

TESIS

**STUDI NUMERIK PERILAKU KOLOM *SYNTHETIC FIBER REINFORCED CONCRETE* (SNFRC) DENGAN
VARIASI JARAK TULANGAN SPIRAL AKIBAT
BEBAN AKSIAL KONSENTRIS**



AURORA LUTFFEONETA

03022682327009

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

TESIS

STUDI NUMERIK PERILAKU KOLOM *SYNTHETIC FIBER REINFORCED CONCRETE* (SNFRC) DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN SPIRAL AKIBAT BEBAN AKSIAL KONSENTRIS

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



AURORA LUTFFEONETA

03022682327009

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN
STUDI NUMERIK PERILAKU KOLOM *SYNTHETIC*
***FIBER REINFORCED CONCRETE* (SNFRC) DENGAN**
VARIASI JARAK TULANGAN SPIRAL AKIBAT
BEBAN AKSIAL KONSENTRIS

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Magister Teknik

Oleh :

AURORA LUTFFEONETA

03022682327009

Palembang, Juli 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001



Dr. Ir. K.M. Aminuddin, S.T., M.T.
NIP. 197203141999031006

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan
Perencanaan,



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris” yang disusun oleh, Aurora Lutffeoneta, 03022682327009 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juli 2025.

Palembang, Juli 2025

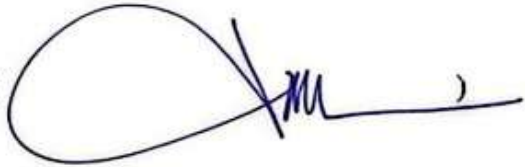
Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tesis

Pembimbing:

1. Dr. Rosidawani, S.T., M.T.
NIP. 197605092000122001

()

2. Dr. Ir. K. M. Aminuddin, S.T., M.T.
NIP. 197203141999031006

()

Penguji:

3. Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.
NIP. 198605192019031007

()

4. Dr. Ir. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010

()

Mengetahui, Juli 2025

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aurora Lutffeoneta
NIM : 03022682327009
Judul Tesis : Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris

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

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



Palembang, Juli 2025



Yang membuat pernyataan,

Aurora Lutffeoneta

NIM. 03022682327009

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aurora Lutffeoneta

NIM : 03022682327009

Judul Tesis : Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris

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

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

Palembang, Juli 2025

Yang membuat pernyataan,



Aurora Lutffeoneta

NIM. 03022682327009

RINGKASAN

STUDI NUMERIK PERILAKU KOLOM *SYNTHETIC FIBER REINFORCED CONCRETE* (SNFRC) DENGAN VARIASI JARAK TULANGAN SPIRAL AKIBAT BEBAN AKSIAL KONSENTRIS

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Juli 2025

Aurora Lutffeoneta; Dibimbing oleh Dr. Rosidawani, S.T., M.T. dan Dr. Ir. K. M. Aminuddin, S.T., M.T.

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xv + 98 halaman, 45 gambar, 19 tabel, lampiran

Penambahan serat sintetis pada campuran beton terbukti mampu meningkatkan sifat mekanik dan perilakunya. Mekanisme utama dari serat sintetis pada campuran beton yang berkontribusi pada peningkatan perilaku daktail menjadi dasar penggunaannya sebagai material kolom yang menerima beban aksial konsentris. Penelitian ini menganalisis perilaku kolom beton bertulang yang diperkuat dengan serat sintetis secara numerik, dengan tujuan mengevaluasi pengaruh variasi fraksi volume serat sintetis dan jarak tulangan spiral terhadap respons struktur di bawah beban aksial konsentris. Kolom yang dianalisis berjumlah 9 dengan kombinasi tiga variasi volume serat sintetis berupa *polypropylene*, yaitu 0%, 0,75%, dan 1,25%, serta tiga variasi jarak tulangan spiral, yaitu 30 mm, 45 mm, dan 60 mm. Simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Abaqus/CAE dengan pendekatan *Concrete Damaged Plasticity* (CDP) untuk memodelkan perilaku nonlinear beton. Hasil simulasi numerik berupa pola kerusakan dan kurva tegangan-regangan kolom beton yang diperkuat serat sintetis, yang divalidasi dengan hasil eksperimental. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap parameter kinerja struktur meliputi daktilitas dan *toughness*. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan serat sintetis serta pengurangan jarak tulangan spiral secara umum meningkatkan kemampuan tekan dan perilaku kolom yang lebih daktail. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi serat sintetis dan jarak tulangan spiral yang optimum dapat digunakan sebagai strategi efektif untuk meningkatkan performa struktural kolom di bawah pembebanan aksial.

