

**TUGAS AKHIR**

**PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM EKSTERIOR  
*SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI  
SPASI SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK**



**NABILA VALENCIA  
03011282126036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

# **TUGAS AKHIR**

## **PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI SPASI SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK**

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



**NABILA VALENCIA**

**03011282126036**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Valencia

NIM : 03011282126036

Judul : Perilaku *Joint* Balok-Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Spasi Sengkang Akibat Beban Siklik

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, Januari 2025



**Nabila Valencia**

**NIM. 03011282126036**

## HALAMAN PENGESAHAN

# PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI SPASI SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**NABILA VALENCIA**

**03011282126082**

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

Dosen Pembimbing I,



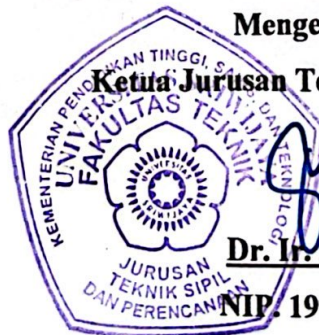
**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001



**Dr. Ir. Siti Aisyah N. 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 “Perilaku *Joint* Balok-Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Spasi Senggang Akibat Beban Siklik” yang disusun oleh Nabila Valencia, NIM 03011282126036 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 09 Januari 2025.

Palembang, 09 Januari 2025

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Dosen Pembimbing:

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

NIP. 197610312002122001

(  )

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

NIP. 197705172008012039

(  )

Dosen Penguji:

3. Dr. Ir. K.M. Aminuddin, S.T., M.T.

NIP. 1972031419990031006

(  )

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik

Sipil

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

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

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Valencia

NIM : 03011282126036

Judul : Perilaku *Joint* Balok-Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Spasi Senggang Akibat Beban 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 saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2025



**Nabila Valencia**  
**NIM. 03011282126036**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Nabila Valencia  
Jenis Kelamin : Perempuan  
E-mail : vlencia@gmail.com

### Riwayat Pendidikan:

| Nama Sekolah              | Fakultas | Jurusan      | Pendidikan | Masa           |
|---------------------------|----------|--------------|------------|----------------|
| SD NEGERI 11<br>INDRALAYA | -        | -            | SD         | 2009 -<br>2015 |
| SMP NEGERI 1<br>INDRALAYA | -        | -            | SMP        | 2015 -<br>2017 |
| SMA NEGERI 1<br>INDRALAYA | -        | IPA          | SMA        | 2017 -<br>2021 |
| Universitas Sriwijaya     | Teknik   | Teknik Sipil | S1         | 2021-2024      |

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Nabila Valencia  
03011282126036

## RINGKASAN

### PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM EKSTERIOR *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI SPASI SENKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, 09 Januari 2025

Nabila Valencia; Dimbing 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 + 111 halaman, 64 gambar, 17 tabel

Salah satu elemen struktural yang dirancang untuk tahan terhadap gempa adalah joint balok-kolom, yang merupakan area responsif terhadap distribusi beban gempa sehingga memerlukan desain yang memenuhi kriteria seismik. Kendala penggunaan beton konvensional akibat retak pada tulangan dapat diatasi dengan material *self-compacting concrete* (SCC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja joint balok-kolom berbahan SCC dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). Output yang dihasilkan mencakup kurva histeresis, simpangan, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan, kekuatan struktur, dan disipasi energi kumulatif. Perilaku joint balok-kolom dengan beton normal dan spasi sengkang 100 mm dibandingkan dengan joint berbahan SCC pada berbagai variasi spasi sengkang. Hasil menunjukkan bahwa nilai daktilitas terendah sebesar 8,718 dicapai oleh joint balok-kolom J3 akibat simpangan yang lebih pendek. Sementara itu, joint balok-kolom J1 memiliki disipasi energi kumulatif terbesar karena mampu mencapai simpangan maksimum, yaitu 50 mm pada arah dorong dan -50 mm pada arah tarik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi spasi sengkang memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

**Kata kunci:** beban siklik, joint balok-kolom, *finite element method*, *self-compacting concrete*



## SUMMARY

### BEHAVIOR OF EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINTS USING SELF-COMPACTING CONCRETE WITH STIRRUP SPACING VARIATIONS UNDER CYCLIC LOADING

Scientific papers in form of Final Projects, December 9<sup>th</sup>, 2025

Nabila Valencia; Guide by Advisor 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 + 111 pages, 64 images, 17 tables

