

# **TUGAS AKHIR**

## **KAPASITAS PILAR JEMBATAN *SELF COMPACTING* *CONCRETE* DENGAN SENDI PLASTIS YANG DIPERKUAT DENGAN JAKET KOMPOSIT SEMEN**

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



**ABDUL HAFIZ ALFARISI**

**03011282126081**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Hafiz Alfarisi

NIM : 03011282126081

Judul : Kapasitas Pilar Jembatan *Self Compacting Concrete* Dengan Sendi Plastis  
Yang Diperkuat Dengan Jacket Komposit Semen

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

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



**Palembang, Maret 2025**



**Abdul Hafiz Alfarisi**  
**NIM. 03011282126081**

## HALAMAN PENGESAHAN

# KAPASITAS PILAR JEMBATAN SELF COMPACTING CONCRETE DENGAN SENDI PLASTIS YANG DIPERKUAT DENGAN JAKET KOMPOSIT SEMEN

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Oleh :

**ABDUL HAFIZ ALFARISI**

**03011282126081**

**Palembang ,   Maret 2025**

**Diperiksa dan disetujui oleh,**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II,**



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



**Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T**  
**NIP. 197705172008012039**

**Mengetahui/Menyetujui**  
**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,**



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



## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul **“Kapasitas Pilar Jembatan *Self Compacting Concrete* Dengan Sendi Plastis Yang Diperkuat Dengan Jacket Komposit Semen”** yang disusun oleh Abdul Hafiz Alfarisi, 03011282126081 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Maret 2025.


Palembang, 10 Maret 2025

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

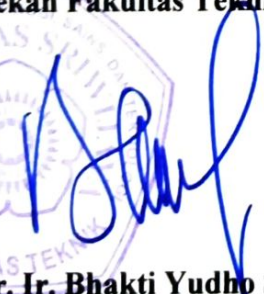

1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197610312002122001
2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T. (  )  
NIP. 197705172008012039

Anggota:

3. Dr. Ir. K. M. Aminuddin, S.T., M.T., IPM. (  )  
NIP. 197203141999031006

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

**Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T.,M.T.,IPM.**  
NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

## **PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Hafiz Alfarisi

NIM : 03011282126081

Judul : Kapasitas Pilar Jembatan *Self Compacting Concrete* Dengan Sendi Plastis  
Yang Diperkuat Dengan Jacket Komposit Semen

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

**Palembang, Maret 2025**



**Abdul Hafiz Alfarisi**  
**NIM. 03011282126081**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Abdul Hafiz Alfarisi  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
E-mail : hafizalfarisi1407@gmail.com

### Riwayat Pendidikan:

<b>Nama Sekolah</b>	<b>Fakultas</b>	<b>Jurusan</b>	<b>Pendidikan</b>	<b>Masa</b>
SD IT Al-Hanan Palembang	-	-	SD	2008-2014
SMP Negeri 40 Palembang	-	-	SMP	2014-2017
SMA Negeri 21 Palembang	-	IPA	SMA	2017-2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2025

### Riwayat Organisasi:

<b>Nama Organisasi</b>	<b>Jabatan</b>	<b>Periode</b>
GenBI Sumatera Selatan	Anggota Divisi Kewirausahaan	2023-2024
Ikatan Mahasiswa Sipil	Anggota Departemen PORA	2023-2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



**Abdul Hafiz Alfarisi**  
**NIM. 03011282126081**

## RINGKASAN

### KAPASITAS PILAR JEMBATAN *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN SENDI PLASTIS YANG DIPERKUAT DENGAN JAKET KOMPOSIT SEMEN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, 10 Maret 2025

Abdul Hafiz Alfarisi; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 80 halaman, 66 gambar, 13 tabel