Kata kunci: kolom, serat sintetis, jarak tulangan spiral, beban aksial konsentris, analisis elemen hingga, tegangan-regangan

SUMMARY

NUMERICAL STUDY OF THE BEHAVIOR OF SYNTHETIC FIBER REINFORCED CONCRETE (SNFRC) COLUMNS WITH VARIATIONS IN SPIRAL REINFORCEMENT SPACING DUE TO CONCENTRIC AXIAL LOADS

Scientific paper in the form of Thesis, July 2025

Aurora Lutffeoneta; Supervised by Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T. and Dr. Ir. K. M. Aminuddin, S.T., M.T.

Master Program of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xv + 98 pages, 45 images, 19 tables, appendice

The addition of synthetic fibers into concrete mixtures has been demonstrated to significantly enhance both the mechanical properties and structural behavior of the material. The principal mechanism by which synthetic fibers contribute to improved ductility justifies their application in columns subjected to concentric axial loading. This study presents a numerical investigation into the behavior of reinforced concrete columns incorporating synthetic fibers, with the objective of assessing the influence of varying fiber volume fractions and spiral reinforcement spacings on the structural response under axial compression. A total of nine column specimens were analyzed, encompassing three levels of polypropylene fiber volume fractions—namely 0%, 0.75%, and 1.25%—in combination with three spiral reinforcement spacings of 30 mm, 45 mm, and 60 mm. The numerical simulations were conducted using the Abaqus/CAE platform, adopting the Concrete Damaged Plasticity (CDP) model to capture the nonlinear behavior of concrete. The simulation outcomes, comprising damage patterns and stress–strain responses of the fiber-reinforced columns, were validated against experimental data. Subsequent evaluations were carried out on key structural performance indicators, including ductility and toughness. The findings reveal that the inclusion of synthetic fibers, coupled with reduced spiral reinforcement spacing, generally leads to enhancements in compressive capacity and ductile behavior. These results underscore the potential of an optimized combination of synthetic fiber content and spiral reinforcement spacing as an effective strategy for improving the structural performance of reinforced concrete columns under axial loading.

Keywords: column, synthetic fiber, spiral reinforcement spacing, axial concentric load, finite element analysis, stress-strain

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Aurora Lutffeoneta

Tempat/Tanggal Lahir : Palembang / 14 Mei 2001

Jenis Kelamin : Perempuan

Email : aurora.lutffeoneta@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan/Prodi	Masa
SDN 2 Palembang	-	-	2006-2012
SMPN 17 Palembang	-	-	2012-2015
SMAN 10 Palembang	-	IPA	2015-2018
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2018-2022
Universitas Sriwijaya	Teknik	Magister Teknik Sipil	2023-2025

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Palembang, Juli 2025

Dengan hormat,



Aurora Lutffeoneta

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadiran Allah SWT. Karena atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga Tesis yang berjudul “Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris” dapat saya selesaikan tepat pada waktunya.

Terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu jalannya proposal tesis ini, diantaranya:

1. Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Yulindasari, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng., selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Ir. Rosidawani, S.T., M.T., dan Dr. Ir. K.M. Aminuddin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tesis yang telah memberikan masukan, serta ilmu dalam proses penulisan proposal tesis ini.
4. Orang tua saya Drs. Juswardi, M.Si., dan Anita Ambiar, S.E., serta kakak-kakak saya Karina Pradita, S.T., dan M. Afif Alfarizi, S.E., B. Com., MBA. atas doa, motivasi, serta dukungan yang telah diberikan baik secara moril maupun materil.
5. Teman-teman Magister Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Angkatan 2023.

Saya juga menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, maka saya meminta maaf jika ada kesalahan dan saya berharap agar mendapat masukan, saran, dan kritik yang sifatnya membangun untuk memperbaiki dan menyempurnakan laporan ini di masa yang akan datang. Penulis berharap agar Tesis ini dapat bermanfaat bagi civitas akademika Prodi Magister Teknik Sipil.

Palembang, Juli 2025



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
 BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Synthetic Fiber Reinforced Concrete (SNFRC)</i>	6
2.1.1. Konsep Penggunaan SNFRC	7
2.1.2. Peningkatan Sifat Struktural pada SNFRC.....	7
2.1.3. Mekanisme Kerja SNFRC	9
2.2. Kolom	10
2.3. Tulangan Spiral	12
2.4. Beban aksial.....	14
2.5. Perilaku Kolom.....	15
2.5.1 Kurva Tegangan-Regangan	15

2.5.2	Daktilitas.....	17
2.5.3	<i>Toughness</i>	18
2.6.	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA).....	19
2.7.	Program Abaqus	20
2.7.1	Tahapan Penggunaan Program Abaqus	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		23
3.1.	Umum	23
3.2.	Studi Literatur.....	23
3.3.	Diagram Alir.....	23
3.4.	Tahapan Penelitian	25
3.4.1.	Tahap 1	25
3.4.2.	Tahap 2	25
3.4.3.	Tahap 3	48
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		49
4.1.	Hasil Tegangan-Regangan Kolom SNFRC.....	49
4.1.1.	Hasil Tegangan-Regangan Kolom secara Numerik	49
4.1.2.	Perbandingan Hasil Tegangan-Regangan Kolom secara Numerik dan hasil Eksperimental	52
4.2.	Analisis Kurva Tegangan-Regangan Kolom.....	63
4.2.1.	Pengaruh Fraksi Volume Serat Sintetis	63
4.2.2.	Pengaruh Jarak Tulangan Spiral	66
4.3.	Analisis Daktilitas Kolom	69
4.3.1.	Pengaruh Fraksi Volume Serat Sintetis	71
4.3.2.	Pengaruh Jarak Tulangan Spiral	74
4.4.	Analisis <i>Toughness</i> Kolom.....	77
4.4.1.	Pengaruh Fraksi Volume Serat Sintetis	78
4.4.2.	Pengaruh Jarak Tulangan Spiral	81
4.5.	Pola Kerusakan Kolom.....	85
4.5.1.	Hasil Pola Kerusakan Kolom secara Numerik	85
4.5.2.	Perbandingan Hasil Pola Kerusakan Kolom secara Numerik dan hasil Eksperimental	87

BAB 5 PENUTUP	92
5.1. Kesimpulan.....	92
5.2. Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Susunan serat (<i>fiber</i>) dalam beton menurut konsep <i>spacing</i>	9
2.2. Penampang kolom persegi dan silinder	13
2.3. Efektivitas pengekangan persegi dan spiral.....	14
2.4. Kurva normalisasi tegangan-regangan beban aksial	16
3.1. Diagram alir penelitian	24
3.2. Model dan detail struktur kolom	25
3.3. Model detail struktur kolom pada Abaqus	23
3.4. Kurva tegangan-regangan baja $\phi 6$ dan $\phi 8$	26
3.5. Kurva tegangan-regangan tarik GFI.....	37
3.6. Kurva tegangan-regangan beton.....	38
3.7. Instrumentasi pengujian kolom dengan pembebanan aksial konsentris secara eksperimental.....	46
3.8. Tampilan kolom pada Abaqus/CAE dengan perletakan	46
3.9. <i>Meshing</i> kolom pada Abaqus	47
3.10. Tampilan <i>job</i> pada Abaqus	48
3.11. Tampilan hasil <i>running</i> pada Abaqus	48
4.1. Kurva hasil tegangan-regangan seluruh kolom secara numerik.....	49
4.2. Kurva hasil tegangan-regangan kolom secara numerik.....	50
4.3. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0-30.....	54
4.4. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0-45.....	55
4.5. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0-60.....	56
4.6. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0,75-30.....	57
4.7. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0,75-45.....	58
4.8. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 0,75-60.....	59

