



Kontribusi Dinding Bata Terhadap Kinerja Struktur *Space Frame* Dengan Metode *Pushover* (Studi Kasus Pada Gedung Ikatan Alumni Universitas Syiah Kuala)

Agung Mardhika^{a,*}, Mochammad Afifuddin^b, Muttaqin Muttaqin^c

^aMagister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

^{b,c}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author, email address: agungmardhika.civil@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 14 February 2019 Revised 16 April 2019 Accepted 24 April 2019	The influence of brick walls to performance of space frame is often being ignored, even though in this condition walls are participating in strengthen the building. Contribution of brick walls to performance of space frame structure with push over method goal is to know how the impact of walls in building structure performance which is being ignored all this time. Building of alumnus association was being modeled in two condition, first condition with the walls were being ignored and second condition with brick walls were modeled as a strut force. Modeling brick walls as strut alumnus association building Syiah Kuala university increased structure performance at this building. Modelling with brick walls as strut in pushover analysis x direction at MTS model minimize the displacement 6,36% from MTS model and increased building ability to accept base shear 301,71% from MTS model. Modelling with brick walls as strut in analysis displacement at Y direction increase 4,38% from MTS model. This thing showed that walls impacted building performance in bearing base shear. Plastification condition structure element at X direction without strut modeling, there is 54 element which had already collapsed (>collapse prevention) whereas at building with strut modelling has 6 element which already collapsed (>collapsed prevention). Plastification condition element structure at Y direction in building without strut modelling has 14 element which already collapsed (>collapsed prevention).
Keywords: Brick walls to performance Strengthen the building Pushover analysis MTS model minimize	

©2019 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Dinding sebagai bahan partisi dan pengisi gedung sering diabaikan subangan kekakuannya bagi kinerja struktur. Padahal pada kondisi nyata dinding menyumbangkan kekuatan pada gedung. Sehingga berbagai kontribusi dinding dihitung dengan cara memodelkan dinding sebagai *strut* sebagaimana yang dilakukan oleh Asteris (2003).

Isu tentang pengaruh dinding pengisi pada kinerja struktur portal beton bertulang telah banyak beberapa tahun terakhir ini oleh beberapa peneliti. Keberadaan dinding bata sebagai pengisi pada portal, menyebabkan perilaku portal yang menggunakan dinding berbeda bila dibandingkan dengan perilaku portal tanpa dinding.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kontribusi dinding bata terhadap kinerja struktur, dan meminjau kelemahan kekuatan yang diakibatkan oleh bukaan dinding, pintu, dan bukaan dinding lainnya.

Gedung yang ditinjau memiliki bentuk *letter L* (asimetris), dimana tinggi lantai 1 = 5 m, lantai 2 = 4 m, lantai 3 = 4,4 m dengan luasan total gedung sekitar 2183,64 mm². Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data dari Gedung Ikatan Alumni tersebut. Data tersebut digunakan untuk pemodelan *strut* pada program ETABS.

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa Pemodelan dinding bata sebagai *strut* pada analisis *pushover* arah X pada Model MDS memperkecil *displacement* sebesar 6,36% dari Model MTS dan memperbesar kemampuan gedung dalam menerima *base shear* 301,71% dari Model MTS. Pemodelan dinding bata sebagai *strut* pada analisis *pushover* arah Y *displacement* meningkat sebesar 4,38 % dari Model MTS tetapi kemampuan gedung dalam menerima *base shear* meningkat sebesar 395,2% dari Model MTS. Hal ini menunjukkan dinding berpengaruh terhadap kinerja gedung dalam memikul *base shear*.

2. KAJIAN PUSTAKA

Macromodel

Macromodel adalah satu teknik pemodelan yang sangat umum digunakan dalam melakukan analisis terhadap pengaruh dinding pengisi. Pendekatan dengan teknik *macromodel* yaitu metode analisis yang menganggap dinding pengisi menjadi sebuah *strut* (*bracing* tekan). Analisis dinding menggunakan *macromodel* secara *in-plane*.