Pilar jembatan adalah elemen struktur yang sangat penting dalam menopang beban jembatan sehingga didesain tahan terhadap gempa. *Self compacting concrete* adalah jenis beton yang dapat memadat sendiri tanpa alat pemadat yang bertujuan untuk mengatasi kesulitan pemadatan beton akibat kerapatan tulangan. Penelitian ini menggunakan program ANSYS dengan metode *finite element method*. Setelah melalui proses input data, *meshing*, dan *solving*, didapatkan *output* berupa kurva histeresis, kontur tegangan, kontur perpindahan, daktilitas, kekakuan, dan disipasi energi. Kapasitas pilar jembatan *normal concrete* dibandingkan dengan kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan variasi ketebalan jaket komposit semen. Spesimen E25NC, E10SCC, E25SCC, dan E40SCC mampu mencapai *drift ratio* maksimum. Seluruh spesimen memiliki daktilitas lebih dari 4 yang masuk kedalam kategori *high ductility demand*. Kekakuan seluruh spesimen menurun seiring dengan peningkatan perpindahan pada arah pembebanan dorong maupun tarik. Spesimen E40SCC mempertahankan kekakuan awal tertinggi dan penurunan paling lambat menunjukkan kemampuan deformasi lebih besar. Spesimen E40SCC secara konsisten menunjukkan disipasi energi kumulatif tertinggi di setiap perpindahan. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa ketebalan jaket berpengaruh terhadap peningkatan kinerja struktural terhadap beban siklik.

**Kata kunci:** pilar jembatan, *self compacting concrete*, beban siklik, metode elemen hingga

## SUMMARY

### CAPACITY OF SELF COMPACTING CONCRETE BRIDGE PIERS WITH PLASTIC HINGES REINFORCED BY CEMENTITIOUS COMPOSITE JACKETS

Scientific papers in form of Final Projects, March 10<sup>th</sup>, 2025

Abdul Hafiz Alfarisi; Guide by Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. and Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xix + 80 pages, 66 images, 13 tables

Bridge piers are critical structural elements designed to withstand seismic loads. Self compacting concrete is a type of concrete that can compact itself without the compacting tools, aiming to overcome difficulties in concrete compaction due to reinforcement congestion. This study utilizes ANSYS software with finite element method. After the processes of data input, meshing, and solving, outputs such as hysteresis curves, stress contours, displacement contours, ductility, stiffness, and energy dissipation were obtained. The capacity of normal concrete bridge piers is compared with the capacity of self compacting concrete with variations in cementitious composite jackets thickness. Specimens E25NC, E10SCC, E25SCC, and E40SCC were able to achieve maximum drift ratio. All specimens exhibited ductility greater than 4 falling into the category of high ductility demand. The stiffness of all specimens decreased along with increased displacement in both push and pull loading directions. Specimen E40SCC maintained the highest initial stiffness and the slowest degradation, indicating greater deformation capacity. Specimen E40SCC consistently demonstrated the highest cumulative energy dissipation at every displacement level. The result of this study prove that cementitious composite jackets thickness has a significant effect on enhancing the structural performance under cyclic loading.

**Keywords:** bridge piers, *self compacting concrete*, cyclic loads, finite element method



# KAPASITAS PILAR JEMBATAN *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN SENDI PLASTIS YANG DIPERKUAT DENGAN JAKET KOMPOSIT SEMEN

Abdul Hafiz Alfarisi<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>, Siti Aisyah Nurjannah<sup>3)</sup>

- <sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: hafizalfarisi1407@gmail.com
- <sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: salomaunsri@gmail.com
- <sup>3)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: sitiaisyahn@ft.unsri.ac.id

## Abstrak

Pilar jembatan adalah elemen struktur yang sangat penting dalam menopang beban jembatan sehingga didesain tahan terhadap gempa. *Self compacting concrete* adalah jenis beton yang dapat memadat sendiri tanpa alat pemadat yang bertujuan untuk mengatasi kesulitan pemadatan beton akibat kerapatan tulangan. Penelitian ini menggunakan program ANSYS dengan metode *finite element method*. Setelah melalui proses input data, *meshing*, dan *solving*, didapatkan *output* berupa kurva histeresis, kontur tegangan, kontur perpindahan, daktilitas, kekakuan, dan disipasi energi. Kapasitas pilar jembatan *normal concrete* dibandingkan dengan kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan variasi ketebalan jaket komposit semen. Spesimen E25NC, E10SCC, E25SCC, dan E40SCC mampu mencapai *drift ratio* maksimum. Seluruh spesimen memiliki daktilitas lebih dari 4 yang masuk kedalam kategori *high ductility demand*. Kekakuan seluruh spesimen menurun seiring dengan peningkatan perpindahan pada arah pembebanan dorong maupun tarik. Spesimen E40SCC mempertahankan kekakuan awal tertinggi dan penurunan paling lambat menunjukkan kemampuan deformasi lebih besar. Spesimen E40SCC secara konsisten menunjukkan disipasi energi kumulatif tertinggi di setiap perpindahan. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa ketebalan jaket berpengaruh terhadap peningkatan kinerja struktural terhadap beban siklik.