4.9. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 1,25-30	60
4.10. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 1,25-45	61
4.11. Hasil kurva tegangan-regangan numerik dan eksperimental pada kolom 1,25-60	62
4.12. Kurva tegangan-regangan kolom pada jarak tulangan spiral 30 mm	64
4.13. Kurva tegangan-regangan kolom pada jarak tulangan spiral 45 mm	65
4.14. Kurva tegangan-regangan kolom pada jarak tulangan spiral 60 mm	66
4.15. Kurva tegangan-regangan kolom pada volume serat sintetis 0%.....	67
4.16. Kurva tegangan-regangan kolom pada volume serat sintetis 0,75%.....	68
4.17. Kurva tegangan-regangan kolom pada volume serat sintetis 1,25%.....	69
4.18. Daktilitas kolom pada jarak tulangan spiral 30 mm	71
4.19. Daktilitas kolom pada jarak tulangan spiral 45 mm	72
4.20. Daktilitas kolom pada jarak tulangan spiral 60 mm	73
4.21. Daktilitas kolom pada volume serat sintetis 0%.....	74
4.22. Daktilitas kolom pada volume serat sintetis 0,75%.....	75
4.23. Daktilitas kolom pada volume serat sintetis 1,25%.....	76
4.24. <i>Toughness</i> kolom pada jarak tulangan spiral 30 mm	79
4.25. <i>Toughness</i> kolom pada jarak tulangan spiral 45 mm	80
4.26. <i>Toughness</i> kolom pada jarak tulangan spiral 60 mm	81
4.27. <i>Toughness</i> kolom pada volume serat sintetis 0%	82
4.28. <i>Toughness</i> kolom pada volume serat sintetis 0,75%	83
4.29. <i>Toughness</i> kolom pada volume serat sintetis 1,25%	84
4.30. Pola kerusakan kolom secara numerik	86

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1. <i>Material properties</i> baja tulangan	21
3.2. Tegangan-Regangan input Abaqus untuk Ø8.....	26
3.3. Tegangan-Regangan input Abaqus untuk Ø6.....	31
3.4. Modulus elastisitas	36
3.5. <i>Poisson's ratio</i>	36
3.6. Parameter data <i>plasticity</i>	36
3.7. Input data <i>tensile behavior</i> pada CDP	38
3.8. Input data <i>tension damaged</i> pada CDP	38
3.9. Kuat tekan.....	38
3.10. Input data compressive behavior M0 pada CDP	39
3.11. Input data compressive behavior M0,75 pada CDP	40
3.12. Input data compressive behavior M1,25 pada CDP	43
3.13. <i>Displacement control</i>	46
4.1. Nilai tegangan dan regangan hasil pengujian secara numerik (Abaqus).....	51
4.2. Deviasi f_{cc} hasil Abaqus terhadap hasil eksperimental	52
4.3. Deviasi luasan di bawah kurva antara hasil numerik dan eksperimental	53
4.4. Nilai daktilitas kolom	70
4.5. Nilai <i>toughness</i> kolom.....	77
4.6. Perbandingan hasil pola kerusakan kolom secara numerik dan eksperimental.....	88

