

**TUGAS AKHIR**

**PERILAKU KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE*  
DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN GESER  
TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK**



**FARIZ PARUSA  
03011381823129**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## **TUGAS AKHIR**

# **PERILAKU KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN GESER TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**FARIZ PARUSA**

**03011381823129**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

### PERILAKU KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN GESER TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik

Oleh:

**FARIZ PARUSA**

**03011381823129**

Palembang, Maret 2022

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Perilaku Kolom *Self Compacting Concrete* Dengan Variasi Jarak Tulangan Geser Terhadap Beban Lateral Siklik”. Pada proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari beberapa pihak. Karena itu penulis menyampaikan terimakasih dan permohonan maaf yang besar kepada semua pihak yang terkait, yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian program ANSYS.
5. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Ir. H. Sarino, MSCE, selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Orang tua, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan civitas akademika Program Studi Teknik Sipil.

Palembang, Maret 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
HALAMAN RINGKASAN.....	xi
HALAMAN <i>SUMMARY</i> .....	xii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xiii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xiv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	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
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	4
2.1. Gempa.....	4
2.2. <i>Self Compacting Concrete</i> .....	5
2.3. Baja Tulangan.....	7
2.4. Kolom .....	8
2.5. Tulangan Geser.....	9
2.6. Beban Siklik.....	10
2.7. Kurva Histeresis.....	11
2.8. Daktilitas.....	12

2.9. <i>Finite Element Method</i> .....	12
2.9.1. Matriks dalam Finite Element Method .....	13
2.9.2. Metode Pemecahan Kasus Non-Linier .....	15
2.9.3. Persamaan Non-Linier untuk Mendapatkan Solusi Model Numerik .....	18
2.10. Program ANSYS .....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1. Umum .....	22
3.2. Studi Literatur .....	22
3.3. Alur Penelitian .....	22
3.4. Pengumpulan Data Sekunder.....	24
3.5. Model Struktur.....	24
3.6. Permodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	27
3.7. Input Data ANSYS .....	27
3.8. <i>Meshing</i> .....	27
3.9. <i>Solving</i> .....	27
3.10. Analisis dan Pembahasan .....	28
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1. Detail Model Struktur Kolom dengan Tulangan Pengekang.....	29
4.2. Permodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	30
4.3. <i>Input Data</i> .....	33
4.3.1. <i>Material Properties</i> Beton .....	33
4.3.2. <i>Material Properties</i> Baja Tulangan .....	33
4.3.3. Pembebanan .....	34
4.4. <i>Meshing</i> Elemen Struktur .....	34
4.4.1. <i>Meshing</i> Struktur Kolom .....	335
4.4.2. Perbandingan <i>Meshing</i> Struktur Kolom .....	336
4.5. Analisis <i>Output</i> ANSYS .....	36
4.5.1. Analisis Output High Strength Concrete .....	36
4.5.2. Analisis Output Self Compacting Concrete.....	41

4.6. Daktilitas.....	46
4.6.1. Daktilitas Struktur <i>High Strength Concrete</i> .....	46
4.6.2. Daktilitas Struktur <i>Self Compacting Concrete</i> .....	47
4.7. Kekakuan dan Kekuatan .....	49
4.7.1. Kekakuan dan Kekuatan Struktur <i>High Strength Concrete</i> .....	49
4.7.2. Kekakuan dan Kekuatan Struktur <i>Self Compacting Concrete</i> .....	51
BAB 5 PENUTUP .....	56
5.1. Kesimpulan .....	56
5.2. Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. <i>V-Funnel Test</i> .....	5
2.2. <i>L-Shape box test</i> .....	6
2.3. <i>Slump flow test</i> .....	6
2.4. Detail penulangan baja .....	7
2.5. Jenis – jenis kolom.....	9
2.6. Set up pembebanan siklik .....	10
2.7. Beban siklik .....	11
2.8. Kurva histeresis untuk sampel kolom HSC-V1 .....	11
2.9. Metode Newton-Raphson modifikasi dengan kenaikan tangen awal.....	17
2.10. Metode Newton-Raphson modifikasi dengan masalah tangen awal .....	17
2.11. Model elemen SOLID65.....	21
2.12. Model elemen SOLID45.....	21
2.13. Model elemen LINK180.....	21
3.1. Diagram alir ( <i>flowchart</i> ) penelitian .....	23
3.2. Kurva tegangan regangan beton HSC dan SCC .....	24
3.3. Model struktur kolom variasi V0 dan V1 .....	25
3.4. Model struktur kolom variasi V2.....	25
3.5. <i>Set up</i> pembebanan .....	26
3.6. Riwayat pembebanan.....	26
4.1. Permodelan struktur tipe V0 dan V1 .....	29
4.2. Permodelan struktur tipe V2.....	30
4.3. <i>Nodes</i> permodelan elemen struktur kolom .....	31
4.4. Permodelan elemen SOLID65 dan SOLID45 .....	31
4.5. Permodelan elemen LINK180 model V0 dan V1.....	32
4.6. Permodelan elemen LINK180 model V2 .....	32
4.7. Siklus Pembebanan.....	34
4.8. <i>Meshing</i> elemen struktur.....	35
4.9. Perbandingan hasil kurva histeresis untuk <i>meshing</i> elemen 100 mm dan 50 mm .....	36