**Kata kunci:** pilar jembatan, *self compacting concrete*, beban siklik, metode elemen hingga

Palembang, Maret 2025  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I

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

Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.  
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

# CAPACITY OF SELF COMPACTING CONCRETE BRIDGE PIERS WITH PLASTIC HINGES REINFORCED BY CEMENTITIOUS COMPOSITE JACKETS

Abdul Hafiz Alfarisi<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>, Siti Aisyah Nurjannah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: hafizalfarisi1407@gmail.com

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: salomaunsri@gmail.com

<sup>3)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: sitiaisyahn@ft.unsri.ac.id

## Abstract

Bridge piers are critical structural elements designed to withstand seismic loads. Self compacting concrete is a type of concrete that can compact itself without the compacting tools, aiming to overcome difficulties in concrete compaction due to reinforcement congestion. This study utilizes ANSYS software with finite element method. After the processes of data input, meshing, and solving, outputs such as hysteresis curves, stress contours, displacement contours, ductility, stiffness, and energy dissipation were obtained. The capacity of normal concrete bridge piers is compared with the capacity of self compacting concrete with variations in cementitious composite jackets thickness. Specimens E25NC, E10SCC, E25SCC, and E40SCC were able to achieve maximum drift ratio. All specimens exhibited ductility greater than 4 falling into the category of high ductility demand. The stiffness of all specimens decreased along with increased displacement in both push and pull loading directions. Specimen E40SCC maintained the highest initial stiffness and the slowest degradation, indicating greater deformation capacity. Specimen E40SCC consistently demonstrated the highest cumulative energy dissipation at every displacement level. The result of this study prove that cementitious composite jackets thickness has a significant effect on enhancing the structural performance under cyclic loading.

**Keywords:** bridge piers, *self compacting concrete*, cyclic loads, finite element method

Palembang, Maret 2025  
Diperiksa dan disetujui oleh  
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I



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



Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.  
NIP. 197705172008012039

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

## KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, serta kasih sayang, dan juga pertolongan-Nya penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Kapasitas Pilar Jembatan *Self Compacting Concrete* Dengan Sendi Plastis Yang Diperkuat Dengan Jacket Komposit Semen”**. Penelitian dan penyusunan tugas akhir ini dilaksanakan sebagai pemenuhan persyaratan kelulusan dalam Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya. Penulis mengakui kontribusi penting dari berbagai pihak selama proses ini dan menyampaikan apresiasi yang mendalam kepada mereka, khususnya :

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S. E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S. T., M. T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan sekaligus sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan bantuan, ilmu, serta waktu dalam proses konsultasi dan penulisan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bantuan, ilmu, serta waktu dalam proses konsultasi dan penulisan tugas akhir ini.
5. Ibu Ratna Dewi, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
6. Ibu Febrinasti Alia, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan bantuan, ilmu, dan dorongan selama proses belajar di masa perkuliahan.
7. Dr. Ir. K. M. Aminuddin, S.T., M.T., IPM., selaku dosen pembimbing akademik pada semester delapan yang telah memberikan bimbingan, pengetahuan, dan motivasi.
8. Semua dosen dan pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

9. Orang tua, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Pacar tersayang, Rizka Elyan Fadinka yang selalu menyemangati dan mendorong saya untuk tidak bermalas-malasan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman terdekat, Muhammad Azfa Zaky yang selalu menyemangati dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penulisannya. Oleh karena itu, kritik dan saran dari para pembaca akan senantiasa diterima oleh penulis untuk menambah pengetahuan, peningkatan kualitas diri, dan sebagai penyempurnaan karya tulis ini di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga laporan hasil penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis pribadi dan bagi Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.