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kolom merupakan salah satu elemen penting dalam suatu struktur bangunan, karena memiliki fungsi menahan beban vertikal dari pelat lantai atau atap yang selanjutnya didistribusikan ke struktur di bawahnya. Oleh karena itu, apabila terjadi kegagalan pada struktur kolom akan mengakibatkan runtuhnya komponen struktur lain hingga keruntuhan total pada struktur bangunan. Kolom berdasarkan material konstruksinya terdapat kolom baja, kolom kayu, dan kolom beton bertulang. Berdasarkan bentuk susunan tulangnya terbagi menjadi, kolom dengan sengkang lateral, kolom dengan spiral, dan kolom komposit.

Perkembangan rekayasa teknologi beton menuntut perbaikan atas kelemahan perilaku alami beton. Salah satu perkembangan beton pada penelitian ini, yaitu penambahan serat sintetis ke dalam campuran beton. *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) atau biasa juga disebut sebagai beton yang diperkuat serat sintetis. Secara umum penggunaan serat untuk meningkatkan karakteristik mekanik pada beton diantaranya seperti serat baja, serat kaca, dan serat sintetis (*polypropylene, polyethylene*, karbon, dan yang lainnya).

Penggunaan serat baja, serat kaca, dan serat sintetis secara umum sudah cukup luas, namun pada penggunaan serat baja memiliki kekurangan yang dapat mengakibatkan peningkatan bobot yang cukup besar dan memiliki kelemahan rentan terhadap korosi. Berdasarkan penelitian Zhao et al. (2021), menunjukkan bahwa serat *macro-synthetic* memiliki keunggulan dalam hal kepadatan dan ketahanan terhadap korosi dibandingkan dengan serat baja. Bila dibandingkan dengan serat baja, serat sintetis cukup memberikan kontribusi kekuatan mekanik pada beton. Penelitian Yazdanbakhsh et al. (2015) menunjukkan bahwa penggunaan serat *macro-synthetic* dalam proporsi yang tepat dapat menghasilkan beton yang sangat tahan terhadap retak dan memiliki daktilitas yang baik, mirip dengan beton bertulang serat baja.

Dari banyak studi material, beton yang diperkuat dengan serat sintetis dapat meningkatkan sifat mekanis pada kekuatan tarik, daktilitas, dan ketahanan terhadap retak. Salah satu mekanisme utama yang berkontribusi pada peningkatan daktilitas adalah kemampuan serat untuk mendistribusikan tegangan disepanjang garis retak, yang mengurangi laju penambahan retak dan meningkatkan kapasitas beban setelah retak terjadi. (Sahoo dan Kumar, 2015).

Dalam penelitian ini akan dilakukan studi secara numerik berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh Rosidawani et al. (2018) dengan melakukan kegiatan secara eksperimental penambahan SNFRC dengan komposisi 0,75%, 1,25%, dan 0% sebagai kontrol, yang meningkatkan perilaku kolom terhadap beban aksial konsentris. Peningkatan kuat tekan tersebut seiring dengan peningkatan jumlah komposisi SNFRC yang ditambahkan. Sehingga peningkatan komposisi SNFRC, dapat mempengaruhi jarak tulangan spiral yang digunakan dari 30 mm menjadi 45 mm.

Selain pada kolom, penggunaan material ini juga dapat diaplikasikan pada balok, seperti salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Lakavath et al. (2021) melakukan studi terhadap perilaku geser dari balok beton prategang yang diperkuat dengan *macro-synthetic fiber*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *macro-synthetic fiber* dapat meningkatkan kapasitas geser balok, yang sangat penting untuk aplikasi struktural yang memerlukan ketahanan terhadap gaya geser.

