

SKRIPSI

VERIFIKASI KINERJA STRUKTUR PORTAL BETON BERTULANG TERHADAP BEBAN LATERAL MENGUNAKAN PROGRAM ANSYS



**WENDY SEPTIAN DWI PUTRA
03011281419203**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

SKRIPSI

VERIFIKASI KINERJA STRUKTUR PORTAL BETON BERTULANG TERHADAP BEBAN LATERAL MENGUNAKAN PROGRAM ANSYS

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



**WENDY SEPTIAN DWI PUTRA
03011281419203**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**VERIFIKASI KINERJA STRUKTUR PORTAL BETON
BERTULANG TERHADAP BEBAN LATERAL
MENGUNAKAN PROGRAM ANSYS**

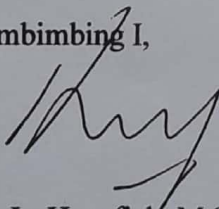
SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh:

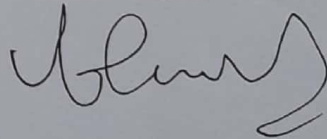
**WENDY SEPTIAN DWI PUTRA
03011281419203**

Pembimbing I,



**Dr. Ir. Hanafiah, M.S.
NIP. 195603141985031020**

Indralaya, Agustus 2018
Pembimbing II,



**Ir. Yakni Idris, M.Sc.
NIP. 195812111987031002**

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil



**Ir. Helmi Haki, M. T.
NIP. 196107031991021001**

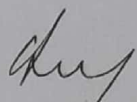
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Verifikasi Kinerja Struktur Portal Beton Bertulang Terhadap Beban Lateral Menggunakan Program ANSYS” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 24 September 2018.

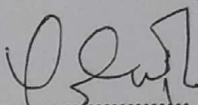
Palembang, September 2018
Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

Pembimbing:

1. **Dr. Ir. Hanafiah, M.S.**
NIP. 195603141985031020

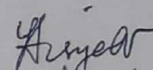

(.....)

2. **Ir. Yakni Idris, M.Sc., MSCE.**
NIP. 198101142009032004

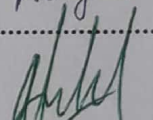

(.....)

Penguji:

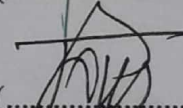
1. **Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.**
NIP. 1671045705770009


(.....)

2. **Ahmad Muhtarom, S.T., M.Eng.**
NIP. 198208132008121002


(.....)

3. **Ir. Rozirwan, M.T.**
NIP. 195312121985011001


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



U. Helmi Haki, M. T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wendy Septian Dwi Putra

NIM : 03011281419203

Judul : Verifikasi Kinerja Struktur Portal Beton Bertulang Terhadap Beban Lateral Menggunakan Program ANSYS

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, September 2018



Wendy Septian Dwi Putra

NIM. 03011281419203

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wendy Septian Dwi Putra

NIM : 03011281419203

Judul : Verifikasi Kinerja Struktur Portal Beton Bertulang Terhadap Beban Lateral Menggunakan Program ANSYS

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini, saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, September 2018



Wendy Septian Dwi Putra

NIM. 03011281419203

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan usulan penelitian skripsi. Usulan penelitian skripsi ini berjudul “Verifikasi Kinerja Struktur Portal Terbuka Beton Bertulang Terhadap Beban Lateral Menggunakan ANSYS”. Usulan penelitian ini dibuat sebagai salah satu kelengkapan untuk mengambil skripsi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Untuk itu, setiap kritik dan saran yang bersifat positif akan diterima dengan segala kerendahan hati dan lapang dada, karena hal ini merupakan suatu langkah untuk peningkatan kualitas diri dan juga pembekalan pengetahuan di masa yang akan datang.