Palembang,     Maret 2025



**Abdul Hafiz Alfarisi**  
**NIM. 03011282126081**

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN INTEGRITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN .....	vii
SUMMARY .....	viii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Gempa Bumi.....	4
2.2 Beban Siklik .....	4
2.3 <i>Self Compacting Concrete</i> .....	5
2.4 Baja Tulangan.....	7
2.5 Tulangan Geser.....	8

2.6	Daktilitas.....	9
2.7	Sendi Plastis.....	10
2.8	Jaket Komposit Semen .....	11
2.9	<i>Hysteresis Curve</i> .....	12
2.10	<i>Finite Element Method</i> .....	13
2.10.1	Metode Matriks Dalam <i>Finite Element Method</i> .....	13
2.10.2	Metode Pemecahan Kasus Non-Linier .....	16
2.10.3	Persamaan Non-linier Untuk Mendapatkan Solusi Model Numerik 19	
2.11	Program ANSYS .....	20
2.12	Penelitian Terdahulu.....	23
2.12.1	Penelitian Zhang, dkk., (2024).....	23
2.12.2	Penelitian Zhang, dkk., (2023).....	25
2.12.3	Penelitian Di, dkk., (2022).....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		31
3.1	Umum.....	31
3.2	Studi Literatur.....	31
3.3	Alur Penelitian.....	31
3.4	Pengumpulan Data Sekunder.....	33
3.5	Model Struktur.....	34
3.6	Pemodelan Struktur Pada Program ANSYS.....	35
3.7	<i>Boundary Condition</i> .....	39
3.8	Input Data pada Program ANSYS.....	40
3.9	<i>Meshing</i> .....	40
3.10	<i>Solving</i> .....	40
3.11	Analisa Dan Pembahasan .....	40

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	41
4.1 Detail Permodelan Struktur Pilar Jembatan.....	41
4.2 Permodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	43
4.3 Input Data .....	46
4.3.1 Material Properties Beton .....	47
4.3.2 Material Properties Baja Tulangan .....	47
4.3.3 Pembebanan .....	47
4.4 Meshing Elemen Struktur .....	48
4.5 Analisis <i>Output</i> ANSYS .....	48
4.5.1 Analisis <i>Output Normal Concrete</i> .....	49
4.5.2 Analisis <i>Output Self Compacting Concrete</i> .....	53
4.6 Daktilitas.....	64
4.6.1 Daktilitas Struktur <i>Normal Concrete</i> .....	64
4.6.2 Daktilitas Struktur <i>Self Compacting Concrete</i> .....	65
4.7 Kekakuan dan Kekuatan .....	68
4.7.1 Kekuatan dan Kekakuan Struktur <i>Normal Concrete</i> .....	68
4.7.2 Kekuatan dan Kekakuan Struktur <i>Self Compacting Concrete</i> .....	70
4.8 Disipasi Energi .....	72
4.8.1 Disipasi Energi Kumulatif <i>Normal Concrete</i> .....	72
4.8.2 Disipasi Energi Kumulatif <i>Self Compacting Concrete</i> .....	73
BAB 5 PENUTUP .....	76
5.1 Kesimpulan.....	76
5.2 Saran .....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerusakan pilar jembatan akibat beban siklik di Hualien, Taiwan timur, 2022.....	5
Gambar 2.2 Alat pengujian <i>filling ability</i> .....	6
Gambar 2.3 Alat <i>L-Shape box</i> .....	6
Gambar 2.4 Alat <i>V-Funnell</i> .....	7
Gambar 2.5 Detail penulangan pilar jembatan.....	8
Gambar 2.6 Detail tulangan geser pilar jembatan.....	9
Gambar 2.7 Detail jaket komposit pada penelitian Zhang, dkk., (2024) .....	11
Gambar 2.8 Bentuk dasar kurva histeresis (Zhang, dkk., 2024).....	12
Gambar 2.9 <i>Hysteresis curve</i> dari <i>load-displacement</i> pada penelitian Zhang, dkk., (2024).....	13
Gambar 2.10 Newton-Raphson <i>method</i> (Zienkiewicz, dkk., 2000).....	17
Gambar 2.11 <i>Modified Newton-Raphson method</i> dengan kenaikan awal tangen (Zienkiewicz, dkk., 2000) .....	18
Gambar 2.12 <i>Modified Newton-Raphson method</i> dengan masalah awal tangen (Zienkiewicz, dkk., 2000) .....	18
Gambar 2.13 Metode Secant dimulai dari prediksi <b>K0</b> (Zienkiewicz, dkk., 2000) .....	19
Gambar 2.14 Permodelan SOLID65 (Ansys Inc., 2013).....	22
Gambar 2.15 Permodelan SOLID45 (Ansys Inc., 2013).....	22
Gambar 2.16 Permodelan LINK180 (Ansys Inc., 2013.....	23
Gambar 2.17 Detail spesimen pengujian Zhang, dkk., (2024) .....	23
Gambar 2.18 Detail <i>shear keys</i> spesimen pengujian Zhang, dkk., (2024).....	24
Gambar 2.19 <i>Setup</i> pengujian Zhang, dkk., (2024) .....	24
Gambar 2.20 Riwayat perpindahan beban siklik pada penelitian Rui Zhang, dkk., (2024).....	25
Gambar 2.21 Detail spesimen pengujian Zhang, dkk., (2023) .....	26
Gambar 2.22 <i>Setup</i> pengujian Zhang, dkk., (2023) .....	26
Gambar 2.23 Riwayat perpindahan beban siklik pada penelitian Zhang, dkk., (2023) .....	27