*One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joint, which serves as a responsive area for the distribution of seismic loads, requiring a design that meets seismic criteria. The challenges of using conventional concrete, such as cracking in reinforcement, can be addressed by utilizing self-compacting concrete (SCC) material. This study aims to analyze the performance of SCC beam-column joints with variations in stirrup spacing under cyclic loading. The analysis was conducted using ANSYS software based on the finite element method. The outputs include hysteresis curves, displacements, stress contours, ductility, stiffness, structural strength, and cumulative energy dissipation. The performance of beam-column joints made of normal concrete with a stirrup spacing of 100 mm was compared to joints using SCC material with various stirrup spacing configurations. The results show that the lowest ductility value of 8.718 was achieved by the J3 beam-column joint due to its shorter displacement. Meanwhile, the J1 beam-column joint exhibited the highest cumulative energy dissipation, as it could reach the maximum displacement of 50 mm in the pushing direction and -50 mm in the pulling direction. This study concludes that variations in stirrup spacing significantly affect the structural performance under cyclic loading.*

**Keywords:** *cyclic loading, beam-column joint, finite element method, self-compacting concrete*

# PERILAKU JOINT BALOK-KOLOM EKSTERIOR SELF COMPACTING CONCRETE DENGAN VARIASI SPASI SENGGANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

Nabila Valencia<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: [vlencia@gmail.com](mailto:vlencia@gmail.com)

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: [sitiaisyahnurjannah@ft.unsri.ac.id](mailto:sitiaisyahnurjannah@ft.unsri.ac.id)

## Abstrak

Salah satu elemen struktural yang dirancang untuk tahan terhadap gempa adalah joint balok-kolom, yang merupakan area responsif terhadap distribusi beban gempa sehingga memerlukan desain yang memenuhi kriteria seismik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja joint balok-kolom berbahan SCC dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). Output yang dihasilkan mencakup kurva histeresis, simpangan, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan, kekuatan struktur, dan disipasi energi kumulatif. Perilaku joint balok-kolom dengan beton normal dan spasi sengkang 100 mm dibandingkan dengan joint berbahan SCC pada berbagai variasi spasi sengkang. Hasil menunjukkan bahwa nilai daktilitas terendah sebesar 8,718 dicapai oleh joint balok-kolom J3 akibat simpangan yang lebih pendek. Sementara itu, joint balok-kolom J1 memiliki disipasi energi kumulatif terbesar karena mampu mencapai simpangan maksimum, yaitu 50 mm pada arah dorong dan -50 mm pada arah tarik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa variasi spasi sengkang memiliki pengaruh terhadap kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

**Kata kunci:** beban siklik, joint balok-kolom, *finite elemen method*, *self-compacting concrete*

Dosen Pembimbing I,

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

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

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



# **BEHAVIOR OF EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINTS USING SELF-COMPACTING CONCRETE WITH STIRRUP SPACING VARIATIONS UNDER CYCLIC LOADING**

Nabila Valencia<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: [vlencecia@gmail.com](mailto:vlencecia@gmail.com)

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: [sitiaisyahnurjannah@ft.unsri.ac.id](mailto:sitiaisyahnurjannah@ft.unsri.ac.id)

## **Abstract**

*One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joint, which serves as a responsive area for the distribution of seismic loads, requiring a design that meets seismic criteria. This study aims to analyze the performance of SCC beam-column joints with variations in stirrup spacing under cyclic loading. The analysis was conducted using ANSYS software based on the finite element method. The outputs include hysteresis curves, displacements, stress contours, ductility, stiffness, structural strength, and cumulative energy dissipation. The performance of beam-column joints made of normal concrete with a stirrup spacing of 100 mm was compared to joints using SCC material with various stirrup spacing configurations. The results show that the lowest ductility value of 8.718 was achieved by the J3 beam-column joint due to its shorter displacement. Meanwhile, the J1 beam-column joint exhibited the highest cumulative energy dissipation, as it could reach the maximum displacement of 50 mm in the pushing direction and -50 mm in the pulling direction. This study concludes that variations in stirrup spacing significantly affect the structural performance under cyclic loading.*

**Keywords:** *Cyclic Loading, Beam-Column Joint, Finite Element Method, Self-Compacting Concrete*

Dosen Pembimbing I,



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

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



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

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



x

Universitas Sriwijaya

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perilaku *Joint* Balok-Kolom Eksterior *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Spasi Sengkang Akibat Beban Siklik”**. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya:

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu 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. Ibu Dr. Ratna Dewi, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penelitian program ANSYS.
6. Bapak Dr. Ir. Melawaty Agustien S.Si., M. T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Herizal dan Ibu Yeni Ariani selaku orang tua penulis, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terimakasih atas doa, cinta, kepercayaan dan segala bentuk yang diberikan, sehingga penulis merasa terdukung disegala pilihan dan keputusan yang diambil, serta tanpa lelah mendengar keluh kesah penulis hingga di titik ini.
8. Kepada Clarissa, Clarence, Reihan, Virasesa, dan Xiaolinxi selaku saudara kandung yang telah memberikan dukungan serta doa kepada penulis.
9. Kepada Muhammad Khairurramadhana terimakasih sudah dengan tulus mendukung penulis dan selalu memberikan semangat dalam proses menempuh S1.