Strut

Teknik *macromodel* dengan menggunakan satu *strut* merupakan metode analisis yang sangat umum digunakan oleh praktisi untuk mengetahui pengaruh dinding pengisi terhadap portal bangunan. Menurut Prawira dkk (2015), model *strut* tunggal merupakan model yang sederhana dan mampu menggambarkan pengaruh dari panel dinding secara global.

FEMA 356 (2000), memberikan definisi yang lebih jelas tentang bagaimana meneliti dinding pengisi menjadi komponen struktural. Disini juga dijelaskan cara menentukan ketebalan dan modulus dari dinding pengisi. Mainstone (1974), mengusulkan rumus untuk menentukan lebar dari *strut* (*w*) sebagai berikut :

$$w = 0,175(\lambda_1 h_c)^{-0,4} d_m \dots \dots \dots (1)$$

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_m t_m \sin 2\theta}{4E_c I_c h_m} \right]^{\frac{1}{4}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

λ_1 = Faktor Reduksi Kekakuan

h_c = Tinggi Kolom

h_m = Tinggi Dinding Pengisi

E_c = Modulus Elastisitas Beton

E_m = Modulus Elastisitas Dinding Pengisi

I_c = Momen Inersia Kolom

t_m = Tebal Dinding Pengisi

d_m = Panjang diagonal dinding pengisi, dimana membentuk sudut θ dengan L_m

w = Lebar *Strut* (Tanpa Bukaan)

z = Jarak Antara Daerah Kritis dan Titik Balik *Strut*

Asteris (2011) mengajukan sebuah formula dalam penentuan lebar efektif *diagonal compression strut* dengan menambahkan sebuah faktor koreksi

$$W_i = \lambda \cdot w \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

λ = Faktor reduksi

w = Lebar efektif *strut* sesuai dengan FEMA 356

Hubungan antara persentase bukaan dinding α_w dan faktor reduksi λ terhadap kekakuan dinding. Persamaan dihasilkan oleh grafik tersebut adalah:

$$\lambda = 1 - 2 \alpha_w^{0,54} + \alpha_w^{1,14} \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

α_w adalah persentase lubang (luas bukaan dibagi luas dinding)

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

Dinding

Mutu dinding yang akan digunakan diperoleh dari penelitian (Mahlil, 2014) dimana kuat tekan Dinding Bata Merah dengan sambungan mortar dan plaster diuji tekan. Hasil yang diperoleh sebesar 2,322 MPa.

Menurut Kurniadi (2014), dinding bata berinteraksi dengan *frame* pembatas (*bounding frame*) menjadi satu kesatuan ketika struktur mengalami beban gempa yang kuat. Dalam hal ini anggapan bahwa dinding bata bukan bagian dari elemen struktural menjadi bertolak belakang dengan keadaan sesungguhnya.

Sendi Plastis

FEMA 356 (2000), menyatakan bahwa analisis sendi plastis untuk penampang balok dan kolom harus menunjukkan kekuatan, kekakuan dan perpindahan (*deformation*). Selain itu juga harus bisa menggambarkan interaksi antara kolom dan balok pada portal beton bertulang. Pemodelan balok menunjukkan kehancuran dan gaya geser. Pemodelan kolom menunjukkan kehancuran, gaya geser dan gaya *axial*.

Standar Acuan

Standar yang digunakan sebagai panduan dalam melakukan analisis adalah (FEMA 440, 2005). FEMA 440 membagi tahapan analisis menjadi dua, yaitu : *displacement modification* dan *equivalent linearization*. *Displacement modification* adalah metode yang dikembangkan berdasarkan (FEMA 356, 2000). FEMA 356 adalah pembaruan dari peraturan sebelumnya, yaitu (FEMA 237, 1997).

Metode Pushover

Metode *pushover* adalah satu metode untuk melakukan analisis non-linier statis maupun dinamis. Menurut SNI 03-1726-2002, analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik adalah suatu cara analisis statik dua dimensi atau tiga dimensi linier dan non-linier, dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk elastoplastis yang besar sampai mencapai kondisi di ambang keruntuhan.