Potensi yang ada terkait material ini tentunya bisa dikembangkan pada banyak aplikasi elemen struktur, namun untuk dilakukan dalam bentuk pengujian eksperimental membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit sekaligus kemampuan alat uji yang memadai. Sehingga salah satu metode lain sebagai solusi yang dapat dilakukan adalah dengan studi numerik. Pendekatan secara numerik dapat menggunakan bantuan program atau perangkat lunak (*software*). Penggunaan metode studi numerik bisa memperkirakan atau memprediksi perilaku yang akan terjadi berdasarkan jenis material yang digunakan pada berbagai elemen struktur. Namun, perlu dipastikan bahwa material yang akan digunakan memiliki sifat dan karakteristik yang sudah diketahui melalui verifikasi dari hasil pengujian eksperimental.

Penelitian ini berjudul “Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris”. Dari hasil penelitian ini diharapkan bahwa hasil metode numerik yang dilakukan pada model sistem struktur bisa mewakili hasil dari eksperimental dalam bentuk numerik. Sehingga model numerik yang didapatkan selanjutnya bisa dilakukan modifikasi dengan bentuk yang lain dan menggunakan jenis material yang sama.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini berdasarkan latar belakang di atas, sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil tegangan-regangan kolom SNFRC secara numerik dengan penelitian studi eksperimental rujukan yang digunakan?
2. Bagaimana analisis hasil numerik dari perilaku kolom pengaruh variasi fraksi volume serat sintetis dan jarak tulangan pada beban aksial konsentris?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka didapatkan tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk menganalisis hasil tegangan-regangan kolom SNFRC secara numerik dengan penelitian studi eksperimental rujukan yang digunakan.
2. Untuk menganalisis hasil numerik perilaku kolom pengaruh variasi fraksi volume serat sintetis dan jarak tulangan spiral pada beban aksial konsentris.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian tentang Studi Numerik Perilaku Kolom *Synthetic Fiber Reinforced Concrete* (SNFRC) dengan Variasi Jarak Tulangan Spiral Akibat Beban Aksial Konsentris adalah sebagai berikut.

1. Data yang digunakan hasil eksperimental rujukan (Rosidawani, 2018), mengenai peningkatan perilaku kolom dengan perkuatan serat sintetis (SNFRC) terhadap beban aksial konsentris.

2. Material kolom yang digunakan serat sintetis berupa *polypropylene* dengan komposisi volume sebesar 0,75%, 1,25%, dan 0% sebagai kontrol.
3. Peraturan yang digunakan dalam perencanaan kolom mengacu pada persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847:2013.
4. Kolom yang digunakan memiliki penampang yang berbentuk lingkaran dengan dimensi diameter 135 mm dan tinggi 600 mm, serta menggunakan tulangan sengkang spiral dengan variasi jarak, yaitu 30 mm, 45 mm, dan 60 mm.
5. Penggunaan perangkat lunak Abaqus/CAE dengan model kolom yang digunakan dalam analisis adalah model solid (C3D8R) dan parameter CDP yang digunakan *default* dari Abaqus.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan Tesis ini, sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang dari penelitian mengenai studi numerik perilaku kolom SNFRC menggunakan program Abaqus, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, tujuan dilakukannya penelitian, ruang lingkup yang menjadi batasan pembahasan dalam penelitian, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan proposal dari penelitian yang akan dilakukan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai landasan teori mengenai topik yang akan dilakukan dalam penelitian, didalamnya terdapat berbagai macam informasi mengenai kolom, SNFRC, pembebanan aksial pada kolom, dan program Abaqus yang diperoleh dari buku, jurnal, prosiding dan sumber literatur lainnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian, tahapan dari rencana penelitian melalui diagram alir penelitian, cara pengumpulan data yang akan digunakan, dan pemodelan struktur menggunakan program Abaqus.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dari penelitian pengujian numerik dari kolom *synthetic fiber reinforced concrete* (SNFRC) dengan variasi jarak tulangan spiral akibat beban aksial konsentris. Serta analisis dari hasil penelitian tersebut.