10. Teman-teman penulis, Laily, Mutia, Nasywa, dan Dila yang telah berjuang Bersama disemester akhir.
11. Sahabat SMA, Rusmala Dewi yang selalu memberikan waktu, dukungan, serta semangat kepada penulis agar tidak pernah menyerah dengan tantangan kehidupan.
12. Bang Muhammad Fadil selaku kakak Tingkat yang selalu memberikan arahan dan bimbingan terkait tugas akhir.

Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan berbagai pihak lain yang membutuhkannya, khususnya civitas akademika Program Studi Teknik Sipil.

Indralaya, Januari 2025

Nabila Valencia

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| PERNYATAAN INTEGRITAS .....                                    | ii   |
| HALAMAN PENGESAHAN.....  | iii  |
| PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....                         | v    |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....                                      | vi   |
| RINGKASAN .....  | vii  |
| SUMMARY .....  | viii |
| ABSTRAK .....  | ix   |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | x    |
| KATA PENGANTAR .....   | xi   |
| DAFTAR ISI.....  | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xvi  |
| DAFTAR TABEL.....  | xix  |
| <br>   |      |
| BAB 1 PENDAHULUAN .....  | 1    |
| 1.1. Latar Belakang.....                                       | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                                      | 3    |
| 1.3. Tujuan Penelitian.....                                    | 3    |
| 1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....                            | 3    |
| <br>   |      |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....                                   | 5    |
| 2.1. Penelitian Terdahulu.....                                 | 5    |
| 2.2. Gempa Bumi.....   | 24   |
| 2.3. <i>Self-Compacting Concrete</i> .....                     | 25   |
| 2.4. Sambungan Balok-Kolom .....                               | 27   |
| 2.5. Beban Siklik .....  | 29   |
| 2.6. Kurva Histeresis .....                                    | 30   |
| 2.7. Daktilitas.....   | 31   |
| 2.9. Kekakuan.....   | 32   |
| 2.10. <i>Finite Element Analysis</i> .....                     | 33   |
| 2.10.1 Metode Matriks dalam <i>Finite Element Method</i> ..... | 35   |
| 2.10.2 Metode Pemecahan Kasus Non-Linier.....                  | 37   |

|   |    |
|---|----|
| 2.11. Program ANSYS .....   | 39 |
| 2.11.1 Elemen ANSYS.....  | 40 |
| 2.11.2 Tahapan Simulasi Program ANSYS .....   | 42 |
| <br>  |    |
| BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....  | 43 |
| 3.1. Umum .....   | 43 |
| 3.2. Studi Literatur.....   | 43 |
| 3.3. Alur Penelitian.....   | 43 |
| 3.4. Pengumpulan Data Sekunder.....   | 45 |
| 3.5. Model Struktur.....  | 46 |
| 3.6. Permodelan Struktur Pada Program ANSYS .....                                     | 51 |
| 3.7. Kondisi Batas.....   | 52 |
| 3.8. <i>Input</i> Data ANSYS .....  | 53 |
| 3.9. <i>Meshing</i> .....   | 53 |
| 3.10. <i>Solving</i> .....  | 54 |
| 3.11. Analisis dan Pembahasan .....   | 54 |
| <br>  |    |
| BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....  | 55 |
| 4.1. Detail Pemodelan Struktur Join Balok-Kolom dengan Variasi Spasi<br>Sengkang..... | 55 |
| 4.2. Pemodelan Struktur dalam ANSYS .....   | 57 |
| 4.3. <i>Data Input</i> .....  | 61 |
| 4.3.1. <i>Material Properties</i> Beton .....   | 61 |
| 4.3.2. <i>Material Properties</i> Tulangan.....                                       | 61 |
| 4.3.3. Pembebanan .....   | 61 |
| 4.4. <i>Meshing</i> Elemen Struktur .....   | 62 |
| 4.5. Analisis Output Program ANSYS .....  | 62 |
| 4.5.1. Analisis Output Beton Normal.....  | 62 |
| 4.5.2. Analisis Output <i>Self Compacting Concrete</i> .....                          | 67 |
| 4.6. Daktilitas.....  | 77 |
| 4.6.1. Daktilitas Model JBK-1 .....   | 77 |
| 4.6.2. Daktilitas Material SCC .....  | 78 |