Performance point adalah titik untuk mengetahui kapasitas dari suatu bangunan. Penentuan titik didapatkan berdasarkan perpotongan kurva respon spektrum dengan kurva kapasitas (*capacity curve*) yang didapatkan setelah melakukan analisis *pushover*.

Untuk tingkat kinerja bangunan gedung (*Performance Based Design*) dapat diklasifikasikan pada tahap Operation Level (O), Immediate Occupancy Level (IO), Life Safety Level (LS), dan Collapse Prevention Level (CP).

Pembebanan

Dalam menghitung struktur, harus ditentukan dulu beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut sesuai dengan SNI 1727-2013, diantara beban-beban struktur yaitu beban mati, beban hidup, beban gempa, beban angin dan beban lainnya.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Membuat makro model Gedung Ikatan Alumni Universitas Syiah Kuala tanpa pemodelan *strut* serta mengaplikasikan beban-beban yang bekerja.
2. Menghitung lebar efektif model *strut* yang di modelkan dari dinding bata, dengan menggunakan persamaan 1, 2,3 dan 4.

3. Membuat duplikat model Gedung Ikatan Alumni Universitas Syiah Kuala kemudian menambahkan elemen batang tekan sebagai model *strut* yang telah dihitung.
4. Mendefinisikan *respon spectrum* gempa berdasarkan data dari website www.puskim.pu.go.id.
5. Melakukan *run analysys push over*
6. Menampilkan grafik ADRS dan mendapatkan titik *performance point*.

Model Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut* dinamai **Model MTS**, dan Model Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* dinamai **Model MDS**.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Untuk pemodelan *strut* didapatkan variasi lebar efektif yaitu 0,3 m; 0,4m; 0,5 m; 0,6m; 0,7 m; 0,8 m; 0,9m.

Hasil *Base Shear Vs Monitored Displacement* Arah X

Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut* menghasilkan 16 (Enam Belas) step pembebanan, dengan *displacement* maksimum 180,25 mm dengan gaya geser pada dasar (*Base Shear*) 2781,96 kN. Sedangkan pada Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* menghasilkan 8 (delapan) step pembebanan, dengan *displacement* maksimum 168,78 mm dan *base shear* 11.175,30 kN. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* dapat mengalami *displacement* lebih kecil dan mendapat *base shear* lebih besar dari gedung tersebut tanpa pemodelan *strut*.

Performance Point Arah X

Dari hasil analisis didapatkan *performance point* pada Gedung Ikatan Alumni Unsyiah terjadi pada saat *displacement* mencapai 177,63 mm dan *base shear* 2.889,48 kN sedang pada Gedung dengan pemodelan *strut* didapatkan *performance point* terjadi pada saat *displacement* 138,91 mm dengan *base shear* 10.876,40 kN. Untuk melihat kondisi struktur pada saat *performance point* diambil model bangunan pada saat pembebanan step 16 (enam belas) untuk Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut*, dan pembebanan step 5 (lima) untuk Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut*.

Hasil *Base Shear Vs Monitored Displacement* Arah Y

Model MTS (y-y) menghasilkan 9 (Sembilan) step pembebanan, dengan *displacement* maksimum 138,72 mm dengan gaya geser pada dasar (*Base Shear*) 3.322,86 kN. Sedangkan pada Model MDS (y-y) menghasilkan 5 (Lima) step pembebanan, dengan *displacement* maksimum 145,48 mm dan *base shear* 16.454,89 kN. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* dapat mengalami *displacement* dan mendapat *base shear* lebih besar dari gedung tersebut tanpa pemodelan *strut*.

