

TUGAS AKHIR

PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM *EKSTERIOR* *NANOCOMPOSITE POLYMER* DENGAN VARIASI SPASI SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK



LAILY YULIA ZAHRA

03011282126069

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2025

TUGAS AKHIR
PERILAKU *JOINT* BALOK-KOLOM *EKSTERIOR*
***NANOCOMPOSITE POLYMER* 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**



LAILY YULIA ZAHRA
03011282126069

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024

HALAMAN PENGESAHAN

**PERILAKU JOIN BALOK-KOLOM EKSTERIOR NANOCOMPOSITE
POLYMER DENGAN VARIASI SPASI SENGGANG AKIBAT BEBAN
SIKLIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh :

**LAILY YULIA ZAHRA
03011282126069**

Palembang, Maret 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Kedua,

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

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

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



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat, karunia, dan kesehatan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ **Perilaku *Joint Balok-Kolom Eksterior Nanocomposite Polymer* Dengan Variasi Spasi Senggang 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. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan 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 Mirka Pataras, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Papa, Mama, Kak Bella, Kak Shanaz, Adik Sheila, keluarga, serta teman-teman saya, Valen, Nasywa, Mutia, Dilla, dan Aida yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian proposal 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, 2025

Laily Yulia Zahra

DAFTAR ISI

ISI HALAMAN

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
RINGKASAN	xv
SUMMARY	xvi
PERNYATAAN INTEGRITAS	xvii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xviii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	xix
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Ruang Lingkup Laporan	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1. Gempa Bumi	5
2.2. Nanocomposite Polymer.....	7
2.3. Sambungan Balok Kolom.....	9
2.4. Beban Siklik.....	11
2.5. Kurva histeresis	12
2.6. Daktilitas.....	14
2.7. Modulus Elastisitas.....	16
2.8. Finite Elemen Method	17
2.8.1. Matriks dalam Finite Element Method.....	21

2.8.2. Metode Pemecahan Kasus Non-Linier.....	22
2.9. Program ANSYS	25
2.9.2. Elemen ANSYS.....	25
2.9.1. Tahapan Simulasi Program ANSYS Secara Garis Besar.....	27
2.10. Penelitian Terdahulu.....	28
2.10.1. Penelitian Patel Dkk., (2024).....	28
2.10.2. Penelitian Gao Dkk., (2022).....	33
2.10.3. Penelitian Yu Dkk., (2024).....	37
2.10.4. Penelitian Septriasyah Dkk., (2021).....	40
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	45
3.1. Umum	45
3.2. Studi Literatur.....	45
3.3. Alur Penelitian.....	45
3.4. Pengumpulan Data Sekunder.....	47
3.5. Model Struktur.....	48
3.6. Pemodelan Struktur dengan Program ANSYS.....	52
3.7. Kondisi Batas.....	54
3.8. Input Data Pada ANSYS	54
3.9. <i>Meshing</i>	55
3.10. <i>Solving</i>	55
3.11. Analisa dan Pembahasan	55
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	56
4.1. <i>Detail</i> Model Sambungan Balok-Kolom Ekterior	56
4.2. Pemodelan Struktur dengan Menggunakan Program ANSYS	58
4.3. Data Input	63
4.3.1. <i>Material Properties</i> Beton Normal.....	63
4.3.2. <i>Material Properties</i>	63
4.3.3. Pembebanan	63
4.4. <i>Meshing</i> Elemen Struktur	64
4.5. Analisis <i>Output</i> Program ANSYS	64
4.5.1. Analisis <i>Output</i> Beton Geopolimer.....	64
4.5.2. Analisis <i>Output Nanocomposite Polymer</i>	69