Gambar 2.24 Detail spesimen pengujian Di, dkk., (2022).....	28
Gambar 2.25 Setup pengujian Di, dkk., (2022) .....	29
Gambar 2.26 Riwayat perpindahan beban siklik pada penelitian Di, dkk., (2022) .....	30
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan pelaksanaan penelitian.....	33
Gambar 3.2 Model struktur pilar jembatan (Zhang, dkk., 2024).....	34
Gambar 3.3 <i>Test setup</i> pembebanan (Zhang, dkk., 2024).....	34
Gambar 3.4 Riwayat pembebanan (Zhang, dkk., 2024) .....	35
Gambar 3.5 Contoh permodelan pilar jembatan sebelum dibuat menggunakan program ANSYS .....	36
Gambar 3.6 Detail jaket komposit semen .....	36
Gambar 3.7 Permodelan pilar jembatan tanpa jaket komposit semen menggunakan ANSYS.....	37
Gambar 3.8 Detail pilar jembatan tanpa jaket komposit semen .....	37
Gambar 3.9 Permodelan pilar jembatan dengan jaket komposit semen menggunakan ANSYS .....	38
Gambar 3.10 Detail pilar jembatan dengan jaket komposit semen.....	38
Gambar 3.11 Detail penulangan pilar jembatan.....	39
Gambar 4.1 Permodelan struktur pilar jembatan yang diperkuat jaket komposit semen pada penelitian Zhang, dkk., (2024).....	41
Gambar 4.2 Jaket Kolom dengan Ketebalan 10 mm .....	42
Gambar 4.3 Jaket Kolom dengan Ketebalan 25 mm .....	42
Gambar 4.4 Jaket Kolom dengan Ketebalan 40 mm .....	43
Gambar 4.5 <i>Nodes</i> permodelan struktur pilar jembatan yang diperkuat dengan jaket komposit semen.....	44
Gambar 4.6 Permodelan dengan elemen SOLID 65 dan SOLID 45 struktur pilar jembatan yang diperkuat dengan jaket komposit semen.....	44
Gambar 4.7 Permodelan dengan LINK180 struktur pilar jembatan yang diperkuat dengan jaket komposit semen .....	45
Gambar 4.8 Permodelan jaket tipe E10 dengan elemen SOLID65.....	45
Gambar 4.9 Permodelan jaket tipe E25 dengan elemen SOLID65.....	46
Gambar 4.10 Permodelan jaket tipe E40 dengan elemen SOLID65.....	46

