (J1) = 37,196 %	48,615 %	191,541 mm
2,6 m	Jendela 2 pintu (J2) = 25,678 %	29,908 %	117,836 mm

H. Metode Displacement Coefficient FEMA 356

Level kinerja struktur ditentukan dengan menggunakan metode FEMA 356. Metode displacement coefficient (FEMA 356) dihitung dengan memvariasikan elastisitas linier sistem struktur SDOF sesuai dengan faktor konversi C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 , sehingga target geser dapat

dihitung dengan terlebih dahulu menentukan periode efektif osilasi (T_e) dengan mempertimbangkan kondisi inelastis bangunan struktural.

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_a \cdot \left(\frac{T_e}{2\pi}\right)^2 \cdot g$$

Level kinerja struktur dapat ditentukan dari besarnya drift aktual yang diperoleh, dengan persamaan berikut:

$$\text{Drift Aktual} = \frac{\delta_t}{H_{tot}}$$

Tabel 5. Level Kinerja Struktur FEMA 356

Level Kinerja Struktur	Drift (%)	Keterangan
Immediate occupancy	1,0	Transient
Life safety	2,0	Transien
	1,0	Permanent
Collapse Prevention	4,0	Transient atau Permanen

I. Simpangan Antar Tingkat IZIN

Tabel 6. Simpangan Antar Tingkat IZIN

Struktur	Kategori Risiko		
	I dan II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata	0,025hsx	0,020hsx	0,015hsx
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010hsx	0,010hsx	0,010hsx
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007hsx	0,007hsx	0,007hsx
Semua struktur lainnya	0,020hsx	0,015hsx	0,010hsx

Sumber: Pasal 7.12.1, SNI 03-1726-2019

Keterangan : hsx adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-X.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Level Kinerja Struktur

Dari hasil analisis yang telah di lakukan pada pemodelan tanpa dan dengan menggunakan dinding bata merah (Tabel 7), diperoleh hasil bahwa bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman berada pada level kinerja *immediate occupancy* (IO). Hal ini dapat dipastikan dengan kerusakan yang terjadi pada bangunan Gedung B SDN 09

pasaman pasca gempa Pasaman 2022 silam yang hanya mengalami kerusakan ringan pada bagian dinding dan tidak mengalami kerusakan pada bagian strukturnya. Beberapa kerusakan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut:



Gambar 5. Kerusakan pada iniding pasca gempa Pasaman 2022

Sedangkan pada struktur utama tidak mengalamu kerusakan apapun:



Gambar 6. Struktur tidak mengalami kerusakan Pasca gempa Pasaman 2022

2. Simpangan Atap

Simpangan atap pada pemodelan dengan dinding mengalami kenaikan dari pemodelan tanpa dinding. Pada arah X nilai simpangan atap pemodelan dengan dinding adalah 0,005687m lebih besar 19,39% dari pemodelan tanpa dinding yang 0,044148m pada arah X.

Pada arah Y simpangan atap pemodelan dengan dinding memiliki nilai 0,046355m sebih besar 18,93% dari pemodelan tanpa dinding yang memiliki simpangan atap 0,038957m.

3. Drift aktual

Nilai *drift aktual* yang diperoleh dari metode FEMA 356 pada pemodelan dengan dinding juga lebih besar dari pemodelan tanpa dinding. Pada arah X pemodelan dengan dinding adalah 0,0058195m lebih besar 2,32% dari pemodelan tanpa dinding yang hanya 0,005687m.

Tabel 7. Hasil Analisis

Model Struktur	Simpangan Atap (Δ_{max})	Drift Aktual	Arah	Kinerja Struktur
----------------	-----------------------------------	--------------	------	------------------

	(m)	$\frac{\delta_t}{H_{tot}}$ (m)		
Pemodelan tanpa model dinding bata	0,0441	0,00569	X	IO
	0,0389	0,00658	Y	IO
Pemodelan dengan dinding bata (Strut)	0,0527	0,00582	X	IO
	0,046	0,0075	Y	IO

Sementara pada arah Y pemodelan dengan dinding memiliki nilai *drift aktual* sebesar 0,0074953m lebih besar 13,87% daripada pemodelan tanpa dinding yang memiliki nilai *drift aktual* sebesar 0,006582 m

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan dari dinding pengisi adalah jumlah bukaanya. keberadaan openings pada dinding pengisi yang terbuat dari dinding bata sangat mempengaruhi kekuatan dinding pengisi. Dinding dengan openings 40% tidak begitu mempengaruhi kinerja dari struktur utama(5)

Pada bangunan Gedung SDN 09 Pasaman memiliki jumlah dinding sebanyak 74 buah menurut gambar denah yang diperoleh. Yaitu 37 buah dinding pada lantai 1 dan 37 dinding pada lantai 2. Yang mana tiap dinding memiliki bentang yang bervariasi dan memiliki bukaan yang bervariasi.