4.10. Kurva histeresis pengujian eksperimental dan ANSYS .....	37
4.11. Kurva histeresis pengujian eksperimental terdahulu mengenai elemen struktur kolom.....	39
4.12. Tegangan HSC pada <i>drift ratio</i> 3,75% .....	41
4.13. Kurva histeresis kolom <i>self compacting concrete</i> dengan variasi jarak tulangan geser .....	43
4.14. Tegangan V1 pada <i>drift ratio</i> 4,5% .....	45
4.15. Tegangan V2 pada <i>drift ratio</i> 4,5% .....	45
4.16. Kurva <i>envelope</i> pemodelan struktur kolom V0 pada ANSYS .....	46
4.17. Kurva <i>envelope</i> pemodelan struktur kolom <i>self compacting concrete</i> pada ANSYS .....	48
4.18. Kurva hubungan kekakuan terhadap <i>drift ratio</i> model V0.....	49
4.19. Kurva <i>backbone</i> elemen struktur V0 .....	51
4.20. Kurva hubungan nilai kekakuan terhadap <i>drift ratio</i> elemen struktur <i>self compacting concrete</i> .....	52
4.21. Kurva <i>backbone</i> elemen struktur <i>self compacting concrete</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. <i>Material properties</i> .....	33
4.2. Persentase perbedaan nilai beban lateral maksimum pengujian eksperimental dan ANSYS .....	38
4.3. Perbandingan nilai ultimate peak load dan maximum peak load .....	40
4.4. Nilai beban lateral maksimum dan displacement pada variasi jarak tulangan geser .....	43
4.5. <i>Drift ratio</i> saat beban lateral maksimum .....	44
4.6. Nilai daktilitas elemen struktur V0 .....	46
4.7. Nilai daktilitas elemen struktur V1 dan V2 .....	48
4.8. Nilai kekakuan dan persentase penurunan kekakuan elemen struktur V0 ..	50
4.9. Nilai kekuatan elemen struktur permodelan V0 pada setiap <i>drift ratio</i> .....	50
4.10. Penurunan nilai kekakuan elemen struktur <i>self compacting concrete</i> permodelan V1 .....	52
4.11. Penurunan nilai kekakuan elemen struktur <i>self compacting concrete</i> permodelan V2 .....	53
4.12. Nilai kekuatan elemen struktur permodelan V1 pada setiap <i>drift ratio</i> .....	54
4.13. Nilai kekuatan elemen struktur permodelan V2 pada setiap <i>drift ratio</i> .....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil seminar sidang sarjana/ujian tugas akhir.....	61

## RINGKASAN

### PERILAKU KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN GESER TERHADAP BEBAN LATERAL SIKLIK

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 14 Maret 2022

Fariz Parusa; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., dan Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 60 halaman, 40 gambar, 13 tabel, 1 lampiran

