

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***



TUGAS AKHIR

**Disusun Sebagai Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang**

OLEH :

CLARISSA ESTARERA

11 2022 019

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PELEMBANG**

2025

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***

TUGAS AKHIR



**DISUSUN OLEH :
CLARISSA ESTARERA**

11 2022 019

Mengetahui :

**Disetujui,
Dekan Fakultas Teknik**



**Ir. A. Junaidi, M.T.
NIDN. 0202026502**

**Disetujui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil**



**Mira Setiawati, S.T., M.T.
NIDN. 0006078101**

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***

TUGAS AKHIR



**DISUSUN OLEH :
CLARISSA ESTARERA**

11 2022 019

Mengetahui :

**Disetujui,
Pembimbing 1**

**Mira Setiawati, S.T., M.T.
NIDN. 0000078101**

**Disetujui,
Pembimbing 2**

**Marice Agustini, S.T., MT.
NIDN. 0201088202**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***

**DISUSUN OLEH :
CLARISSA ESTARERA
11 2022 019**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji Sidang Komprehensif Pada
Tanggal 23 April 2026**

SUSUNAN DEWAN PENGUJI :

1. **Ir. A. Junaidi, M.T.**
NIDN. 0202026502


(.....)

2. **Ir. Nurnilam Oemiati, M.T.**
NIDN. 0220106301


(.....)

3. **Muhammad Arfan, S.T., M.T.**
NIDN. 0225037302


(.....)

**Laporan Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar sarjana sipil (S.T)**

Palembang, 23 April 2026

Program Studi Teknik Sipil

Ketua,




Mira Setiawati, S.T., M.T.
NIDN. 0006078101

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : CLARISSA ESTARERA
NIM : 112022019
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penelitian tugas akhir ini yang berjudul **“PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME*”** merupakan hasil karya saya sendiri yang disusun berdasarkan proses penelitian yang telah dilakukan. Penelitian ini dibuat dengan mengacu pada berbagai sumber ilmiah yang relevan, yang seluruhnya telah dicantumkan secara jelas dalam daftar pustaka sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.

Palembang, 23 April 2026



CLARISSA ESTARERA
NIM. 112022019

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Tetap melangkah, walaupun pelan, selama tidak berhenti.”

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Dengan penuh rasa syukur mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT yang selalu memberikan kepercayaan, kekuatan, dan semangat dalam menjalani semua proses ini. Dalam setiap kesulitan, selalu ada jalan yang diberikan, dan dalam setiap lelah, selalu ada kemudahan yang datang. Allah adalah tempat terbaik untuk bercerita dan mengadu, Maha Mendengar setiap doa, serta Maha Memberi atas apa yang dipanjatkan. Hanya kepada-Nya saya memohon pertolongan, karena segala kebaikan dan kemudahan berasal dari-Nya.
2. Untuk kedua orang tua tercinta, mama (Yeni Ariani) dan papa (Herizal) terima kasih atas segala usaha, doa, dan pengorbanan terbaik yang selalu diberikan demi kebaikan dan masa depan anakmu ini. Terima kasih sudah selalu ada dalam setiap proses dan memberi dukungan tanpa henti. Semua perjuangan, kasih sayang, dan kepercayaan yang kalian berikan menjadi alasan untuk bisa sampai di titik ini. Semoga apa yang dicapai hari ini bisa menjadi sedikit kebahagiaan dan kebanggaan untuk kalian.
3. Skripsi ini dipersembahkan kepada Valen, Karen, Ye, Veve, dan Olin atas doa dan dukungannya, khususnya kepada Valen dan Karen yang telah banyak membantu dan tidak membiarkan penulis menghadapi kesulitan seorang diri.
4. Terima kasih untuk seseorang yang telah hadir dengan tulus dan selalu memberi tanpa pamrih. Terima kasih atas perhatian, dukungan, dan usaha yang menjadi penguat di saat lelah dan kesulitan. Kehadiranmu sangat berarti, dan terima kasih atas semua kebaikan yang diberikan, bahkan lebih dari yang diharapkan.
5. Terima kasih kepada Dara dan Ferdi, teman seperjuangan yang selalu ada dan tetap bersama dalam setiap suka dan duka. Penulis mengucapkan beribu-ribu terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan semangat yang tidak pernah berhenti, yang menemani setiap proses perjuangan melewati lelah, sedih, tangis, dan berbagai kesulitan bersama.