Selain ucapan terima kasih kepada Allah SWT. yang telah memberikan kesempatan bagi penulis, tak lupa pula ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditunjukkan bagi semua pihak yang telah membantu jalannya penulisan usulan penelitian skripsi, mulai dari pelaksanaan hingga selesai, yaitu antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, MSCE. sebagai Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Subriyer Nasir, M.S. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Hanafiah M.S. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam proses pembuatan usulan penelitian skripsi ini.
5. Bapak Ir. Yakni Idris M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis usulan penelitian skripsi ini.
6. Keluarga tercinta yang menjadi sumber semangat, terima kasih juga atas doa, usaha dan nasihat yang telah diberikan.
7. Semua dosen dan pegawai Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu.

8. Teman-teman teknik sipil Angkatan 2014 yang selalu mendukung penulis dan membantu penulis dalam keadaan susah dan senang.
9. Teman-teman asisten Laboratorium Bahan dan Beton yang telah mendukung penulis dalam keadaan susah dan senang.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan proposal ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kemajuan karya tulis ini.

Akhirnya penulis berharap semoga usulan penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan bagi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Palembang, September 2018

Wendy Septian Dwi Putra

RINGKASAN

VERIFIKASI KINERJA STRUKTUR PORTAL BETON BERTULANG TERHADAP BEBAN LATERAL MENGGUNAKAN PROGRAM ANSYS

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, September 2018

Wendy Septian Dwi Putra dibimbing oleh Hanafiah dan Yakni Idris

Verification of The Performance Reinforced Concrete Frame Structures on Lateral Loads Using ANSYS Program

Xvi + 83 halaman, 6 tabel, 41 gambar, 2 lampiran

RINGKASAN

ANSYS merupakan program untuk analisis struktur dengan menggunakan metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan memecah satu rangkaian kesatuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan *node*. Penelitian mengenai kinerja struktur portal beton bertulang terhadap beban lateral telah diteliti di laboratorium untuk mengetahui kekuatan, kekakuan, dan daktilitas dari struktur. Dalam penelitian ini struktur portal beton bertulang yang diteliti pada laboratorium diambil data-data yang diperlukan untuk di analisis menggunakan program ANSYS untuk dibandingkan hasil kinerja strukturnya. Model yang digunakan berupa portal satu lantai dengan satu bentang. Hasil permodelan struktur berupa grafik hubungan gaya-simpangan lateral ($p-\Delta$). Metode analisis yang digunakan ada dua metode yaitu dengan metode analisis elemen hingga dengan program ANSYS dan metode garis dengan perhitungan manual. Verifikasi metode analisis elemen hingga dengan program ANSYS untuk membandingkan nilai beban maksimum pada simpangan lateral maksimum sedangkan verifikasi metode garis dengan perhitungan manual untuk membandingkan nilai simpangan lateral maksimum pada saat beban maksimum. Dari hasil analisis metode elemen hingga menggunakan program ANSYS beban maksimum untuk arah pembebanan tarik maupun tekan lebih besar dibandingkan pengujian laboratorium, sedangkan analisis dengan metode garis simpangan lateral yang didapat lebih kecil dibandingkan dengan pengujian laboratorium.

Kata kunci: ANSYS, daktilitas, elemen hingga

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN SAMPUL DALAM	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
KATA PENGANTAR	vii
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Material Beton Bertulang	4
2.2. Material Beton	4
2.2.1. Kuat Tekan Beton	5
2.2.2. Kuat Tarik Beton	7
2.2.3. Modulus Elastisitas Beton	8
2.3. Material Baja Tulangan	9
2.3.1. Jenis Baja Tulangan	9
2.3.2. Kuat Tarik Baja Tulangan	10
2.3.3. Modulus Elastisitas Baja Tulangan	11