Elemen struktur kolom merupakan memiliki peranan penting pada konstruksi bangunan dalam mencegah terjadinya kegagalan struktur akibat beban siklik. Perencanaan elemen struktur kolom perlu didesain dengan baik dan memenuhi persyaratan perencanaan struktur tahan gempa untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur. Perkuatan struktur kolom dapat dilakukan dengan memperkecil jarak spasi tulangan geser sehingga membuat struktur menjadi lebih terkekang. Penggunaan material *self compacting concrete* pada struktur kolom dapat mengatasi permasalahan kesulitan pematatan beton karena jarak tulangan kolom yang kecil. Penelitian ini menganalisis perilaku kolom *self compacting concrete* dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik. Elemen struktur kolom dimodelkan menggunakan program ANSYS untuk mendapatkan hasil analisis perilaku kolom berupa kurva histeresis, daktilitas, kontur tegangan, kekakuan dan kekuatan struktur. Kolom dengan jarak tulangan geser yang berbeda dibandingkan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perilaku kolom. Permodelan kolom dengan jarak tulangan geser 130 mm memiliki kekuatan beban lateral lebih besar dibandingkan kolom dengan jarak tulangan geser 300 mm. Nilai daktilitas kolom V2 lebih besar dibandingkan kolom V1 karena adanya jarak tulangan geser yang lebih renggang pada kolom V2 yang membuat elemen struktur kolom tidak terkekang secara maksimal dan kolom mengalami leleh struktur yang lebih cepat dibandingkan model V1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elemen struktur kolom *self compacting concrete* dengan jarak tulangan geser 130 mm mampu menahan beban lateral siklik yang lebih baik.

**Key Words:** kolom, beban lateral siklik, *self compacting concrete*, metode elemen hingga.

## ***SUMMARY***

### **BEHAVIOR OF SELF COMPACTING CONCRETE COLUMN WITH VARIATION OF SHEAR REINFORCEMENT DISTANCE ON CYCLIC LATERAL LOAD**

Scientific papers in form of Final Projects, March 14<sup>th</sup> 2022

Fariz Parusa; Guide by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. and Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xvi + 60 pages, 40 images, 13 tables, 1 attachment

column structure can overcome the problem of difficulty in compacting concrete due to the small spacing of column reinforcement. This study analyzes the behavior of self compacting concrete columns with variations in the distance of shear reinforcement to cyclic lateral loads. Column structural elements were modeled using the ANSYS program to obtain the results of column behavior analysis in the form of hysteresis curves, ductility, stress contours, stiffness and structural strength. Columns with different shear reinforcement distances were compared to determine their effect on column behavior. Column modeling with shear reinforcement spacing of 130 mm has greater lateral load strength than columns with shear reinforcement spacing of 300 mm. The ductility value of column V2 is greater than that of column V1 because of the shear reinforcement distance that is more tenuous in column V2 which makes the column structural elements not maximally restrained and the column undergoes structural yielding faster than the V1 model. The results showed that the structural elements of the self compacting concrete column with a shear reinforcement distance of 130 mm were able to withstand cyclic lateral loads better.

**Keywords:** *column, cyclic lateral loads, self compacting concrete, finite element method*

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fariz Parusa

NIM : 03011381823129

Judul : Perilaku Kolom *Self Compacting Concrete* Dengan Variasi Jarak Tulangan Geser Terhadap Beban Lateral Siklik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir 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.



**Palembang, Maret 2022**



**Fariz Parusa**



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Perilaku Kolom *Self Compacting Concrete* Dengan Variasi Jarak Tulangan Geser Terhadap Beban Lateral Siklik” yang disusun oleh Fariz Parusa, 03011381823129 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Maret 2022.


Palembang, Maret 2022

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:


1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197705172008012039

Anggota:


3. Ahmad Muhtarom, S.T., M. Eng (  )  
NIP. 198208132008121002

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik**

  
**Prof. Dr.Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.**  
NIP. 196706151995121002

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**

  
**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T**  
NIP. 197610312002122001

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fariz Parusa

NIM : 03011381823129

Judul : Perilaku Kolom *Self Compacting Concrete* Dengan Variasi Jarak Tulangan Geser Terhadap Beban Lateral Siklik

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

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

**Palembang, Maret 2022**



**Fariz Parusa**

**NIM. 03011381823129**



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Fariz Parusa  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
E-mail : fariizp@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