6. Terima kasih kepada teman-teman lainnya, baik seangkatan maupun seluruh mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, atas kebersamaan yang terjalin, bantuan yang diberikan, serta setiap momen yang dilalui bersama selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
7. Untuk diri sendiri, terima kasih telah bertahan dan terus melangkah hingga mampu menyelesaikan semuanya. Meski pernah merasa ingin menyerah, tetap berusaha dan bekerja keras menghadapi setiap kesulitan, bahkan saat harus dilalui seorang diri.
8. Terima kasih kepada almamater tercinta yang telah menjadi tempat menimba ilmu, membentuk penulis, serta memberikan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji syukur kepada Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Perilaku Sambungan Kolom-Balok Beton Bertulang Satu Arah Dengan Variasi Jarak Sengkang Akibat Beban Siklik Berdasarkan Skema *Loading Frame***”.

Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada jenjang Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.

Selama proses penelitian hingga penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, motivasi, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli S.E., M.M., Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.

1. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ibu Mira Setiawati, S.T., M.T., Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Ibu Mira Setiawati, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing satu Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Ibu Marice Agustini, S.T., M.T., Selaku Dosen Pembimbing dua Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Kedua Orang Tua yang telah banyak memberikan do'a serta membantu penulis baik secara moril dan materil.
6. Teman-teman yang telah memberikan saran dan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, baik dari segi isi maupun teknik penulisan. Hal tersebut tidak

terlepas dari keterbatasan penulis, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan. Semoga segala upaya yang telah dilakukan mendapat ridha dari Allah SWT serta memberikan manfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Palembang, 23 April 2026

Penulis

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGGANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***

INTISARI

Clarissa Estarera¹, Mira Setiawati², Marice Agustini³

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku sambungan kolom–balok beton bertulang satu arah terhadap pembebanan siklik menggunakan analisis numerik berbasis ANSYS. Model yang diteliti terdiri dari variasi spasi sengkang 50 mm, 75 mm, dan 100 mm, dengan parameter yang diamati meliputi kapasitas beban lateral, deformasi, dan pola keruntuhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi sengkang berpengaruh signifikan terhadap kinerja sambungan, di mana model dengan spasi 50 mm memiliki kapasitas beban dan kemampuan deformasi terbaik akibat tingkat kekangan yang lebih tinggi. Semakin besar spasi sengkang, kinerja struktur cenderung menurun. Dengan demikian, penggunaan spasi sengkang yang lebih rapat pada daerah sambungan dapat meningkatkan daktilitas dan ketahanan struktur terhadap beban siklik.

Kata kunci: sambungan kolom–balok, pembebanan siklik, ANSYS, spasi sengkang, daktilitas

1) : Mahasiswa Umum FT UMP

2) : Dosen Pembimbing 1

3) : Dosen Pembimbing 2

**PERILAKU SAMBUNGAN KOLOM-BALOK BETON BERTULANG
SATU ARAH DENGAN VARIASI JARAK SENGKANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK BERDASARKAN SKEMA *LOADING FRAME***

ABSTRACT

Clarissa Estarera¹, Mira Setiawati², Marice Agustini³

This study aims to analyze the behavior of reinforced concrete beam–column joints under cyclic loading using numerical analysis based on ANSYS. The models consist of variations in stirrup spacing of 50 mm, 75 mm, and 100 mm, with observed parameters including lateral load capacity, deformation, and failure patterns.

