

Studi Perilaku Dinding Geser Pelat Baja Berlubang dengan Pembebanan Siklik

Behavioral Study of Perforated Steel Plate Shear Walls With Cyclic Loading

Mochamad Ridwan¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya, Jln. Ahmad Yani No. 114, Surabaya. Hp: (085258405466) E-mail : ridwanitssby@gmail.com

Abstrak

Sebuah dinding geser pelat baja *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) adalah struktur yang terbuat dari baja dimana bertugas untuk menahan beban lateral yang terdiri dari tiga komponen, yaitu pelat/panel baja, balok yang disebut sebagai *horizontal boundary elements* (HBE) dan kolom baja yang disebut *vertical boundary elements* (VBE). SPSW ada beberapa model diantaranya SPSW panel solid dan SPSW panel perforasi. SPSW perforasi membutuhkan dimensi kolom dan balok yang lebih kecil dari SPSW solid untuk menahan gaya axial dan momen guling yang terjadi. Hal ini dikareakan SPSW perforasi lebih elastis dibanding SPSW solid. SPSW perforasi pada plat baja dilakukan untuk mengurangi kekuatan, sehingga memungkinkan penggunaan pelat yang lebih tebal guna meningkatkan kekakuan dan kapasitas disipasi energi tanpa memperbesar ukuran dari HBE dan VBE. SPSW perforasi pada studi ini menggunakan metode penempatan lubang pada SPSW *perforations along the plate diagonal*. Pendekatan ini terdiri dari 3 variasi model perforasi diantaranya lubang lingkaran, segi empat, dan segi enam berada pada sepanjang diagonal dari pelat baja. Studi SPSW perforasi ini ditujukan untuk mendapatkan model perforasi yang paling efektif ditinjau dari *load carrying capacity*, *top displacement*, *hysteresis curves* dan *failure mode*. Dalam proses Analisa dan pemodelan simulasinya akan menggunakan *software* program bantu Abaqus 6.10

Kata Kunci: Dinding geser pelat baja; pelat; perforasi; abaqus 6.10

Abstract

A steel plate shear wall *Steel Plate Shear Wall* (SPSW) is a structure made of steel which serves to withstand lateral loads which consists of three components, namely steel plates/panels, steel beams called *horizontal boundary elements* (HBE) and steel columns. These are called *vertical border elements* (VBE). There are several SPSW models including solid panel SPSW and perforated panel SPSW. Perforated SPSW requires column and beam dimensions that are smaller than solid SPSW to withstand the axial forces and overturning moments that occur. This is because perforated SPSW is more elastic than solid SPSW. SPSW perforations in steel plates are carried out to reduce strength, thus allowing the use of thicker plates to increase stiffness and energy dissipation capacity without increasing the size of the HBE and VBE. SPSW perforations in this study used the method of placing holes in SPSW *perforations along the plate diagonal*. This approach consists of 3 variations of the perforation model including circular, rectangular, and hexagon holes along the diagonal of the steel plate. This perforation SPSW study is intended to obtain the most effective perforation model in terms of *load carrying capacity*, *top displacement*, *hysteresis curves* and *failure mode*. In the process of analysis and modeling the simulation will use the software program Abaqus 6.10

Keywords: Steel plate shear wall; plate; perforation; abaqus 6.10

PENDAHULUAN

Sebuah dinding geser pelat baja adalah struktur yang menahan beban lateral elemen yang terdiri dari tiga komponen, yaitu pelat/panel baja, balok yang disebut sebagai *horizontal boundary elements* (HBE) dan kolom yang disebut *vertical boundary elements* (VBE). Pelat baja terhubung dengan balok

dan kolom sekitarnya melalui pelat sambungan. SPSW dipasang pada letak tertentu sepanjang ketinggian gedung struktur untuk membentuk dinding kantilever. SPSW mengalami deformasi inelastis siklik, menghasilkan kekakuan awal yang tinggi sebelum pelat mengalami tekuk, SPSW mempunyai sifat daktail dan mampu menyerap