<b>Nama Sekolah</b>	<b>Fakultas</b>	<b>Jurusan</b>	<b>Pendidikan</b>	<b>Masa</b>
SD Xaverius 3 Palembang			SD	2006-2012
SMP Xaverius 3 Palembang			SMP	2012-2015
SMA Xaverius 1 Palembang		MIPA	SMA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2018-2022

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



(Fariz Parusa)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Letak posisi wilayah Indonesia ada di antara tiga lempeng utama di dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi ini mengakibatkan gempa bumi sering terjadi di Indonesia akibat adanya tumbukan antar lempeng-lempeng utama tersebut. Dengan kondisi Indonesia yang rawan gempa ini menjadikan parameter gempa bumi menjadi persyaratan dalam perencanaan bangunan untuk menghindari adanya resiko kerusakan struktur bangunan yang diakibatkan oleh gempa.

Struktur dalam suatu konstruksi memiliki peranan yang sangat penting dalam menopang dan menahan beban-beban yang ada. Menurut Benita (2019) perencanaan struktur bangunan harus memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) sehingga ketika terjadi gempa besar konstruksi bangunan tidak akan mengalami keruntuhan mendadak tetapi hanya akan mengalami kerusakan non-struktural. Kolom memiliki peranan yang cukup besar dalam distribusi beban-beban dari struktur bangunan ke pondasi. Untuk itu perlu dilakukan perkuatan bagian-bagian kolom struktural untuk memenuhi persyaratan SCWB tersebut.

Struktur kolom terbuat dari kombinasi beton dan baja tulangan atau yang dikenal sebagai beton bertulang. Dua material ini akan berkolaborasi untuk menahan gaya tekan dan gaya tarik yang diterima oleh kolom. Penggunaan tulangan geser atau yang lebih sering dikenal dengan tulangan sengkang didistribusikan merata di sepanjang tulangan longitudinal kolom. Penggunaan tulangan sengkang ini akan menambah kekuatan kekang dari kolom sehingga mencegah kolom mengalami perpendekan akibat tekanan yang terjadi.

Jarak antar tulangan geser akan dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain penggunaan diameter tulangan longitudinal, diameter tulangan sengkang, dimensi dari kolom tersebut, dan ukuran butir dari material beton yang digunakan. Massa beton yang ringan juga akan mengurangi nilai momen inersia yang terjadi pada elemen kolom. Penggunaan material *self compacting concrete* atau yang dikenal

dengan beton alir ini akan mempengaruhi variasi jarak tulangan geser karena agregat yang digunakan lebih kecil daripada beton konvensional.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisa numerik mengenai perilaku kolom *self compacting concrete* dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik dengan menggunakan program ANSYS.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada penelitian perilaku variasi jarak tulangan geser pada kolom terhadap beban lateral siklik adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil analisis perilaku struktur kolom *High Strength Concrete* dan *self compacting concrete* dengan menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisa struktur kolom dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik?
3. Bagaimana hasil analisis kinerja struktur kolom *self compacting concrete* dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian perilaku variasi jarak tulangan geser pada kolom terhadap beban lateral siklik adalah sebagai berikut:

1. Untuk membandingkan dan memverifikasi perilaku struktur kolom dari penelitian Bae dkk. (2018) terhadap hasil analisis program ANSYS.
2. Untuk memahami metode analisa struktur kolom dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik dengan program ANSYS.
3. Untuk memahami dan menganalisis kinerja struktur kolom *self compacting concrete* dengan variasi jarak tulangan geser terhadap beban lateral siklik.

### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup pada penelitian perilaku variasi jarak tulangan geser pada kolom terhadap beban lateral siklik dibatasi pada:

1. Penerapan pemodelan elemen struktur pada program ANSYS berupa permodelan jenis *solid* dan *link* dengan analisis metode elemen hingga (*finite element method*).