|  |    |
|--|----|
| 4.7. Kekakuan dan Kekuatan.....  | 80 |
| 4.7.1. Kekakuan dan Perpindahan Model JBK-1 .....                              | 81 |
| 4.7.2. Kekakuan dan Perpindahan Material <i>Self Compacting Concrete</i> ..... | 82 |
| 4.8. Disipasi Energi Kumulatif.....  | 85 |
| 4.8.1. Disipasi Energi Kumulatif Model JBK-1 .....                             | 85 |
| 4.8.2. Disipasi Energi Kumulatif Spesimen SCC.....                             | 87 |
| <br>   |    |
| BAB 5 PENUTUP.....   | 89 |
| 5.1. Kesimpulan.....   | 89 |
| 5.2. Saran .....   | 90 |
| <br>   |    |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | 91 |
| <br>   |    |
| LAMPIRAN.....  | 95 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1. Detail spesimen steel fibre reinforced concrete (SFRC) (Patel, dkk. 2024) .....                                 | 7  |
| Gambar 2.2. Pengujian eksperimental (Patel, dkk. 2024).....   | 7  |
| Gambar 2.3. Sistem pembebanan siklik (Patel, dkk. 2024).....  | 8  |
| Gambar 2.18. Kurva histeris perpindahan beban untuk joint balok-kolom (Patel, dkk. 2024) .....                              | 9  |
| Gambar 2.19. Pola keretakan pada spesimen yang berbeda (Patel, dkk. 2024)....   | 10 |
| Gambar 2.4. Sistem pengujian dan instrumentasi (Zhang dan Chen, 2024).....  | 12 |
| Gambar 2.5. <i>Loading system</i> (Zhang dan Chen, 2024).....   | 12 |
| Gambar 2.6. Perbandingan data uji dengan momen <i>rotation</i> (M-R) model (Zhang dan Chen, 2024) .....                     | 13 |
| Gambar 2.7. Sambungan RPC (Jianbing, dkk. 2023) .....   | 14 |
| Gambar 2.8. Analisis model <i>finite element</i> (Jianbing, dkk. 2023).....   | 15 |
| Gambar 2.9. Perangkat pembebanan (Jianbing, dkk. 2023) .....  | 15 |
| Gambar 2.10. Sistem pembebanan (Jianbing, dkk. 2023).....   | 16 |
| Gambar 2.11. Distribusi kerusakan sambungan (a) eksperimen (b) <i>finite elemen analysis</i> (Jianbing, dkk. 2023) .....    | 16 |
| Gambar 2.12. Kurva histeris <i>joint</i> (Jianbing, dkk. 2023).....   | 17 |
| Gambar 2.13. Pengujian spesimen (Zhang, dkk. 2024).....   | 18 |
| Gambar 2.14. Skema pembebanan <i>horizontal displacement</i> (Zhang, dkk. 2024)   | 19 |
| Gambar 2.15. Kerusakan dan kegagalan (Zhang, dkk. 2024).....  | 19 |
| Gambar 2.16. Kemampuan kerja SCC (a) Slump flow, (b) V-Funnel, (c) L-Box (Usman, dkk. 2023).....                            | 21 |
| Gambar 2.17. Sifat mekanik SCC (a) Kuat tekan, (b) Kuat lentur (Usman, dkk. 2023) .....                                     | 22 |
| Gambar 2.18. Analisis regresi kuat tekan dan kuat lentur (a) Sabut kelapa (b) <i>Polypropylene</i> (Usman, dkk. 2023) ..... | 23 |
| Gambar 2.19. Peta patahan gempa di Indonesia (ESDM, 2023) .....   | 24 |
| Gambar 2.20. Grafik perbandingan kekuatan beton normal dengan beton SCC (Nasruddin, dkk. 2020) .....                        | 26 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.21. Ilustrasi <i>joint</i> balok-kolom (SNI 2847:2019).....  | 27 |
| Gambar 2.22. Jenis <i>joint</i> balok-kolom ACI 352R-02 ( <i>Reapproved</i> 2022).....  | 27 |
| Gambar 2.23. Karakteristik <i>joint</i> balok-kolom ACI 437R-03 ( <i>Reapproved</i> 2019)   | 28 |
| Gambar 2.24. <i>Complex hysteretic behaviors</i> (a) <i>Asymetry</i> ; (b) Penurunan kekakuan; (c) <i>Pinching</i> (Wang, dkk. 2023).....                 | 30 |
| Gambar 2.20. Model elemen SOLID65 (ANSYS Inc, 2024).....  | 39 |
| Gambar 2.21. Model elemen SOLID45 (ANSYS Inc, 2024).....  | 39 |
| Gambar 2.22. Model elemen LINK180 (ANSYS Inc, 2024).....  | 40 |
| Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> metodologi penelitian.....   | 43 |
| Gambar 3.2. Kurva regresi kuat tekan dan kuat lentur beton dengan <i>polypropylene</i> (Usman, dkk. 2023).....  | 44 |
| Gambar 3.3. (a) Dimensi spesimen uji <i>joint</i> balok-kolom, (b) Detail tulangan longitudinal dan tulangan sengkang kolom-balok (Patel, dkk. 2024)..... | 45 |
| Gambar 3.4. Sketsa variasi spasi sengkang: (a) Ø8 - 100 mm, (b) Ø8 - 75 mm, (c) Ø8 - 50 mm.....   | 47 |
| Gambar 3.5. <i>Set up</i> pembebanan (Patel, dkk. 2024).....  | 48 |
| Gambar 2.3. Sistem pembebanan siklik (Patel, dkk. 2024).....  | 48 |
| Gambar 3.6. Pemodelan nodes SOLID65 struktur <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS.....  | 49 |
| Gambar 3.7. Pemodelan <i>element</i> SOLID65 struktur <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS.....   | 50 |
| Gambar 3.8. <i>Boundary condition</i> model <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS.....   | 51 |
| Gambar 4.1. Detail pemodelan sambungan balok-kolom (a) Ø8 - 100 mm, (b) Ø8 - 75 mm, (c) Ø8 - 50 mm.....   | 54 |