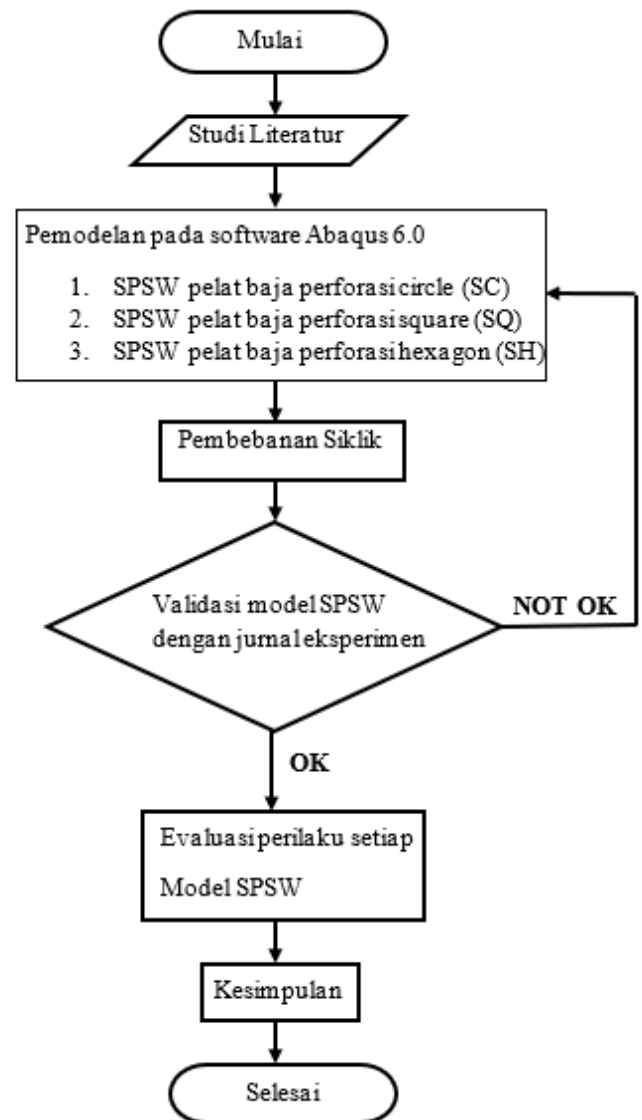
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p28-33>

energi. Karakteristik inilah yang membuat SPSW cocok untuk memikul dan menahan beban gempa.

Pada SPSW, VBE dirancang untuk elastis dan panel leleh sepenuhnya, sehingga HBE mengalami sendi plastis. Pada desain seismik yang tinggi, SPSW dedesain untuk pelat mencapai tegangan leleh di seluruh panel. SPSW membutuhkan kolom struktur dengan dimensi yang besar untuk menahan gaya axial dan momen guling yang terjadi. Terkait inilah yang mendorong untuk dilakukan penelitian untuk mendapatkan SPSW yang mampu mengurangi kebutuhan dimensi kolom yang besar. Metode yang akan digunakan dalam srudi ini adalah dengan membuat lubang berpola pada plat baja SPSW. Menggunakan konsep penempatan lubang pada SPSW yaitu *perforations along the Plate diagonal*. Pendekatan ini terdiri dari lubang lingkaran, segi empat, segi enam berada pada sepanjang diagonal dari pelat baja. Konsep ini untuk menciptakan aksial pendek yang menghasilkan hubungan antar lubang untuk mengontrol kekuatan pelat baja. Kekakuan pelat baja diharapkan tidak berkurang secara signifikan akibat variasi pereforasi ini.

METODE

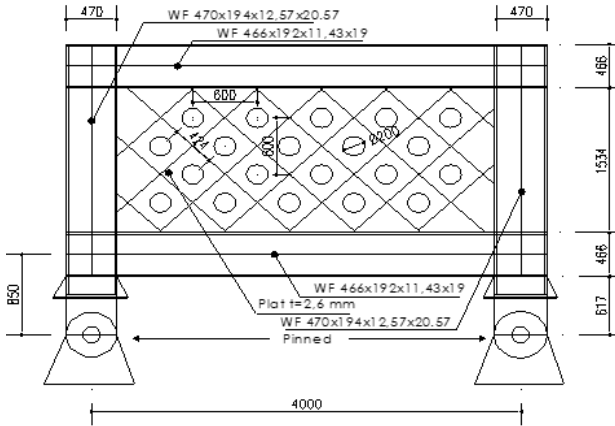
Dalam menyelesaikan penelitian ini maka diperlukan langkah-langkah/Flowchart metodologi sebagai berikut:



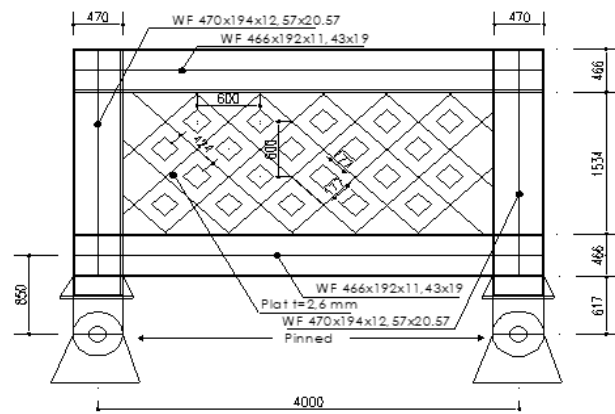
Gambar 1. Diagram Alir

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data yaitu data specimen SPSW yang akan dimodelkan. Selanjutnya data yang sudah dikumpulkan dilakukan studi literatur dengan mempelajari jurnal-jurnal baik jurnal eksperimental maupun jurnal permodelan untuk mengetahui parameter-parameter dalam penelitian ini. Jurnal-jurnal yang berkaitan ini juga sebagai acuan dalam pembuatan metode analisis dari penyelesaian penelitian ini. Hasil dari studi literature dan pengumpulan data akan ditabelkan berikut ini :

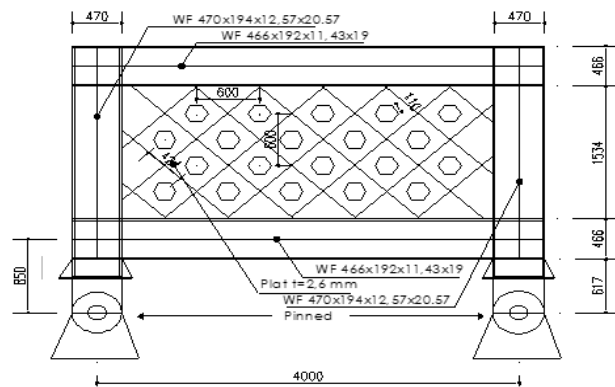
Langkah selanjutnya adalah dengan memodelkan pada program bantu *finite element analysis* sesuai dengan masing-masing specimen yang akan dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 2. SPSW Perforasi Circle (validasi)

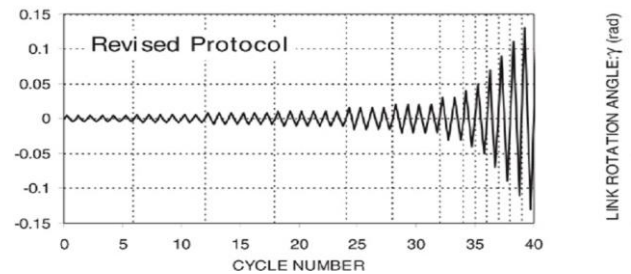


Gambar 3. SPSW Perforasi Rectangle

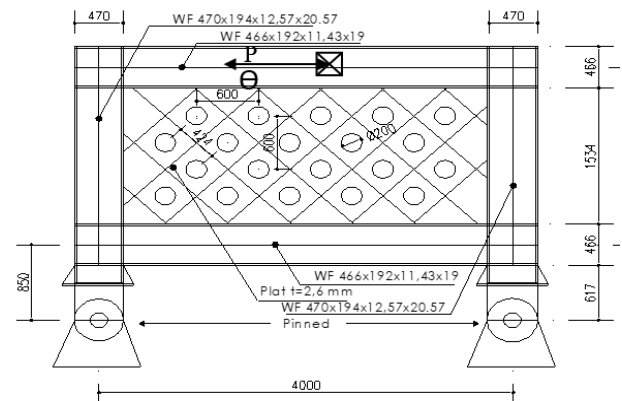


Gambar 4. SPSW Perforasi Hexagon

Selanjutnya adalah pembebanan bertahap yang mengacu pada *AISC Seismic Provisions for Structural Steel Building* pada Bab “*Cyclic Tests For Qualification*” pada pasal 4-c “*Loading Sequence for Link-to-Column Connections*”. Beban yang digunakan sebagai input adalah *Displacement controll*, nilai yang diambil adalah nilai tangensial sudut rotasi γ yang selanjutnya dikalikan dengan tinggi e untuk mendapatkan nilai simpangan Δ . Untuk grafik loading protocol dapat dilihat pada gambar 5.