2. Data sekunder yang digunakan berasal dari hasil penelitian eksperimental mengenai perilaku elemen struktur kolom terhadap beban lateral siklik oleh Bae, dkk. (2018).
3. *Material properties self compacting concrete* yang dibutuhkan berasal dari penelitian terdahulu oleh Hanafiah, dkk. (2017) yang merupakan dosen Universitas Sriwijaya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan mengenai pengujian *The Behavior of Self-Compacting Concrete (SCC) with Bagasse Ash*.
4. Pembebanan yang diaplikasikan adalah beban lateral siklik yang mengacu pada peraturan ACI374.2R-13(2013).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abood, Ali Meki. (2013). Ultimate Capacity of Reinforced Self Compacting Concrete Columns Subjected to Transverse Cyclic Loads. *Engineering Science*. 21(3), 907 – 918.
- ACI 374.2R-13. (2013). Guide for testing reinforced concrete structural elements under slowly applied simulated seismic loads. *American Concrete Institute, Farmington Hills: MI*.
- ANSYS Inc. 2013. ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials. *United States of America*.
- Badshah, dkk. 2019. Comparison of Computational Fluid Dynamics and Fluid Structure Interaction Models for The Performance Prediction of Tidal Current Turbines. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 5(2), 164-172.
- Bae, Il Baek, dkk. (2018). Experimental Study On The Cyclic Behavior Of Steel Fiber Reinforced High Strength Concrete Columns And Evaluation Of Shear Strength. *Engineering Structures*, 157, 250 – 267.  
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.11.072>
- Benita, Diva Rahma (2019). Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Baja SRBKK Tipe *Inverted-V* Pada Gedung Bertingkat 12, 16, Dan 20 Lantai. Skripsi, Institut Teknologi Nasional.
- Choiron, dkk. 2014. Metode Elemen Hingga. *Malang: Universitas Brawijaya*.
- Cook, dkk. 2001. Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 4th Edition. *United States of America: Wiley*.
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. Struktur Beton Bertulang. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta
- EFNARC. 2005. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete

Specification, Production and Use. *European: The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*.

FEMA 356. 2000. Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings. *Washington DC: Federal Emergency Management Agency*.

Gunawan, William Budi (2013). Analisis Pengaruh Bencana Gempa Bumi Terhadap Perilaku Masyarakat Bantul Dalam Melakukan Rekonstruksi Rumah Tinggal. S1 thesis, UAJY.

Hanafiah, Saloma, and Whardani, P. N. K. "The Behavior of Self-Compacting Concrete (SCC) with Bagasse Ash", AIP Conference Proceedings, 1903(1), 10.1063/1.5011544, 2017. <https://doi.org/10.1063/1.5011544>

Imran, I., dan Hendrik, F. 2010. Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa. Institut teknologi Bandung (ITB). Bandung.

Kenny, dan Iwan B. Santoso. (2018). Optimasi Jumlah Produksi Baja Tulangan Dengan Metode Linear Programming. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 1(1), 29 – 38.

Ma, Hui, dkk.. (2015). Cyclic Loading Tests And Shear Strength Of Steel Reinforced Recycled Concrete Short Columns. *Engineering Structures*, 92, 55 – 68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.03.009>

Nicolaas, Seska, dan Ever Notje Slat. (2019). Pemanfaatan Beton Pematatan Mandiri (*Self Compacting Concrete*) Sebagai Balok Struktur Dengan Menggunakan Agregat Lokal. *Jurnal Integrasi*, 11(2), 81 – 85.

Pamenia, Putri Dwi Sri (2006). Analisa Pengaruh Variasi Kekakuan Balok Dan Kolom Pada SRPMK Terhadap Daktilitas Dengan Metode *Pushover Analysis*. Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

SNI 2052-2017. Baja Tulangan Beton. *Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum*, 2017

SNI 2847-2019. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.  
*Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 2019.*

Sun, Linzhu, dan Wei Li. (2019). Cyclic Behavior Of Reinforced Concrete Columns Confined With Two Layers Of Stirrups. *Structural Concrete*,1–13.  
DOI: 10.1002/suco.201800229

Szabo, B., dan Babuska, I. 2021. Finite Element Analysis Method, Verification, and Validation. *United State of America: Wiley.*

Zhao, Jun, dkk.. (2018). Experimental Study on Shear Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete Beams with High-Strength Reinforcement. *Materials* ,11, 1682. [www.mdpi.com/journal/material](http://www.mdpi.com/journal/material)

Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. 2000. The Finite Element Method Fifth Edition Volume 1 : The Basis. *Oxford: Butterworth-Heinemann.*

Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. 2000. The Finite Element Method Fifth Edition Volume 2 : Solid Mechanics. *Oxford: Butterworth-Heinemann.*