BAB 5 PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan dari studi numerik yang dilakukan, serta saran sebagai masukan dan arahan untuk penelitian yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi semua rujukan atau referensi yang digunakan dalam penulisan tesis.

DAFTAR PUSTAKA

- ABAQUS, 2000. *ABAQUS/CAE user's manual*. USA: Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc.
- Abdulrahman, B.Q., 2025. Computational challenges and experimental validation of the flexural behaviour of RC beams using the nonlinear 3D finite element analysis by the damaged plasticity model in Abaqus: a guidance study. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*, 1(65).
- ACI Committee 318, 2011. *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and Commentary*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- ACI Committee 544, 2008. *State-of-the-art report on fiber reinforced concrete – ACI 544.1R-96 (reapproved 2002), ACI Manual of Concrete Practice, Part 6, pp. ACI544.1R-7-ACI544.1R-24*. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute.
- Al-Baghdadi, H., Al-Merib, F., Ibrahim, A., Hassan, R. and Hussein, H., 2021. Effects of coarse aggregate maximum size on synthetic/steel fiber reinforced concrete performance with different fiber parameters. *Buildings*, 11(4), 158.
- Aritonang, R.V. and Nurmaidah. (2020). Pengaruh variasi jarak tulangan sengkang spiral terhadap kuat lentur balok beton bertulang. *Jurnal PENSIL: Pendidikan Teknik Sipil*, 09, pp.200–208.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *SNI 2947:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. *SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (ACI 318M-14 dan ACI 318RM-14, MOD)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badshah, dkk. 2019. Comparison of Computational Fluid Dynamics and Fluid Structure Interaction Models for The Performance Prediction of Tidal Current Turbines. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 5(2), 164-172.
- Bolat, H., Simsek, O., Cullu, M., Durmus, G. and Can, O., 2014. The effects of macro synthetic fiber reinforcement use on physical and mechanical properties of concrete. *Composites: Part B*, 61, pp.191–198.

- Caggiano, A., Mazzotti, C. and Di Prisco, M., 2020. Effect of fiber spacing on the mechanical performance of synthetic fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 255, 119354.
- Chen, 2021. Application and prospect of analysis of structures based on finite element method. *Highlights in Science Engineering and Technology*.
- Cusson, D., and Paultre, P., 1994. High strength concrete columns confined by rectangular ties. *J. Structure Engineering*, ASCE, 120(3), 783-803.
- Dassault Systèmes, 2015. *Abaqus analysis user's guide*. USA: Dassault Systèmes.
- Dayyani, M., Mortezaei, A., Rouhanimesh, M., and Marnani, J., 2022. Experimental study on the effect of fibers on engineered cementitious composite short square columns. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 66(3), 798-808.
- Dopko, M., Najimi, M., Shafei, B., Wang, X., Taylor, P., and Phares, B., 2018. Flexural performance evaluation of fiber-reinforced concrete incorporating multiple macro-synthetic fibers. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2672(27).
- Ertanto, R., Giri, D. and Putra, D., 2015. Analisa perbandingan perilaku struktur pada gedung dengan variasi bentuk penampang kolom beton bertulang. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*.
- Fikri, A., Muarif, A., and Mulyawan, R., 2023. Analisis tegangan pada bone plate stainless steel 316l untuk aplikasi biomaterial. *Current Biochemistry*, 10(1), 17-23.
- Ganesan, et al., 2015. SFRHPC interior beam-column-slab joints under reverse cyclic loading. *Advances in Concrete Construction*, 3(3), 237-250.
- Hernadi, A., Sahara, R. and Dewi, S.U., 2021. Perbandingan kekuatan kolom berdasarkan SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. *Borneo Engineering Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), pp.237–247.
- Hidayati, T., Aedi, W.N. and Masitoh, L.F., 2022. *Metode numerik*. Tangerang Selatan: Unpam Press.
- Jing, C., Zhao, L., Wu, T., and Li, W., 2024. Experimental and numerical simulation of reinforced concrete filled-square gfrp tubular columns under axial compression. *Materials*, 17(11), 2595.