Jumlah keseluruhan dinding yang memiliki bukaan adalah 46 buah dengan rata-rata bukaan dinding $> 40\%$. Sementara dinding penuh hanya sejumlah 28 buah. Ini artinya jumlah dinding yang terdapat bukaan lebih banyak 64,285%. Inilah yang mejadi faktor utama menurunnya drift ratio pada pemodelan dengan dinding.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi terhadap bangunan Gedung Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman tanpa dan dengan memperhitungkan pengaruh dinding bata merah, dengan bantuan program SAP2000 V.16, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dinding bata pada bangunan Gedung B SDN 09 Pasaman dapat dimodelkan dengan *diagonal strut*.
2. Berdasarkan hasil analisis struktur kedua pemodelan dengan metode *Displacement Coefficient* FEMA 356 diperoleh level kinerja kedua pemodelan berada pada level *immediate occupancy (IO)*

3. Ditinjau dari simpangannya, pemodelan dengan dinding justru mengalami penurunan nilai drift baik arah X maupun arah Y nya. Salah satu faktornya adalah banyaknya jumlah dinding yang terdapat bukaan diatas 40%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Budiman, A. (2009). Kajian Karakteristik Gempa Bumi Sumatera Barat. Padang/Indonesia. Jurnal Ilmu Fisika.
2. Juliafad, E., Meguro, K., & Gokon, H. (2018). Study on The Characteristic of Concrete and Brick Construction Material for Reinforced Concrete Buildings in Indonesia''. Jepang. Institute of Industrial Science The University of Tokyo. 2018
3. Juliafad E, Gokon H, Putra RR. Juliafad, E. (2021). Defect Study On Single Storey Reinforced Concrete Building In West Sumatra: Before And After 2009 West Sumatra Earthquake. International Journal of GEOMATE,
4. Juliafad E, Gokon H. Juliafad, E., Meguro, K., & Gokon, H. (2017). Study on The Environmental System towards The Development of Assessment Tools Disaster Reduction of Reinforced Concrete Building due to Future Mega-Earthquake in Padang City, Indonesia. Institute of Industrial Science The University of Tokyo. 2017;
5. Efrida, R. Dan Citra Utami. (2019). "Evaluasi Kinerja Dinding Pengisi Bata Merah Dengan Openings Pada Struktur Beton Bertulang Akibat Beban Gempa Kuat". Indonesia. Jurnal Teknik Sipil.
6. Melinda AP, Juliafad E, Yusmar F. Pemanfaatan Serat Polypropylene untuk Meningkatkan Kuat Tekan Mortar dan Kuat Tekan Pasangan Bata. Journal of Civil Engineering and Vocational Education. 2020;7(3):176–80.
7. Juliafad E, Andayono T, Numada M, Meguro K. Building Official Awareness in term of Building Permit System in Indonesia. 2018.
8. Juliafad E, Sandra N, Mardizal J, Melinda AP. PEMAHAMAN MASYARAKAT TENTANG PERKUATAN RUMAH DENGAN MORTAR SERAT POLYPROPYLENE. 2022
9. Juliafad E, Rani IG, Rifwan F, Yose Fajar P. Concreting workmanship in Indonesia study case: Padang City, West Sumatra, Indonesia. Int J Adv Sci Eng Inf Technol. 2019;9(1).
10. City P, Juliafad E, Candidate D. Development of Assessment Tool for Disaster Reduction of Reinforced Concrete Building due to Future Mega Earthquake.
11. Juliafad E, Melinda AP. Assessment of Reinforced Concrete Building for Disaster Reduction Strategy in Padang City , West Sumatra , Indonesia.
12. Juliafad E, Andayono T. BUILDING OFFICIAL `S AWARENESS IN TERM OF BUILDING PERMIT SYSTEM IN INDONESIA. 2018;
13. Junior R, Juliafad E. METODE PERKUATAN INTERLOCKING PASANGAN BATA MERAH MENGGUNAKAN BAJA TULANGAN POLOS DIAMETER 6mm. Vol. 3. 2022.
14. Maidiawati, dkk. Maidiawati, dkk. (2016). "Metoda Evaluasi Kapasitas Seismik Gedung Beton Bertulang Eksisting dengan Aplikasi Model Dinding Bata''. Jurnal Teknik Sipil. 19-30. 2016;23(1).
15. Maulana M, Juliafad E. Evaluasi Displacement Horizontal Pasar Raya Padang Blok IV Berdasarkan Gaya Gempa Pada SNI-03-1732-2019. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi. 2022 Aug 4;22(1):61–72.
16. FEMA 356. (2000). Prestandar and Comentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings.
17. Komala, Ari. (2022). "Evaluasi Kinerja Seismik Struktur Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman Berdasarkan SNI-1726-2019". Tugas Akhir Teknik Sipil
18. Komala A, Juliafad E. EVALUASI KUAT TEKAN BETON EKSISTING PADA

BANGUNAN GEDUNG B SEKOLAH
DASAR NEGERI 09 PASAMAN. Vol. 3.
2022.

19. Restu LJ, Juliafad E, Yusmar F.
EVALUASI STRUKTUR BANGUNAN
PASAR INPRESS BLOK IV GEDUNG B
DENGAN METODE PUSHOVER
[Internet]. Vol. 8. 2021.