Gambar 4.11 Riwayat pembebanan berdasarkan drift ratio pilar jembatan (Zhang, dkk., 2024) .....	48
Gambar 4.12 Perbandingan kurva histeresis material beton normal .....	49
Gambar 4.13 <i>Output</i> kontur tegangan model E25 <i>normal concrete</i> pada drift ratio 5% .....	51
Gambar 4.14 <i>Output</i> kontur perpindahan model E25 <i>normal concrete</i> pada drift ratio 5% .....	53
Gambar 4.15 Kurva histeresis permodelan <i>self compacting concrete</i> .....	55
Gambar 4.16 <i>Output</i> kontur tegangan model E10SCC pada drift ratio 5% .....	58
Gambar 4.17 <i>Output</i> kontur tegangan model E25SCC pada drift ratio 5% .....	59
Gambar 4.18 <i>Output</i> kontur tegangan model E40SCC pada drift ratio 5% .....	60
Gambar 4.19 <i>Output</i> kontur perpindahan model E10SCC pada drift ratio 5% ....	61
Gambar 4.20 <i>Output</i> kontur perpindahan model E25SCC pada drift ratio 5% ....	62
Gambar 4.21 <i>Output</i> kontur perpindahan model E40SCC pada drift ratio 5% ....	63
Gambar 4.22 Kurva <i>envelope</i> permodelan spesimen E25 dengan <i>normal concrete</i> .....	64
Gambar 4.23 Kurva <i>envelope</i> permodelan spesimen variasi dengan <i>self compacting concrete</i> .....	67
Gambar 4.24 Kurva hubungan antara kekakuan dan perpindahan permodelan E25 <i>normal concrete</i> .....	69
Gambar 4.25 Kurva <i>backbone</i> permodelan E25 <i>normal concrete</i> .....	69
Gambar 4.26 Kurva hubungan antara kekakuan dan perpindahan permodelan variasi <i>self compacting concrete</i> .....	70
Gambar 4.27 Kurva <i>backbone</i> permodelan variasi <i>self compacting concrete</i> .....	72
Gambar 4.28 Kurva hubungan antara disipasi energi kumulatif dan <i>drift ratio</i> pada spesimen E25 <i>normal concrete</i> .....	73
Gambar 4.29 Kurva hubungan antara disipasi energi kumulatif dan <i>drift ratio</i> pada spesimen variasi <i>self compacting concrete</i> .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variasi Jacket komposit semen pada zona sendi plastis di dasar pilar ..	35
Tabel 4.1 Variasi ketebalan jacket kolom.....	42
Tabel 4.2 <i>Material Properties</i> .....	47
Tabel 4.3 Perbandingan hasil pengujian eksperimental dan program ANSYS ....	50
Tabel 4.4 Beban lateral maksimum dan perpindahan maksimum permodelan variasi .....	56
Tabel 4.5 <i>Drift ratio</i> spesimen pada beban lateral maksimum .....	56
Tabel 4.6 Daktilitas hasil analisis permodelan E25 <i>normal concrete</i> .....	65
Tabel 4.7 Daktilitas hasil analisis permodelan variasi <i>self compacting concrete</i> .	67
Tabel 4.8 Penurunan nilai kekakuan spesimen E25 <i>normal concrete</i> .....	69
Tabel 4.9 Penurunan kekakuan spesimen variasi arah pembebanan dorong .....	71
Tabel 4.10 Penurunan kekakuan spesimen variasi arah pembebanan tarik .....	71
Tabel 4.11 Disipasi energi E25 <i>normal concrete</i> .....	73
Tabel 4.12 Disipasi energi spesimen variasi <i>self compacting concrete</i> .....	74

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di tiga lempeng tektonik utama: Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Indo-Australia. Salah satu penyebab utama gempa bumi adalah lempeng tektonik. Sesar aktif sering terjadi di zona pertemuan lempeng tektonik karenanya Indonesia rentan terhadap gempa bumi. Salah satu negara yang telah mengembangkan infrastrukturnya dengan cukup cepat adalah Indonesia. Untuk menurunkan bahaya kerusakan struktural akibat beban gempa, Indonesia harus segera fokus pada kriteria saat merencanakan struktur bangunan. Pilar jembatan adalah komponen struktural yang sangat rentan terhadap kerusakan akibat getaran akibat tekanan seismik.