| Gambar 4.2. Pemodelan <i>nodes</i> sambungan balok-kolom pada ANSYS.....  | 55 |
| Gambar 4.3. Pemodelan <i>element</i> SOLID65 sambungan balok-kolom pada ANSYS.....  | 56 |
| Gambar 4.4. Pemodelan LINK180 spesimen JBK-1 pada ANSYS.....  | 57 |
| Gambar 4.5. Pemodelan LINK180 spesimen J-1 pada ANSYS.....  | 57 |
| Gambar 4.6. Pemodelan LINK180 spesimen J2 pada ANSYS.....   | 58 |
| Gambar 4.7. Pemodelan LINK180 spesimen J3 pada ANSYS.....   | 58 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.8. Skema pembebanan siklik (Patel, dkk. 2024) .....  | 60 |
| Gambar 4.9. Perbandingan kurva histeresis material beton normal JBK-1 .....   | 61 |
| Gambar 4.10. Kontur tegangan model JBK-1 .....  | 63 |
| Gambar 4.11. Kondisi perpindahan model JBK-1 .....  | 64 |
| Gambar 4.12. Kurva histeresis spesimen <i>self-compacting concrete</i> .....  | 67 |
| Gambar 4.13. Kontur tegangan model J-1 .....  | 69 |
| Gambar 4.14. Kondisi tegangan model J-2 .....   | 70 |
| Gambar 4.15. Kondisi tegangan model J-3 .....   | 71 |
| Gambar 4.16. Kondisi perpindahan model J-1 .....  | 72 |
| Gambar 4.17. Kondisi perpindahan model J-2 .....  | 73 |
| Gambar 4.18. Kondisi perpindahan model J-3 .....  | 74 |
| Gambar 4.19. Kurva <i>envelope</i> model JBK-1 .....  | 76 |
| Gambar 4.20. Kurva <i>envelope</i> spesimen <i>SCC</i> .....  | 78 |
| Gambar 4.21. Kurva hubungan <i>displacement</i> dan kekakuan model JBK-1 .....  | 79 |
| Gambar 4.22. Kurva <i>backbone</i> model JBK-1 .....  | 80 |
| Gambar 4.23. Kurva hubungan perpindahan dan kekakuan spesimen <i>SCC</i> .....  | 81 |
| Gambar 4.24 memperlihatkan kurva <i>backbone</i> join balok-kolom spesimen <i>SCC</i><br>seluruh variasi spasi sengkang. .... | 82 |
| Gambar 4.24. Kurva <i>backbone</i> spesimen <i>SCC</i> .....  | 83 |
| Gambar 4.25. Kurva hubungan <i>displacement</i> dengan disipasi energi kumulatif<br>model JBK-1 .....                         | 84 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1. Proporsi Campuran (Patel, dkk. 2024).....                         | 6  |
| Tabel 2.2. Detail Prototipe dan Spesimen Skala (Patel, dkk. 2024) .....      | 6  |
| Tabel 2.3. Rincian joint balok-kolom (Patel, dkk. 2024).....                 | 6  |
| Tabel 2.4. Parameter utama spesimen (Zhang dan Chen, 2024).....              | 11 |
| Tabel 2.5. Komposisi <i>self-compacting concrete</i> .....                   | 20 |
| Tabel 2.6. Parameter daktilitas gedung.....                                  | 31 |
| Tabel 3.1. Variasi spasi Senggang .....                                      | 46 |
| Tabel 4.1. Variasi dimensi <i>tube</i> join balok-kolom.....                 | 54 |
| Tabel 4.2. Selisih hasil pengujian eksperimental dan analisis ANSYS .....    | 62 |
| Tabel 4.3. Nilai <i>lateral load</i> maksimum dan <i>displacement</i> .....  | 68 |
| Tabel 4.4. Daktilitas model JBK-1.....                                       | 76 |
| Tabel 4.5. Daktilitas spesimen SCC.....                                      | 79 |
| Tabel 4.6. Penurunan nilai kekakuan struktur JBK-1 .....                     | 81 |
| Tabel 4.7. Degradasi kekakuan arah pembebanan dorong spesimen SCC .....      | 83 |
| Tabel 4.8. Degradasi kekakuan arah pembebanan tarik spesimen SCC .....       | 83 |
| Tabel 4.9. Disipasi energi kumulatif model JBK-1.....                        | 84 |
| Tabel 4.10. Disipasi energi kumulatif arah pembebanan dorong dan tarik ..... | 86 |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan populasi yang berkelanjutan menyebabkan peningkatan kebutuhan masyarakat, termasuk kebutuhan akan tempat tinggal dan bangunan dengan berbagai fungsi. Keterbatasan lahan mendorong perkembangan konstruksi gedung bertingkat. Dalam perancangan gedung, selain beban gravitasi, gedung juga harus mampu menahan beban lateral akibat gempa bumi. Wilayah Indonesia mencakup area yang memiliki tingkat risiko gempa cukup tinggi dibandingkan dengan banyak daerah gempa di seluruh dunia. Secara geologis, kepulauan Indonesia terletak di pertemuan dua jalur gempa utama, yaitu jalur gempa Sirkum Pasifik dan jalur gempa Alpine Transasiatic. Hal inilah yang menyebabkan wilayah Indonesia sering mengalami gempa bumi, karena letak geografisnya yang berada di pertemuan tiga lempeng kerak bumi utama serta berada pada jalur gempa aktif, sehingga aktivitas seismik sering terjadi di berbagai wilayah. Oleh karena itu, dalam pelaksanaannya perlu didukung oleh kode, standar, atau spesifikasi teknis yang memiliki kekuatan hukum sebagai panduan untuk menghasilkan standar mutu keamanan bangunan.