2.4. Balok dan Kolom	12
2.5. Rangka Kaku	12
2.6. Portal Beton Bertulang	13
2.7. Kurva Histeresis	14
2.8. Disipasi Energi	15
2.9. Daktilitas	18
2.10. ANSYS	21
2.11. Metode Defleksi Kemiringan (<i>The Slope Deflection Method</i>).....	23
2.11.1. Metode Defleksi Kemiringan (<i>The Slope Deflection Method</i>).....	24
2.11.2. Penerapan Metode Defleksi Keiringan Pada Statis Tak Tentu.....	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1. Umum	27
3.2. Studi Literatur	27
3.3. Pengumpulan Data Sekunder	27
3.4. Model struktur	28
3.5. Permodelan Struktur dengan Program ANSYS	28
3.6. <i>Input</i> Data ANSYS	29
3.7. <i>Meshing</i>	29
3.8. <i>Solving</i>	29
3.9. Analisis <i>Output</i> dan Pembahasan	29
3.10. Alur Penelitian	29
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Detil Model Struktur Portal Terbuka Beton Bertulang	31
4.2. Permodelan Struktur dengan Program ANSYS	31
4.3. Perletakan	33
4.4. Data <i>Input</i>	34
4.3.1. Material Propertis	34
4.3.2. Pembebanan.....	34
4.5. <i>Meshing</i>	35
4.6. Analisis <i>Output</i> Program ANSYS	36
4.7. Daktilitas.....	38
4.8. Kekakuan dan Kekuatan.....	40

4.9. Verifikasi Model Garis	41
4.9.1. Simpangan Lateral Arah Pembebanan Tekan.....	42
4.9.2. Simpangan Lateral Arah Pembebanan Tarik.....	44
BAB 5 PENUTUP	48
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hubungan antara tegangan dan regangan kuat tekan beton	6
Gambar 2.2. Hubungan antara tegangan dan regangan kuat tarik beton	7
Gambar 2.3. Hubungan tegangan dan regangan baja tulangan	10
Gambar 2.4. Bagian kurva tegangan-regangan yang diperbesar	10
Gambar 2.5. Susunan balok dan kolom yang memikul beban vertikal dan beban horizontal	12
Gambar 2.6. Rangka kaku	13
Gambar 2.7. Kurva histeresis portal utuh	14
Gambar 2.8. Kurva histeresis portal perbaikan	15
Gambar 2.9. Kurva envelop portal utuh dan perbaikan	15
Gambar 2.10. Penentuan nilai disipasi energi	16
Gambar 2.11. Perbandingan energi input dan energi disipasi portal utuh	16
Gambar 2.12. Perbandingan energi input dan energi disipasi portal perbaikan..	17
Gambar 2.13. Perbandingan energi disipasi portal utuh dan portal perbaikan ..	17
Gambar 2.14. Definisi rasio energi disipasi relatif	18
Gambar 2.15. Sketsa pola retak akhir	18
Gambar 2.16. Perilaku struktur daktail	19
Gambar 2.17. Kurva envelop portal utuh	20
Gambar 2.18. Kurva envelop portal perbaikan	21
Gambar 2.19. Permodelan elemen beton	22
Gambar 2.20. Permodelan elemen tulangan baja.....	22
Gambar 2.21. Permodelan elemen beton	24
Gambar 3.1. Ilustrasi model struktur portal terbuka beton bertulang	28
Gambar 3.2. Diagram alir dari metodologi penelitian	30
Gambar 4.1. Detil dan dimensi struktur portal terbuka beton bertulang.....	31
Gambar 4.2. Tampak tiga dimensi model struktur untuk elemen beton	32
Gambar 4.3. Tampak tiga dimensi model struktur untuk elemen baja	33
Gambar 4.4. Perletakan pada model struktur	33