Zhang, dkk (2024) melakukan penelitian mengenai perilaku pilar jembatan yang menggunakan jaket komposit semen yang diberikan beban siklik. Hasilnya, dibandingkan dengan pilar jembatan konvensional, pilar jembatan yang menggunakan jaket komposit semen efektif dalam meningkatkan kekuatan lentur dan daktilitas pilar jembatan.

Pilar jembatan adalah elemen struktur yang sangat penting dalam menopang beban jembatan. Penyaluran beban dari struktur atas jembatan menuju fondasi dibawah tanah adalah fungsi dari pilar. Kekuatan pilar jembatan sangat menentukan stabilitas dan keamanan seluruh bagian jembatan. *Self compacting concrete* dengan menggunakan sendi plastis bisa menjadi pilihan untuk membuat struktur bangunan yang bisa menahan gempa. Beban lateral yang terjadi secara siklik dapat di tahan oleh *Self compacting concrete* dengan menggunakan sendi plastis.

Pilar jembatan modern memanfaatkan inovasi material Self Compacting Concrete (SCC) yang ideal untuk sendi plastis. Beton SCC memadatkan diri tanpa getaran, cocok untuk struktur rumit seperti sendi plastis, dan menawarkan keunggulan seperti kedap air dan kemudahan pengerjaan. Sendi plastis pada pilar SCC memberikan fleksibilitas struktur, mengurangi retak, dan meningkatkan ketahanan gempa. Beton SCC dan sendi plastis dapat menghasilkan pilar jembatan yang kuat dan tahan lama.

Jaket komposit semen adalah lapisan yang dapat digunakan pada struktur beton seperti pilar, balok, dan slab untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan. Dengan jaket komposit semen, pilar jembatan yang menerima beban siklik dapat memastikan stabilitas dan keamanan seluruh bagian jembatan. Jaket komposit semen dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan gempa menjadikannya solusi menarik untuk struktur seperti pilar jembatan.

Tes laboratorium bukan lagi satu-satunya cara untuk meneliti perilaku elemen struktural di era teknologi unggul ini. Program seperti ANSYS sekarang dapat digunakan untuk melakukan analisis. Sebuah program yang disebut ANSYS dapat menggunakan pendekatan elemen hingga untuk mempelajari struktur. Metode numerik digunakan untuk menyajikan temuan analisis ANSYS.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian perilaku pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen adalah:

1. Bagaimana hasil analisa kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen yang dianalisis menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisa elemen struktur pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen?
3. Bagaimana hasil analisa kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berjudul kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen, yaitu:

1. Mampu membandingkan dan memverifikasi kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen dari analisis program ANSYS dengan hasil penelitian Zhang, dkk., (2024).

2. Mampu memahami metode analisa elemen struktur pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen.
3. Mampu memahami hasil analisa kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen.

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

Adapun ruang lingkup dari penelitian berjudul kapasitas pilar jembatan *self compacting concrete* dengan sendi plastis yang diperkuat dengan jaket komposit semen diatur dalam lingkup:

1. Penerapan konsep model solid dalam analisis yang melibatkan pembuatan model fisik yang konkret, serta pendalaman model tersebut dengan aplikasi ANSYS memakai metode elemen hingga (*finite element method*).
2. Peraturan digunakan berkaitan dengan peraturan yang berhubungan dengan standar ACI 318-14 dan ACI 343R-95.
3. Data sekunder diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Zhang, dkk., (2024) tentang perilaku siklik pilar jembatan yang diperkuat jaket komposit semen.
4. Permodelan data *material properties self compacting concrete* didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Usman, dkk., (2023) dengan kekuatan tekan beton mencapai 52,14 MPa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anslys Inc. ANSYS Mechanical APDL Element Reference. Knowledge Creation Diffusion Utilization, (2013): 1–1416.
- ANSYS Inc. ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials. *United States of America*, (2013).
- Badshah, Mujahid., Badshah, Saeed., dan Jan, Sakhi. "*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 (2020): 164-172.
- Candrakanta, Bayu dan Widodo, Agus. "Analisis Kebutuhan Material Pembesian Pada Satu Sampel Area Struktur Bangunan Gedung." *Jurnal Teknik Sipil* 1.02 (2020): 54-60.
- Di, Jin., Fan, Jiuhong., Zhou, Xuhong., Zhao, Lijun., Han, Bin dan Zhang, Zhigang. "*Hysteretic behavior of composite bridge columns with plastic hinge enhanced by engineered cementitious composite jacket for seismic resistance.*" *Engineering Structures* 251 (2022): 113532.
- Hermansah, F. Y., dan Sihotang, Abinhot. "Studi mengenai pengaruh ukuran maksimum agregat kasar pada campuran beton memadat mandiri (SCC)." *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 5.1 (2019): 62.
- Jagota, Vishal., Sethi A. P. S., dan Kumar, Khushmeet. "*Finite element method: an overview.*" *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)* 10.1 (2013): 1-8.
- Maharani, Nia dan Andika I.K.A. "Tingkat pengetahuan siswa tentang kesiapsiagaan bencana gempa bumi di smpn 3 Kuta Selatan Badung Provinsi Bali." *PENDIPA Journal of Science Education* 4.3 (2020): 32-38.
- Mahyuddin, R. N., Araby, M. Z., dan Abdullah. "Analisis Kapasitas Sambungan Balok Kolom Terhadap Beban Siklik Sesuai Dengan Penjelasan Sni 2847-2013. " *Journal of The Civil Engineering Student* (2019), 1(3), 141–147.
- Mooy, Merzy. "Kapasitas Geser Balok Tinggi dengan Campuran *Fly Ash* tanpa Tulangan Geser." *Jurnal Teknik Sipil* 11.2 (2022): 133-142.
- Nabhilla, R. F., dan Hayu, G. A. "Analisis Perilaku Struktur Perkantoran Tahan Gempa Menggunakan Metode Pushover Analysis." *Siklus: Jurnal Teknik Sipil* 6.2 (2020): 141-154.

- Tambusay, M. I., Zulfikar, A. J., dan Iswandi. "Analisis Metode *Split Tensile Test* Komposit *Laminate Hybrid Jute E-Glass* Akibat Beban Tarik Beton Kolom Silinder." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1.2 (2022): 45-54.
- Usman, A. P., Saloma, Hanafiah, dan Anen, M. "*Physical and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete (SCC) with Coconut Fiber and Polypropylene.*" *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2544. No. 1. AIP Publishing, 2023.
- Utami, S. R. L., Nuroji, dan Antonius. "Pengaruh Pembalutan *Carbon Fiber Wrap (CFW)* Terhadap Daktilitas Balok Beton Bertulang." *INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur* 12.2 (2016): 140-155.
- Wu, Hongfei., Zhuang, Xincun., Zhang, Wen., dan Zhao, Zhen. "*Anisotropic ductile fracture: Experiments, modeling, and numerical simulations.*" *Journal of Materials Research and Technology* 20 (2022): 833-856.
- Zhang, Cong., Wu, Lishan., Elchalakani, Mohamed., dan Cai, Jingming. "*Cyclic loading test for reinforced concrete columns strengthened with high-strength engineered cementitious composite jacket.*" *Engineering Structures* 278 (2023): 115571.
- Zhang, Rui., Gu, Xiao., Liu, Zhenlun., Chen, Kedao dan Zhao, Ran. "*Cyclic behavior of existing RC bridge piers strengthened by exterior ECC and BFRP/ECC composite jacketing at pier base.*" *Structures*. Vol. 62. Elsevier, 2024.
- Zienkiewicz, O. C., dan Taylor, R. L. "*The finite element method fifth edition volume 2: solid mechanics.*" *Massachusetts: Butterworth-Heinemann* (2000). Zienkiewicz, O.
- Zienkiewicz, O. C., dan Taylor, R. L. "*The finite element method fifth edition volume 1: the basis.*" *Massachusetts: Butterworth-Heinemann* (2000). Zienkiewicz, O.