- Lakavath, C., Prakash, S. and Dirar, S., 2021. Experimental and numerical studies on shear behaviour of macro-synthetic fiber reinforced prestressed concrete beams. *Construction and Building Materials*, 291, 123313.
- Li, J., Deng, Z., and Yao, J., 2020. Research on uniaxial compressive behavior of high-strength spiral stirrups confined circular ultra-high performance concrete columns. *Structural Concrete*, 21(6), 2584-2600.
- Martínez-Pañeda, E. and Gallego, R., 2017. Numerical analysis of quasi-static fracture in functionally graded materials. *International Journal of Mechanics and Materials in Design*, 11(4), pp.405–424.
- Prawirawati, R., Sudirman, I. and Togi, H.N., 2017. Perkuatan kolom beton bertulang persegi dengan menggunakan fine mesh Ø 4 – 50. *Jurnal Teknik Sipil SONDIR*.
- Rosidawani, 2018. *Pengembangan material beton mutu tinggi dengan perkuatan serat sintesis (SNFRC) untuk meningkatkan perilaku kolom*. PhD thesis. Institut Teknologi Bandung.
- Rosidawani, I., Imran, I., Sugiri, S. and Pane, I., 2015. Behaviour of macro synthetic fiber reinforced concrete columns under concentric axial compression. *Procedia Engineering*, 125, pp.987–994.
- Rosidawani, I., Imran, I., Pane, I. and Sugiri, S., 2017. Stress-strain relationship of synthetic fiber reinforced concrete columns. *MATEC Web of Conferences*, 103, 02004.
- Roudsari, S., Hamoush, S., Soleimani, S., Abu-Lebdeh, T. and HaghighiFar, M., 2018. Analytical study of reinforced concrete beams strengthened by FRP bars subjected to impact loading conditions. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(2), pp.407–425.
- Sadrinejad, I., Madandoust, R. and Ranjbar, M.M., 2018. The mechanical and durability properties of concrete containing hybrid synthetic fibers. *Construction and Building Materials*, 178, pp.72–82.
- Sahoo, D.R. and Kumar, N., 2015. Monotonic behavior of large-scale SFRC beams without stirrups. *Engineering Structures*, 92, pp.46–54.

- Sharma, A., Yadav, P. and Gupta, D., 2019. Influence of random fiber orientation on the performance of composite materials: A computational study. *Materials Science and Engineering: A*, 745, pp.33–45.
- Shaw, S., Stillmaker, K., and Kanvinde, A., 2015. Seismic response of partial-joint-penetration welded column splices in moment-resisting frames. *Eng J*, 52(2), 87-108.
- Singh, S. and Rani, M., 2017. Influence of fiber length and aspect ratio on the behavior of synthetic fiber reinforced concrete. *Materials and Structures*, 50(2), p.119.
- Xiao, 2022. Prediction of transverse reinforcement of RC columns using machine learning techniques. *Advance in Civil Engineering*.
- Yazdanbakhsh, A., Altoubat, S. and Rieder, K., 2015. Analytical study on shear strength of macro synthetic fiber reinforced concrete beams. *Engineering Structures*, 100, pp.622–632.
- Yılmaz, T. and Kırac, N., 2019. Experimental investigation of axially loaded reinforced concrete square column subjected to lateral low-velocity impact loading. *Structural Concrete*, 20(4), pp.1358–1378.
- Zhang, H., Zhang, L. and Liu, Z., 2014. Study on the bond strength between synthetic fibers and concrete in synthetic fiber reinforced concrete. *Materials and Design*, 57, pp.129–136.
- Zhao, J., Su, Y., Shi, Y., Wang, Q. and Ni, K., 2021. Study on mechanical properties of macro-synthetic fiber-reinforced iron ore tailings concrete. *Structural Concrete*, 23(1), pp.423–440.