Gambar 4.5.	Grafik tegangan-regangan beton	34
Gambar 4.6.	Ilustrasi pembebanan lateral	35
Gambar 4.7.	Siklus pembebanan lateral	36
Gambar 4.8.	Tampak pembagian <i>meshing</i> pada struktur	35
Gambar 4.9.	Kurva histeresis model struktur menggunakan ANSYS	37
Gambar 4.10.	Tegangan yang terjadi pada model struktur	38
Gambar 4.11.	Kurva envelop model struktur menggunakan ANSYS	39
Gambar 4.12.	Kurva hubungan <i>drift ratio</i> dan kekakuan pembebanan tarik.....	40
Gambar 4.13.	Kurva hubungan <i>drift ratio</i> dan kekakuan pembebanan tekan	40
Gambar 4.14.	Kurva <i>backbone</i> model struktur	41
Gambar 4.15.	Struktur beserta beban yang diberikan ke struktur.....	42
Gambar 4.16.	Momen jepit primer beban merata	42
Gambar 4.17.	Bentuk peralihan struktur yang terjadi pada pembebanan tekan..	43
Gambar 4.18.	Momen jepit primer beban merata	45
Gambar 4.19.	Bentuk peralihan struktur yang terjadi pada pembebanan tarik...	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Tulangan ulir dan ukurannya	9
Tabel 2.2. Daktilitas model pengujian	20
Tabel 4.1. Propertis baja tulangan.....	34
Tabel 4.2. Persentase selisih gaya lateral maksimum	37
Tabel 4.3. Daktilitas model struktur.....	39
Tabel 4.2. Persentase selisih simpangan lateral model garis terhadap hasil pengujian eksperimental	47

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data <i>Input</i> Permodelan Struktur dalam Format Teks.....	51
Lampiran 2. Langkah-langkah Menjalankan Program ANSYS	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Portal beton bertulang adalah beton yang diperkuat dengan tulangan pada suatu sistem komponen struktur yang terdiri dari elemen-elemen linier meliputi balok, kolom, *sloof*, dan pondasi, yang pada ujungnya dihubungkan oleh titik hubung yang berfungsi sebagai struktur utama pendukung beban bangunan dan memikul gaya dalam yang bekerja diantara elemen struktur yang dihubungkan sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri tanpa dibantu oleh sistem lantai.

Penelitian tentang struktur portal terbuka beton bertulang pernah dilakukan Badriah dan Imran (2014) telah melakukan studi eksperimental tentang kinerja struktur portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral. Venkatesan dkk (2016) telah mempelajari kinerja seismik sambungan balok-kolom eksterior yang di uji dengan pembebanan siklik diterapkan di ujung balok dan di analisis dengan metode elemen hingga menggunakan ANSYS.

ANSYS bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan memecah satu rangkaian kesatuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node. Hasil yang diperoleh dari ANSYS ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara memecah model tersebut dan menggabungkannya.

Penelitian yang dilakukan pada skripsi ini adalah melakukan membandingkan hasil kinerja struktur portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral dari Badriah dan Imran (2014) dengan pengujian eksperimental dan akan dibandingkan dengan analisa numerik menggunakan ANSYS. Apabila hasil yang diperoleh dari ANSYS mendekati hasil dari pengujian eksperimental maka untuk penelitian tentang kinerja struktur portal dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS yang berbasis pendekatan analisis elemen hingga tanpa harus dilakukan pengujian eksperimental.

Dalam penelitian ini, data-data yang digunakan pada penelitian yang dilakukan Badriah dan Imran (2014) akan digunakan sebagai data masukan yang

akan dimasukkan ke dalam ANSYS dan portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral dimodelkan dengan dibantu program ANSYS. Portal yang diteliti adalah portal satu bentang dan satu tingkat. Hasil penelitian berupa verifikasi perilaku portal terhadap beban lateral, disipasi energi, kekuatan dan kekakuan serta daktilitas dari portal terbuka beton bertulang.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian analisis struktur portal terbuka beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana metode analisis struktur portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral?
2. Bagaimana hasil analisis kinerja struktur dengan metode elemen hingga menggunakan program ANSYS?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian analisis struktur portal terbuka beton bertulang adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui metode analisis struktur portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral.
2. Membandingkan kinerja struktur dari hasil pengujian eksperimental dengan hasil analisis metode elemen hingga menggunakan program ANSYS.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Permasalahan pada penelitian tentang analisis struktur portal terbuka beton bertulang dibatasi pada:

1. Model portal dua dimensi, satu lantai satu bentang yang merupakan portal dari model pengujian laboratorium.
2. Digunakan model solid dalam analisis. Model solid dimodelkan secara aktual dan dianalisis perilakunya dengan metode elemen hingga menggunakan program ANSYS.
3. Peraturan yang digunakan adalah peraturan beton indonesia yang memiliki korelasi dengan peraturan ACI 318-99 dengan detail penulangan mengacu pada

kategori SRPMM, dan pembebanan siklik dan hasil keluaran mengacu pada rekomendasi ACI 374.1-05.

4. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari jurnal penelitian yang dilakukan oleh Badriah dan Imran pada pengujian eksperimental tentang kinerja portal terbuka beton bertulang terhadap beban lateral.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian skripsi ini diuraikan pada penjelasan berikut ini:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan kajian literatur berupa jurnal, prosiding, buku dan sumber literatur lainnya yang menjadi landasan dan teori pendukung yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menguraikan tentang diagram alir metodologi penelitian, model yang digunakan, metode pengumpulan data dan metode pelaksanaan penelitian.

BAB 4 JADWAL PENELITIAN

Menguraikan jadwal penelitian yang akan dilakukan dari kegiatan studi literatur, pencarian data, penyusunan usulan skripsi, pengolahan data, hingga penyusunan skripsi.

BAB 5 BIAYA PENELITIAN

Menguraikan perkiraan anggaran biaya yang akan dikeluarkan dalam pelaksanaan studi permodelan termasuk biaya penulisan proposal.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar dari jurnal, prosiding, buku, laporan skripsi terdahulu dan sumber literatur lainnya yang digunakan sebagai referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali, 2010. Balok dan Pelat Beton Bertulang. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- American Concrete Institute, 2005. Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary. ACI 374.1, American Concrete Institute.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Badriah, R. M. S. dan Imran, Iswandi, 2014. Kinerja Struktur Portal Terbuka Beton Bertulang Terhadap Beban Lateral. Universitas Parahyangan, Bandung.
- Federal Emergency Management Agency, 2000. FEMA 356 *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*, pp. 3-19 to 3-20.
- Imran, Iswandi dan Zulkifli, Ediansjah, 2014. Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Nur, O. F., 2010. Kajian Eksperimental Pola Retak Pada Portal Beton Bertulang Akibat Beban *Quasi Cyclic*. Universitas Andalas, Padang.
- Nurjannah, S.A., Budiono, B., Imran, I., Sugiri, S., 2015. Perilaku Histeretik *Subassemblage* Balok-Kolom Interior Prategang Parsial *Reactive Powder Concrete* dalam Permodelan *Finite Element*.
- Ramin, Keyvan dan Fereidoonfar, Mitra, 2015. *Finite Element Modeling and Nonlinear Analysis for Seismic Assessment of Off-Diagonal Steel Braced RC Frame*. International Journal of Concrete Structures and Materials, 9: 89-118.
- Schodek, Daniel L, 1991. Struktur. PT Eresco, Bandung.
- Sohailuddin, S. S. S. dan Shaikh, G. M., 2013. *Finite Element Modeling of Reinforced Concrete Beam Column Joint Using ANSYS*. International Journal of Structural and Civil Engineering Research (IJSCER), 2: 22-31.

Suharjanto, 2013. *Rekayasa Gempa*. Kepel Press, Yogyakarta.

Venkatesan, B., Ilangovan, R., Jayabalan, P., Mahendran, N., Sakthieswaran, N., 2016. *Finite Element Analysis (FEA) for the Beam-Column Joint Subjected to Cyclic Loading Was Performed Using ANSYS*. *Circuits and Systems*, 7:1581-1597.

Wang, K., Yuan, S. F., Cao, D.F., dan Zheng, W. Z., 2014. *Experimental and Numerical Investigation on Frame Structure Composed of Steel Reinforced Concrete Beam and Angle-Steel Concrete Column Under Dynamic Loading*. *International Journal of Civil Engineering (IJCE)*, 13: 137-147.