The results indicate that stirrup spacing significantly affects joint performance, where the 50 mm spacing model shows the highest load capacity and deformation capability due to better confinement. Larger stirrup spacing leads to reduced structural performance. Therefore, closer stirrup spacing in joint regions improves ductility and structural resistance under cyclic loading.

Keywords: *beam–column joint, cyclic loading, ANSYS, stirrup spacing, ductility*

1) : Mahasiswa Umum FT UMP

2) : Dosen Pembimbing 1

3) : Dosen Pembimbing 2

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Struktur Beton Bertulang dan Sambungan Kolom-Balok.....	4
2.2 Perilaku Sambungan terhadap Beban Siklik	4
2.3 Peran Sengkang pada Daerah Sambungan	5
2.4 Prinsip Penskalaan Model Struktur	6
2.4.1 Penskalaan Dimensi Geometri.....	6
2.4.2 Penskalaan Tulangan	6
2.5 Sambungan Kolom-Balok	7
2.6 Beban Siklik	9
2.7 Kurva Histeris.....	10
2.8 Daktilitas	12
2.9 Program dan Elemen ANSYS	13
2.10 Kelebihan Penggunaan ANSYS dalam Analisis Struktur	15
2.11 Parameter Perilaku Sambungan Kolom–Balok.....	16
2.11.1 Daktilitas.....	16
2.11.2 Kekakuan	17

2.11.3 Kekuatan	18
2.11.4 Disipasi Energi.....	19
2.12 Mekanisme Transfer Gaya pada Sambungan Kolom–Balok	20
2.13 Kegagalan pada Sambungan Kolom–Balok.....	20
2.14 Retak pada Beton Bertulang Akibat Beban Siklik	21
2.15 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Pendekatan Penelitian.....	24
3.2 Data Penelitian	24
3.3 Variabel dan Parameter Penelitian	26
3.4 Alur Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Pemodelan Struktur pada ANSYS.....	29
4.1.1 Peyesuaian Dimensi Pemodelan	29
4.1.2 Peyesuaian Penulangan pada Pemodelan	30
4.1.3 Permodelan Material.....	31
4.1.4 Permodelan Variasi Sengkang.....	31
4.1.5 Permodelan ANSYS	34
4.2 Hasil Analisis Struktur	37
4.2.1 Analisis Output Beton Bertulang.....	38
4.2.2 Hasil Kontur Tegangan.....	41
4.2.3 Hasil Kondisi Perpindahan	46
4.2.4 Daktilitas.....	49
4.2.5 Kekakuan dan Perpindahan	53
4.2.6 Disipasi Energi Kumulatif	56
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Sambungan Kolom-Balok	8
Gambar 2. 2 Jenis Sambungan Kolom -Balok ACI 352	8
Gambar 2. 3 Sambungan Kolom-Balok Eksterior Satu Arah	9
Gambar 2. 4 Karakteristik Sambungan Kolom-Balok	10
Gambar 2. 5 Perilaku Histeretik yang Kompleks (a) Asymetry; (b) Penurunan Kekakuan; (c) Pinching.....	11
Gambar 2. 6 Model Elemen SOLID 65	14
Gambar 2. 7 Model Elemen SOLID 45	14
Gambar 2. 8 Model Elemen LINK 180.....	15
Gambar 3. 1 Detail Dimensi Sambungan Kolom-Balok.....	25
Gambar 3. 2 Legenda Kuat Tekan dan Material Struktur Kolom-Balok	25
Gambar 3. 3 Detail Penulangan Struktur Kolom dan Balok.....	26
Gambar 3. 4 Flowchart Metodologi Penelitian	28
Gambar 4. 1 Permodelan/Sketsa Variasi Spasi Senggang D8 - 100 mm	33
Gambar 4. 2 Permodelan/Sketsa Variasi Senggang D8 - 75 mm.....	33
Gambar 4. 3 Permodelan/Sketsa Variasi Spasi Senggang.....	34
Gambar 4. 4 Permodelan Nodes SOLID 65	35
Gambar 4. 5 Permodelan Element SOLID 65.....	37
Gambar 4. 6 Boundary Condition Model Sambungan Kolom-Balok.....	37
Gambar 4. 7 Kurva Histeresis Sambungan	39
Gambar 4. 8 Kontur Tegangan J-1 (S = 100mm).....	43
Gambar 4. 9 Kontur Tegangan J-2 (S = 75 mm).....	44
Gambar 4. 10 Kontur Tegangan J-3 (S = 50 mm).....	45
Gambar 4. 11 Kondisi Perpindahan J-1 (S = 100 mm)	47
Gambar 4. 12 Kondisi Perpindahan J-2 (S = 75 mm).....	48
Gambar 4. 12 Kondisi Perpindahan J-3 (S = 50 mm).....	49
Gambar 4. 13 Kurva Daktilitas Model J-1, J-2, dan J-3	51
Gambar 4. 14 Grafik Kekuatan dan Perpindahan	54
Gambar 4. 15 Kurva <i>Backbone</i> J-1, J-2, dan J-3.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter daktilitas gedung (SNI 1726:2019).....	12
Tabel 3. 1 Data Parameter Struktur Kolom-Balok.....	26
Tabel 4. 1 Hasil Skala Geometri Struktur	30
Tabel 4. 2 Hasil Skala Penulangan.....	31
Tabel 4. 3 Nilai <i>Lateral Load</i> Maksimum dan <i>Displacement</i>	41
Tabel 4. 4 Tabel Data Daktilitas	51
Tabel 4. 5 Degradasi Kekakuan Arah Pembebanan Dorong	55
Tabel 4. 6 Degradasi Kekakuan Arah Pembebanan Tarik Spesimen	55
Tabel 4. 7 Disipasi Energi Kumulatif Arah Pembebanan Dorong dan Tarik	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sambungan kolom–balok merupakan salah satu elemen struktur yang memiliki peranan penting dalam menjaga kekuatan dan kestabilan bangunan beton bertulang. Pada kondisi pembebanan gempa, sambungan kolom–balok menerima kombinasi gaya lentur, geser, dan tekan yang bekerja secara berulang (siklik), sehingga daerah ini menjadi bagian yang paling kritis terhadap terjadinya kerusakan struktural. Kerusakan pada daerah sambungan dapat menyebabkan penurunan kapasitas struktur secara signifikan dan berpotensi mengganggu keselamatan bangunan.