Performance Point Arah Y

Dari hasil analisis didapatkan *performance point* pada Model MTS terjadi pada saat *displacement* mencapai 119,62 mm dan *base shear* 3.257,60 kN sedang pada Model MDS didapatkan *performance point* terjadi pada saat *displacement* 117,97 mm dengan *base shear* 14.403,76 kN. Untuk melihat kondisi struktur pada saat *performance point* diambil model bangunan pada saat pembebanan step 8 (Delapan) untuk Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut*, dan pembebanan step 3 (Tiga) untuk Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut*.

Plastifikasi Elemen Struktur Pada Kondisi *Performance Point*.

Kondisi plastifikasi pada saat *performance point* tercapai dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Kinerja Elemen Pada Titik *Performance Point*.

Model	Displacement	Base Shear	A-IO	I-O-LS	L-S-CP	CP
Model MTS Arah X	177,63	2.889,48	1200	68	38	4
Model MDS Arah X	138,91	10.876,40	1280	38	28	0
Model MTS Arah Y	119,62	3.257,60	1198	98	56	8
Model MDS Arah Y	138,91	10.876,40	1326	12	0	4

Pembahasan

FEMA 440 displacement modification adalah perbandingan nilai base reaction dengan displacement. Menggunakan nilai redaman (ratio damping) sebesar 5%. Nilai maksimum yang diperoleh menurut analisis FEMA 440 dilihat pada Tabel 2.

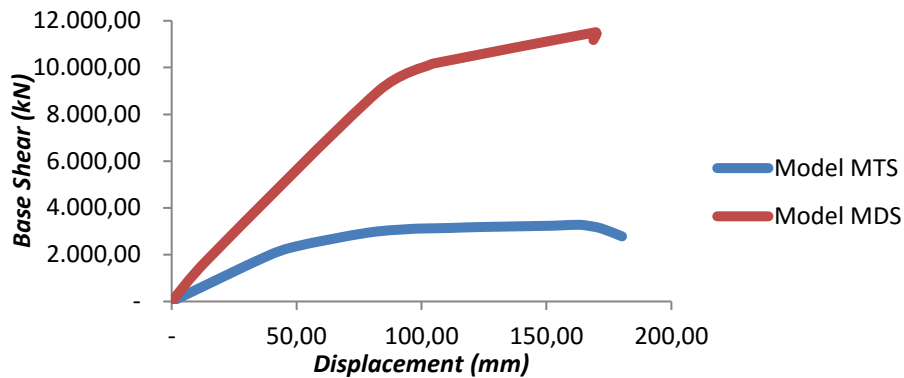
Tabel 2. Nilai *Displacement* maksimum

No	Model	Displacement (mm)	Base Shear (kN)	Batas (2%h)	Persentase
1	Model MTS (x-x)	180,25	2.781,96	372,80	48,35
2	Model MDS (x-x)	168,78	11.175,30	372,80	45,27
3	Model MTS (y-y)	138,72	3.322,86	372,80	37,21
4	Model MDS (y-y)	145,48	16.454,89	372,80	39,02

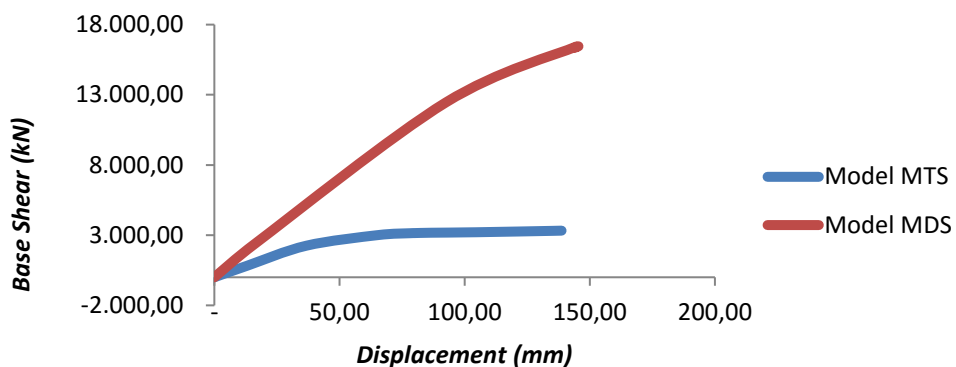
Dari Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa *displacement* maksimum arah x adalah pada Model MTS, namun *Base Shear* maksimum arah x terdapat pada Model MDS. Hal ini menunjukkan bahwa pemodelan dinding bata pada gedung memiliki kontribusi memperbesar kekakuan pada gedung sehingga dapat memperkecil *displacement* arah x sebesar 11,47 mm atau sebesar 6,36% dari kekuatan awal dan membuat gedung ini dapat menampung yang semula gaya geser dasar/ *Base Shear* maksimum 2.781,96 meningkat menjadi 11.175,3, bertambah sebesar 8.393,34 kN atau 301,71% dari kekuatan gedung tanpa pemodelan *strut*.