Sambungan antar komponen struktur, khususnya hubungan *joint* balok-kolom, memberikan kontribusi dominan terhadap perilaku struktur bangunan gedung, perencanaan memerlukan perhatian khusus karena daerah ini sangat rentan terhadap pembebanan gaya gempa. Gaya gempa yang terjadi pada *joint* balok-kolom akan menghasilkan gaya geser yang signifikan selama gempa. Penelitian kapasitas geser pada *joint* balok-kolom *interior* bertujuan meningkatkan kapasitas ketahanan geser pada struktur, untuk mengetahui pengaruh perkuatan geser pada *joint* balok-kolom terhadap kekuatan struktur beton bertulang akibat beban gempa dapat dilakukan dengan analisis struktur. Beberapa pendekatan dilakukan, seperti memperkuat beton dengan tabung baja. Pengujian dilakukan dengan tiga belas sambungan interior balok yang diperkuat dengan *core steel tube*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkuatan beton dengan tabung baja dapat meningkatkan ketahanan geser sambungan dan meningkatkan daktilitas (Yu, dkk. 2023).

Salah satu alternatif untuk memperkuat elemen *joint* balok-kolom adalah menggunakan *Steel Reinforced Fibre Concrete* (SRFC). Hasil percobaan menunjukkan bahwa penambahan jumlah serat baja pada balok dengan tulangan *Steel Fibre Reinforced Concrete* (SFRC) meningkatkan kapasitas pembebanan dan daktilitas pada *joint* balok-kolom. Penambahan *fibres* dari kawat baja menunjukkan kinerja yang baik sebagai material alternatif pengganti beton konvensional sehingga kapasitas menahan bebannya mencapai 90% lebih tinggi (Attari, dkk. 2019). Daktilitas balok yang menggunakan tulangan *Carbon Fibre Reinforced Plastic* (CFRP) maupun *Glass Fibre Reinforced Plastic* (GFRP) cenderung lebih rendah daripada daktilitas balok dengan tulangan baja biasa (Patel, dkk. 2024).

Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah salah satu inovasi terbaru dalam teknologi beton. Sifat SCC yang dapat mengalir sendiri memungkinkan pelaksanaan tanpa menggunakan vibrator beton, mengurangi risiko segregasi, keropos, dan bleeding pada struktur beton bertulang. Hal ini tidak hanya mempermudah pekerjaan tetapi juga mempercepat waktu penyelesaian proyek, dengan perbandingan waktu yang mempercepat penyelesaian hingga 21 hari dibandingkan dengan penggunaan beton konvensional (Patria, dkk. 2023).

Seiring kemajuan teknologi, evaluasi kinerja beban siklik tidak hanya dilakukan melalui uji eksperimental laboratorium, tetapi juga dapat menggunakan perangkat lunak seperti ANSYS. ANSYS adalah aplikasi analisis yang digunakan untuk merancang produk mekanik dan struktur sipil menggunakan metode analisis numerik komputer yang dikenal dengan istilah analisis elemen hingga (FEA). Dengan teknologi ini dimungkinkan untuk mensimulasikan perilaku struktur dalam kondisi berbeda beban, termasuk beban siklik, dan secara akurat memprediksi respon struktural.

Penelitian ini menganalisis kinerja sambungan balok-kolom berdasarkan penelitian Patel dkk. (2024) yang dimodelkan dengan menggunakan program ANSYS. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, sifat-sifat material yang digunakan dimodifikasi menggunakan data material dari penelitian yang dilakukan oleh Usman dkk. (2023). Hasil pengujian yang dianalisis adalah kurva histeresis kinerja setiap rakitan balok-kolom pada pembebanan siklik.

## 1.2. Rumusan Masalah

Adapun masalah yang mampu dirumuskan berdasarkan latar belakang tersebut sebagai berikut:

1. Bagaimana metode analisis perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik?
2. Bagaimana hasil analisis perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik?
3. Bagaimana perbandingan hasil pengujian eksperimental dan hasil analisa menggunakan program ANSYS?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tentang perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* akibat beban siklik, yaitu:

1. Membandingkan perilaku *joint* balok-kolom beton normal dari pengujian eksperimental Patel, dkk. (2024) dengan hasil analisis menggunakan program ANSYS.
2. Memahami metode analisis perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik dengan program ANSYS.
3. Menganalisis perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik.

## 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian analisis perilaku *joint* balok-kolom eksterior *self compacting concrete* akibat beban siklik diatur dalam lingkup:

1. Pemodelan *joint* balok-kolom pada program ANSYS berupa beton dengan pemodelan oleh elemen SOLID65, pelat baja oleh SOLID45, dan tulangan oleh LINK180.
2. Data sekunder merujuk kepada pengujian eksperimental terdahulu Patel, dkk. (2024) tentang efektivitas *joint* balok-kolom eksterior menggunakan beton normal akibat beban siklik. Pembebanan dilakukan berdasarkan *displacement*

control dengan peningkatan sebesar 5 mm pada setiap siklus dan diaplikasikan hanya satu siklus untuk setiap simpangan (*displacement*).

3. Penelitian ini menggunakan model *joint* balok-kolom JBK-1 dengan menggunakan material beton normal dan material *self-compacting concrete*.
4. Data *properties* material *self-compacting concrete* didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Usman, dkk. (2023) pada pengujian perilaku *self compacting concrete with polypropylene*.



## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 374. (2019). *Acceptance Criteria for Moment Frames Based on Structural Testing and Commentary*.
- ACI Committee 437. (2019). *Strength Evaluation of Existing Concrete Buildings*.
- ACI Committee 352. (2022). *Guide for the Design and Construction of Durable Concrete Parking Structures*.
- ANSYS Inc. (2024). *ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials*.  
<http://www.ansys.com>
- Arliansyah, M. F., Saputra., Rahman., Ashari, W. S., Dasira, A & Prawira, M. Z. (2023). Finite element analysis method (FEM) load tes ton table polyethylene. *Jurnal Jalasena*. <https://doi.org/10.51742/jalasena.v4i2.877>
- ASTM International. (2020). *ASTM C143/C143M-20: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*.
- Attari, N., Youcef, S. Y & Amziane, S. (2019). Seismic performance of reinforced concrete beam-column joint strengthening by frp sheets. *Structures*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.007>
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). *SNI 03-2834-2000: Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*.
- Cook, R. D., Malkus, D. S., & Plesha, M. E. (1989). Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 3rd Edition. *United States of America: Wiley*.

- Cook, R. D., Malkus, D. S., Plesha, M. E., & Witt, R. J. (2001). Concepts and Applications of Finite Element Analysis, 4th Edition. *United States of America: Wiley*.
- Jianbing, Y., Zhiqiang, X., Xufeng, X & Zhengxing, G. (2023). Seismic behavior of reactive powder concrete (RPC) interior beam-to-column joints under reversed cyclic loading. *Case Studies in Construction Materials*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01792>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2023. *Patahan Gempa di Indonesia*.
- Logan, D. L. (2017). A First Course in the Finite Element Method, 6th Edition. *Cengage Learning*.
- Majumdar, Md. R. B. A. (2022). Influence of Beam-Column Joint on the Seismic Response of RC Frames. *IJRTI*. <https://doi.org/10.1729/Journal.31744>
- Nana P, A., Putra P, P., & Prasetya, G. (2023). Comparative analysis of the use of self-compacting concrete (SCC) with conventional concrete in reinforced concrete structures. *Jurnal Teknik Sipil*, 16 (1), 55–63. <https://doi.org/10.56444/jts.v16i1.831>
- Nasruddin., Sampebulu, S & Mushar, P. (2020). Effect of Addition Admixture on Compressive Strength of SCC Concrete at 7 Days Age with the Wet Curing Method. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia*. <https://doi.org/10.32315/jlbi.v9i1.94>
- Ngudiyono, N., Fajrin, J., Merdana, N. I & Mahmud, F (2021). Predicting bond strength of steel reinforcement in self-compacting concrete (SCC) using adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS). *Civil Engineering and Architecture*, Vol.9 (6), 1717-1726. DOI: <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090605>

- Patel, P., Desai, A., Bid, S & Desai, P. (2024). An experimental study for effectiveness of steel fibre reinforced exterior beam-column joints under cyclic resistance. *Construction and Building Material*, 411. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134511>
- Tantyoko, D., Sari., & Wijaya (2023). Prediction of the potential for Indonesian earthquakes using random forest and feature selection methods. *IDEALIS*, vol. 6. <https://doi.org/10.36080/idealism.v6i2.3036>
- Usman, P. A., Saloma., & Hanafiah. (2023). Physical and mechanical properties of self-compacting concrete (SCC) with coconut fiber and polypropylene. *AIP Conference Proceedings*, 2544. <https://doi.org/10.1063/5.0117395>
- Wang, T., Noori, M., Altabey. W. A., Shen, Y., Liu, C., Liu, K & Yang, K. (2024). Cyclic behavior and shear strength of exterior reinforced concrete beam-column joints with inclined columns. *Jornal of Building Engineering*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2023.110785>
- Yu, F., Fang, Y., Feng, C., Tan, S & Wang, Y. (2023). Shear capacity of PVC-CFRP confined concrete column-RC beam interior joint strengthened with core steel tube. *Thin-Walled Structures*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.111213>
- Yu, F., Fang, Y., Feng, C., Tan, S & Wang, Y. (2023). Shear capacity of PVC-CFRP confined concrete column-RC beam interior joint strengthened with core steel tube. *Thin-Walled Structures*, 193. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.111213>
- Zhang, C & Chen, Y. (2024). Resilience-based seismic design and cyclic behavior of assembled joints between self-compacting concrete-filled rectangular steel tube frame columns and H-shaped steel beams. *Jornal of Building Engineering*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109556>
- Zhang, C., Zhu, Z., Wu, Y., Shen, Y., Wu, Z., Ghiasi, R., Kuok. S. C., Silik, A., Farhan, N. S. D., Sarhosis, V & Fersangi, E. N. (2023). From model-driven to data-driven: A review of hysteresis modeling in structural and mechanical

systems. *Mechanical System and Signal Processing*, 204.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109341>

Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. (2000). *The Finite Element Method Fifth edition Volume 1: The Basis*.