Pada bangunan infrastruktur, khususnya fasilitas pengolahan dan distribusi air minum, struktur beton bertulang digunakan sebagai sistem utama penahan beban. Bangunan seperti offtake dan reservoir harus mampu menahan beban operasional, beban lingkungan, serta beban gempa. Oleh karena itu, kinerja sambungan kolom–balok pada bangunan tersebut menjadi faktor penting dalam menjamin keberlangsungan fungsi dan keamanan struktur.

Salah satu jenis sambungan yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap beban gempa adalah sambungan kolom–balok satu arah. Sambungan ini umumnya terletak pada bagian tepi bangunan, di mana balok hanya terhubung dari satu sisi kolom sehingga tingkat konfinemen beton relatif rendah. Kondisi tersebut menyebabkan daerah sambungan lebih rentan terhadap terjadinya retak diagonal, degradasi kekakuan, serta kegagalan geser akibat pembebanan siklik.

Pada kondisi eksisting di lapangan, sambungan kolom–balok pada bangunan umumnya memiliki berbagai konfigurasi arah, seperti dua arah, tiga arah, maupun empat arah. Namun, dalam penelitian ini analisis difokuskan pada sambungan kolom–balok satu arah sebagai objek kajian. Data proyek yang diperoleh dari pekerjaan Proyek Rumah Pompa DC Pondok Kopi – SPAM Regional Jatiluhur I Provinsi DKI Jakarta digunakan sebagai acuan dalam menentukan dimensi dan penulangan struktur, sehingga model yang dikembangkan tetap merepresentasikan kondisi nyata bangunan.