Dari Tabel 2 juga di atas dapat dilihat bahwa *displacement* maksimum arah y adalah pada Model MDS, *Base Shear* maksimum arah y terdapat pada Model MDS. Hal ini menunjukan bahwa pemodelan *strut* pada gedung tidak memperkecil *displacement* gedung dalam arah y, namun *base shear* menjadi lebih besar di bandingkan dengan kondisi gedung tanpa pemodelan *strut*. *Displacement* arah y pada gedung dengan pemodelan *strut* meningkat sebesar 6,76 mm dari *displacement* awal sebesar 138,72 mm menjadi 145,48 atau meningkat sebesar 4,87% dari *displacement* awal. Sementara *base shear* meningkat sebesar 13132,03 kN, dari besar *base shear* 3.322,86 kN menjadi 16.454,89 kN atau bertambah sebesar 395,2 % dari *base shear* gedung tanpa pemodelan *strut*.

Perbandingan kurva kapasitas antara Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut* terhadap Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* dapat digambarkan pada Grafik 1 dan 2 berikut:



Grafik 1. Perbandingan Grafik Kurva Kapasitas arah x-x.



Grafik 2. Perbandingan Grafik Kurva Kapasitas arah y-y.

Pada analisis *pushover* arah x, Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut* arah x-x pada saat mencapai nilai *displacement* 177,63 mm dengan *base shear* 2.889,48 kN elemen struktur dengan kondisi A-IO sejumlah 1200, kondisi IO-LS 68, kondisi LS-CP 38, dan kondisi >CP 54, sedangkan pada model Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* pada arah x-x saat mencapai nilai *displacement* 138,914 mm dengan *base shear* 10.876,40 kN elemen struktur dengan kondisi A-IO sejumlah 1.280, kondisi IO-LS 38, kondisi LS-CP 28, dan kondisi >CP 6. Dari perbandingan ini kita melihat pemodelan dinding bata sebagai *strut* mengurangi jumlah elemen struktur yang mengalami kondisi *Colapse Prevention* (CP) atau kondisi hamper runtuh. Pada Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* jumlah elemen yang tidak mengalami plastis berjumlah lebih banyak dari pada Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut*. Untuk detilnya dapat dilihat pada Lampiran B.4.1 sampai Lampiran B.4.2.