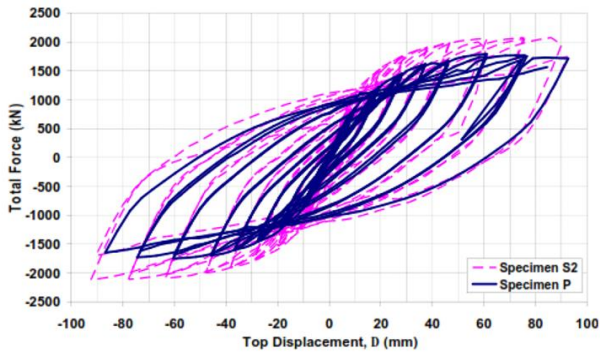


Gambar 5. Grafik loading protocol



Gambar 6. Set Up Pembebanan

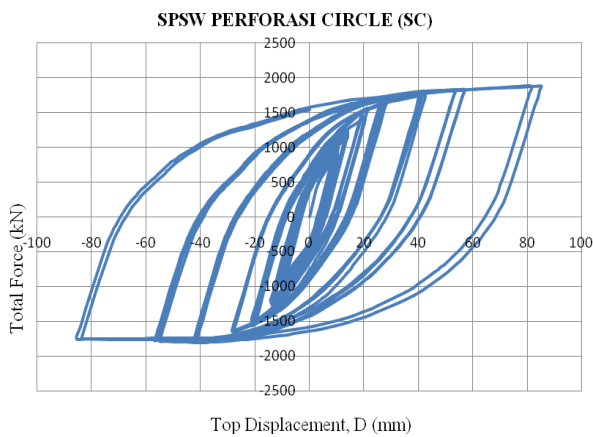
Pada tahap ini hasil pemodelan SPSW akan dibandingkan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Dalam hal ini akan dilakukan Validasi tipe SPSW dengan perforasi Circle. Hasil penelitian tipe SPSW perforasi mengacu pada jurnal ‘*Steel Plate Shear Wall Building : Building Design Requirement and Research*’ at *MCEER Laboratory*. Pada SPSW perforasi circle gaya maksimum dalam eksperimen adalah 1800 kN dengan drift 3,07 %. Berikut hasil eksperimen SPSW solid panel dan perforasi circle oleh Vian dan Bruneu, 2007.



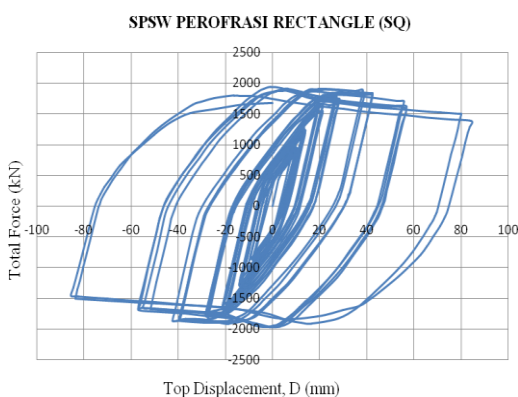
Gambar 7. Histeresis curves SPSW solid panel dan perforasi circle, drift 3% (Vian dan Bruneu, 2005)

HASIL DAN PEMBAHASAN

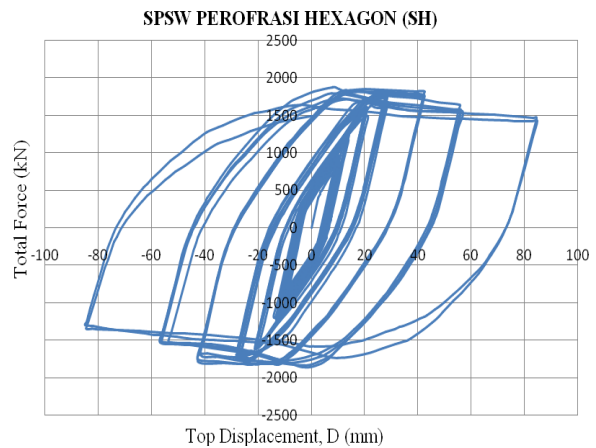
Hasil yang didapat dari program *Finite Element Analysis* digunakan untuk mendapatkan kurva *hysteretic*, *load carrying capacity* dan *failure modes*. Berikut adalah hasil analisa *finite element*, *force vs displacement* yang bisa dilihat dari grafik hysteresis curve berikut ini.