Meskipun data proyek hanya dimanfaatkan sebagai referensi dimensi dan penulangan, penggunaan data lapangan tetap penting untuk meningkatkan validitas dan keakuratan pemodelan numerik. Pendekatan ini memungkinkan penelitian dilakukan secara lebih realistis tanpa harus memodelkan seluruh konfigurasi sambungan yang terdapat pada bangunan eksisting.

Seiring dengan perkembangan teknologi analisis struktur, pemodelan numerik menggunakan aplikasi ANSYS menjadi salah satu metode yang efektif untuk menganalisis perilaku struktur secara mendalam. Melalui metode elemen hingga dan penerapan skema pembebanan loading frame, perilaku sambungan kolom–balok terhadap beban siklik dapat dianalisis secara detail, termasuk distribusi tegangan, deformasi, pola retak, serta mekanisme kegagalan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perilaku sambungan kolom–balok satu arah dengan variasi sengkang akibat beban siklik berdasarkan skema loading frame menggunakan aplikasi ANSYS, dengan mengacu pada data dimensi dan penulangan struktur dari proyek eksisting.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan, permasalahan yang dapat dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana perilaku sambungan kolom–balok satu arah terhadap beban siklik berdasarkan skema loading frame menggunakan ANSYS?
2. Bagaimana pengaruh variasi jarak sengkang terhadap kekuatan dan kekakuan sambungan kolom–balok?
3. Bagaimana distribusi tegangan dan deformasi yang terjadi pada daerah sambungan akibat pembebanan siklik?
4. Bagaimana mekanisme kegagalan sambungan kolom–balok satu arah akibat beban siklik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis perilaku sambungan kolom–balok satu arah akibat beban siklik menggunakan pemodelan numerik ANSYS.

2. Mengetahui pengaruh variasi jarak sengkang terhadap kinerja struktural sambungan kolom–balok.
3. Mengidentifikasi distribusi tegangan, deformasi, dan mekanisme kegagalan pada daerah sambungan.
4. Mengevaluasi kemampuan sambungan dalam menahan pembebanan siklik berdasarkan hasil analisis numerik.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Objek penelitian adalah sambungan kolom–balok satu arah pada struktur beton bertulang.
2. Data dimensi dan penulangan kolom–balok diperoleh dari Proyek Rumah Pompa DC Pondok Kopi – SPAM Regional Jatiluhur I DKI Jakarta dan digunakan sebagai acuan pemodelan.
3. Penelitian ini dibatasi pada analisis pengaruh variasi jarak sengkang pada sambungan kolom–balok satu arah. Pengaruh jumlah arah sambungan tidak menjadi fokus penelitian dan variasi yang ditinjau dalam penelitian ini adalah jarak sengkang pada daerah sambungan kolom–balok.
4. Analisis dilakukan menggunakan pemodelan numerik dengan aplikasi ANSYS.
5. Pembebanan yang digunakan berupa beban siklik berdasarkan skema loading frame.
6. Penelitian tidak mencakup pengujian eksperimental di laboratorium.
7. Analisis difokuskan pada aspek kekuatan, kekakuan, deformasi, dan mekanisme kegagalan sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- 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: MKWiley.
- 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>
- 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>.
- Nasruddin, N., Hidayat, A., & Pratama, R. (2020). *Pengaruh penggunaan self-compacting concrete terhadap kuat tekan dan durabilitas beton*. *Jurnal Teknik Sipil*, 27(2), 115–124.

- 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) 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>*
- Tantyo, 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>*
- 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. Journal of Building. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.109556>*
- Ngudiyono, N., Santoso, B., & Widodo, S. (2021). *Karakteristik beton pematatan sendiri (self-compacting concrete) dengan penambahan bahan aditif. Jurnal Rekayasa Sipil, 15(1), 45–54.*
- Standar Nasional Indonesia. (2000). SNI 03-2834-2000: *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal. Badan Standardisasi Nasional.*