Pada analisis *pushover* arah y, Pada model Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut* arah y-y pada saat mencapai nilai *displacement* 119,62 mm dengan *base shear* 3.257,60 kN elemen struktur dengan kondisi A-IO sejumlah 1198, kondisi IO-LS 98, kondisi LS-CP 56, dan kondisi >CP 8, sedangkan Pada model Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* pada arah y-y saat mencapai nilai *displacement* 138,914 mm dengan *base shear* 10.876,40 kN elemen struktur dengan kondisi A-IO sejumlah 1.326, kondisi IO-LS 12, kondisi LS-CP 0, dan kondisi >CP 14, Dari perbandingan ini kita melihat bahwa jumlah elemen yang mengalami *Colapse Prevention* (CP) atau kondisi hamper runtuh meningkat. Meningkatnya *base shear* menandakan Gedung Ikatan Alumni Unsyiah dengan pemodelan *strut* pada arah y-y memiliki kinerja lebih baik disbanding Gedung Ikatan Alumni Unsyiah tanpa pemodelan *strut*. Berbedanya perilaku gedung antara analisis *pushover* arah x dan y dimungkinkan karena adanya kondisi gedung yang tidak simetri akibat perbedaan elevasi lantai bangunan dan perbedaan bukaan antara bidang arah x dan y. Gedung yang tidak simetri memungkinkan terjadinya eksentrisitas yang berbeda jika dirubah arah pembebanannya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan dinding bata sebagai *strut* pada analisis *pushover* arah X pada Model MDS memperkecil *displacement* dari 180,25 mm menjadi 168,78 mm atau sebesar 6,36% dari Model MTS dan memperbesar kemampuan gedung dalam menerima *base shear* dari 2.781,96 kN menjadi 11.175,3 kN atau sebesar 301,71% dari Model MTS. Pemodelan dinding bata sebagai *strut* pada analisis *pushover* arah Y *displacement* membesar dari 138,78 mm menjadi 145,48 mm atau sebesar 4,38 % dari Model MTS namun kemampuan gedung dalam menerima *base shear* juga membesar dari 3.322,86 kN menjadi 16.454,89 kN atau sebesar 395,2% dari Model MTS .
2. Pemodelan dinding meningkatkan kinerja struktur *space frame*.
3. Kondisi plastifikasi elemen struktur pada arah x pada gedung tanpa pemodelan *strut* terdapat 54 elemen yang sudah runtuh (>*Collapse Prevention*), sementara pada gedung dengan pemodelan *strut* terdapat 6 elemen yang sudah runtuh (>*Collapse Prevention*). Kondisi plastifikasi elemen struktur pada arah y pada gedung tanpa pemodelan *strut* terdapat 8 elemen yang sudah runtuh (>*Collapse Prevention*), sementara pada gedung dengan pemodelan *strut* terdapat 14 elemen yang sudah runtuh (>*Collapse Prevention*).

Berdasarkan hasil penelitian diberikan beberapa saran berikut:

1. Dilanjutkan pemodelan dengan lebih banyak *strut* agar dapat dilakukan observasi lebih mendetil.
2. Dilakukan kajian terhadap plastifikasi lebih detil.

DAFTAR PUSTAKA

- Alissa, H., 2013, Perbandingan Kekuatan Dinding yang Diperkuat Wiremesh dengan Dinding Tanpa Perkuatan, *Tugas Akhir*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Anonim, FEMA 356., 2000, "Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings", *prepared under a cooperative agreement between the Federal Emergency Management Agency and the American Society of Civil Engineers*.
- Anonim, SNI 03-1726-2002., 2002, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung", Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Anonim, FEMA 440., 2005, "Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures", *Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C*.
- Anonim, SNI 1727-2013, 2013, "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain", Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Asteris, P. G. (2003). "Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frames. *Journal of Structural Engineering*", Vol.129(8), 1071–1079. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9445(2003)129:8(1071)
- Asteris, P. G., Chrysostomou, CZ, Giannopoulos, Ioannis P, Smyrou Eleni (2011). "Masonry Infiled Reinforced Concrete Frame With Opening", *COMPdyn 2011 III ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*
- Di Trapani, F. dkk, 2015, "Masonry Infills And RC Frames Interaction: Literature Overview and State of The Art of Macromodeling Approach", *Bulletin of Earthquake Engineering*, DOI: 10.1080/19648189.2014.996671.
- Mahlil., 2012, Alternatif Perkuatan Dinding Untuk Mencegah Kehancuran Brittle, *Jurnal Teknik Sipil* 77- 86, Vol. 3(4), 77-86.
- Prawira, P. A., Sukrawa, M., & Budiwati, I. A., 2015, "Pemodelan Perilaku Dan Kinerja Struktur Rangka Dengan Dinding Pengisi Menggunakan *Strut* Dan Elemen Shell", *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil* , Universitas Udayana, DOI:10.5614. .