Gambar 8. *Perforated Circle (SC) Hysteresis Curves*



Gambar 9. *Perforated Rectangle (SQ) Hysteresis Curves*



Gambar 10. *Perforated Hexagon (SH) Hysteresis Curves*

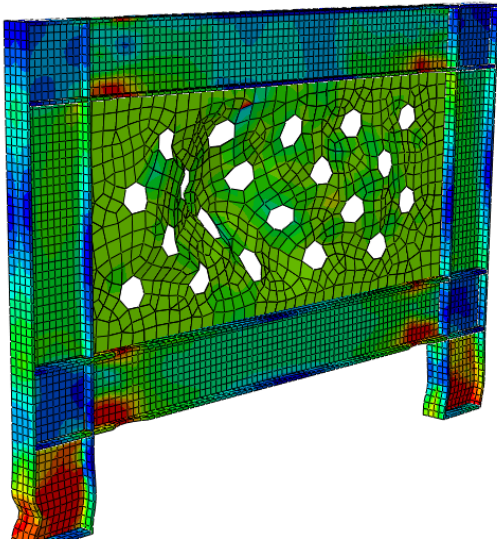
Dari hasil kelima grafik hysteresis curves diatas untuk specimen SQ dan SH menunjukkan kekakuan awal yang tinggi dan selanjutnya menurun seiring dengan bertambahnya top displacement. Sedangkan specimen SC menunjukkan perilaku struktur akibat beban siklik yang baik yaitu semakin bertambahnya displacement semakin bertambah juga nilai *total force* yang terjadi. Berikut adalah tabel 1 nilai *total force* dan *displacement* pada setiap specimen.

Tabel 1. *Total Force dan Top Displacement*

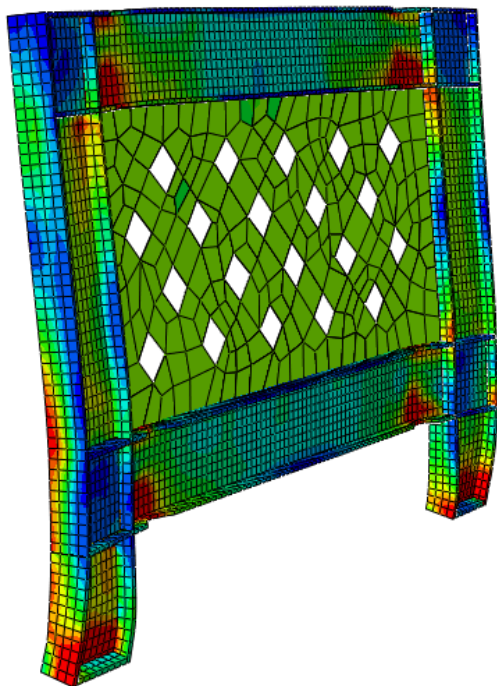
No	Specimen	Total Force (kN)	Top Displacement (mm)
1	SC	1878.5	85.5
2	SQ	1968.6	84.9
3	SH	1876.6	84.8

(Sumber: Hasil Penelitian)

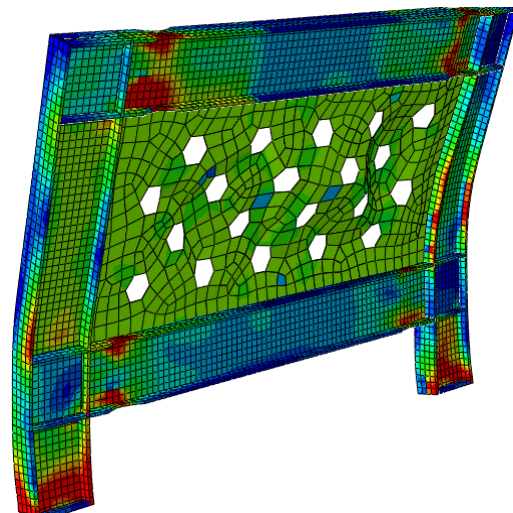
Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa untuk specimen SC, SQ, dan SH menunjukkan nilai *Total Force* dengan selisih yang tidak jauh berbeda. Specimen SQ mendapatkan nilai *Total Force* yang paling tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa SPSW tipe SQ kapasitasnya lebih besar dibandingkan SPSW specimen SC dan SH, walaupun memang tidak terlampau jauh nilai selisihnya. Untuk selanjutnya akan ditampilkan gambar *failure mode* pada tiap-tiap specimen SPSW.



Gambar 11. *Perforated Circle(SC) Failure mode*



Gambar 12. *Perforated Rectangle(SR) Failure mode*



Gambar 13. *Perforated Hexagon(SH) Failure mode*

Pada pembahasan terkait *failure mode* pada tiap specimen SPSW ini terlihat jelas bahwa untuk SPSW perforasi mengalami keleleha pada plat bajanya sehingga bisa mengurangi efek *tension field* pada kolom dengan cara mengontrol kekakuan struktur dari SPSW tersebut, terutama pada tipe specimen circle perforated (SC). Specimen SC inilah yang terbaik dalam hal *failure mode*. Terlihat pada komponen VBE dan HBE pada specimen SC, SQ, dan SH ketiganya sama sama dapat mengurangi kerusakan parah sehingga mengakibatkan efek *tension field* yang lebih kecil pada kolom yang nantinya akan berakibat pada berkurangnya kebutuhan dimensi akan kolom pada SPSW tersebut. Berikut akan disajikan lengkap pada tabel 2 terkait 3 specimen SPSW yang telah dibahas diatas :

Tabel 2. Perbandingan Antar Specimen

No	Specimen	Total Force (kN)	Top Displacement (mm)	Hysteresis Curves	Failure Mode
1	SC	□	O	O	O
2	SQ	□	O	□	O
3	SH	□	O	□	O

note :

- O = Baik Sekali,
- = Baik,
- X = Cukup

Dari tabel 5 dapat dilihat bahwa masing-masing specimen mempunyai karakteristik hampir sama dan hanya berbeda ketika pada penilaian *Hysteresis*
<https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n1.p28-33>

Curves. Suatu contoh pada konteks *Total Force* specimen SC, SQ, dan SH memiliki nilai yang hampir sama dengan selisih yang tidak terlampau jauh. Pada konteks *top displacement* ketiga specimen menunjukkan hasil yang baik sekali hanya sedikit selisih diantaranya. Pada konteks *hysteresis curves* specimen *perforated circle* specimen SC lebih baik dari specimen yang lainnya. Dalam konteks *failure mode* ketiga specimen menunjukkan kinerja yang sangat baik.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. SPSW dengan perforasi circle, square, dan hexagon ketiganya sama sama dapat mengurangi kerusakan parah pada komponen VBE dan HBE sehingga mengakibatkan efek *tension field* yang lebih kecil pada kolom yang nantinya akan berakibat pada berkurangnya kebutuhan dimensi akan kolom pada SPSW tersebut.
2. Selisih nilai *load carrying capacity* yang tidak begitu signifikan membuat SPSW specimen SC bisa dikatakan lebih baik perilaku strukturnya karena mempunyai kelebihan dalam hal menahan beban siklik dan hasil *failure mode* yang lebih baik menjadi pertimbangan dalam merencanakan struktur SPSW.
3. Diantara semua specimen SPSW diatas menurut hasil analisa perbandingan dari segi *load carrying capacity, top displacement, hysteresis curves, dan failure mode* specimen SPSW perforasi *circle* (SC) menjadi yang terbaik perilaku strukturnya.

REFERENSI

- Amania, A. and Sarie, F., 2021. Pengaruh Penambahan Pasir Sirkon, Abu Kayu Dan Fly Ash Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Geser Tanah. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 3(2), pp.63-70.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2003. "Plastic Analysis and Design of Steel Plate Shear Walls", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 129, No. 11.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2005. "Experimental Investigation of Light-Gauge Steel Plate Shear", *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 131, No. 2.
- Berman, J. dan Bruneau, M. 2011. "Seismic Behavior of Code designed Steel Plate Shear Walls", *Engineering Structures*, No. 33, hal. 230-244.
- CAN/CSA S16-01, "Limit States Design of Steel Structures", published by Canadian Standards Association.
- Driver, R. dan Kulak, G. 1998. "Cyclic Test of Four-Story Steel Plate Shear Wall", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 124, No. 2.
- Koppal, M. 2012. *Computational Investigation of Tunable Steel Plate Shear Walls for Improved Seismic Resistance*, Tesis Master, Polytechnic Institute and State University, Blacsburg.
- Robert, T. dan Ghomi, S. 1992. "Hysteretic Characteristics of Unstiffened Plate Shear Panels", *Thin-Walled Structures*, Elsevier Science Publishers, Great Britian.
- Similia. 2010. – ABAQUS 6. 10 user manual.
- Vian, D. dan Bruneau, M. 2005. "Steel Plate Shear Walls for Seismic Design and Retrofit of Building Structures", MCEER Report -05-0010.
- Wang, M. dan Yang, W. 2015. "Seismic Behaviors of Steel Plate Shear Wall Structures With Costruction Details and Materials", *Journal of Constructional Steel Research*, No. 107, hal. 194-210.