4.6.	Daktilitas.....	80
4.6.1.	Daktilitas Beton Normal.....	80
4.6.2.	Daktilitas Nanocomposite Polymer.....	81
4.7.	Kekakuan dan Kekuatan.....	84
4.7.1.	Kekakuan dan Kekuatan Beton Normal.....	84
4.7.2.	Kekakuan dan Kekuatan Beton Geopolimer.....	86
4.8.	Disipasi Energi Kumulatif.....	89
4.8.1.	Disipasi Energi Kumulatif Model S1-BC1.....	90
4.8.2.	Disipasi Energi Kumulatif Model Variasi Beton Geopolimer.....	91
BAB 5 PENUTUP.....		93
5.1.	Kesimpulan.....	93
5.2.	Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....		96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Patahan Aktif di Indonesia (Pusat Survei Geologi-KemenESDM. 2023).....	6
Gambar 2.2. Sambungan Balok-Kolom (SNI 2847 : 2019).....	10
Gambar 2.3. Pengaturan Pengujian dan Tata Letak LVDT (Linear Variable Displacement Transducer) (Qiao, dkk. 2024)	12
Gambar 2.4. Pola Pembebanan Siklik (Qiao, dkk. 2024)	12
Gambar 2.5. Perbandingan Kurva Histeresis Pada Tiap Tingkatan Beban Aksial (Wang, dkk. 2024).....	14
Gambar 2.6. Model elemen SOLID65 (ANSYS Inc, 2024)	26
Gambar 2.7. Model elemen SOLID45 (ANSYS Inc, 2024)	26
Gambar 2.8. Model elemen LINK180 (ANSYS Inc, 2024)	27
Gambar 2.9. Detail Spesimen <i>steel fibre reinforced concrete</i> (SFRC) (Patel, dkk. 2024)	29
Gambar 2.10. Pengujian Eksperimental (Patel, dkk. 2024).....	30
Gambar 2.11. Sistem Pembebanan Siklik (Patel, dkk. 2024)	31
Gambar 2.12. Kurva Histeresis Perpindahan Beban Join Balok-Kolom (Patel, dkk. 2024)	32
Gambar 2.13 Pola keretakan pada spesimen yang berbeda (Patel, dkk. 2024).....	33
Gambar 2.14. Detail Spesimen join balok-kolom (Gao, dkk. 2022).....	34
Gambar 2.15. Pengujian Eksperimental (Gao, dkk. 2022)	34
Gambar 2.16. Sistem Pembebanan Siklik (Gao, dkk. 2022).....	35
Gambar 2.17. Pola keretakan pada spesimen yang berbeda (Gao, dkk. 2022).....	36
Gambar 2.18. Detail Spesimen join balok-kolom (Yu, dkk. 2024)	37
Gambar 2.19. Pengujian Eksperimental (Yu, dkk. 2024)	38
Gambar 2.20. Sistem Pembebanan Siklik (Yu, dkk. 2024)	39
Gambar 2.21. Pola keretakan pada spesimen yang berbeda (Yu, dkk. 2024).....	39
Gambar 2.22. Kurva Histeresis Perpindahan Beban Join Balok-Kolom (Yu, dkk. 2024)	40
Gambar 2.23. Diagram alir material nanocomposite dengan menggunakan metode pencampuran sederhana (Septriansyah, dkk. 2021).....	41

Gambar 2.24. Kepadatan di 7 hari (Septriasyah, dkk. 2021)	42
Gambar 2.25. Kepadatan di 28 hari (Septriasyah, dkk. 2021)	42
Gambar 2.26. Kuat Tekan 7 hari (Septriasyah, dkk. 2021).....	44
Gambar 2.27. Kuat Tekan 28 hari (Septriasyah, dkk. 2021).....	44
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> metodologi penelitian	47
Gambar 3.2. Kurva regresi kuat tekan (Septriasyah, dkk. 2021)	48
Gambar 3.3. (a) Dimensi spesimen uji <i>joint</i> balok-kolom, (b) Detail tulangan longitudinal dan tulangan sengkang kolom-balok (Patel, dkk. 2024).....	49
Gambar 3.4. Sketsa variasi spasi sengkang: (a) Ø8 - 100 mm, (b) Ø8 - 75 mm, (c) Ø8 - 50 mm	51
Gambar 3.5. <i>Set up</i> pembebanan (Patel, dkk. 2024)	52
Gambar 3.6. Pemodelan nodes SOLID65 struktur <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS	53
Gambar 3.7. Pemodelan <i>element</i> SOLID65 struktur <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS	53
Gambar 3.8. <i>Boundary condition</i> model <i>joint</i> balok-kolom dalam program ANSYS.....	54
Gambar 4.1. Detail pemodelan sambungan balok-kolom (a) Ø8 - 100 mm, (b) Ø8 - 75 mm, (c) Ø8 - 50 mm	57
Gambar 4.2. Pemodelan <i>nodes</i> sambungan balok-kolom pada ANSYS	58
Gambar 4.3. Pemodelan <i>element</i> SOLID65 (a) Ø8 - 100 mm, (b) Ø8 - 75 mm, (c) Ø8 - 50 mm	60
Gambar 4.4. Pemodelan LINK180 spesimen JBK-1 pada ANSYS.....	61
Gambar 4.5. Pemodelan LINK180 spesimen J-N1 pada ANSYS	61
Gambar 4.6. Pemodelan LINK180 spesimen J-N2 pada ANSYS	62
Gambar 4.7. Pemodelan LINK180 spesimen J-N3 pada ANSYS	62
Gambar 4.8. Skema pembebanan siklik (Patel, dkk. 2024)	64
Gambar 4.9. Kurva histeresis JBK-1.....	65
Gambar 4.10. Perbandingan kurva histeresis material beton normal JBK-1	65
Gambar 4.11. Kontur tegangan model JBK-1.....	67
Gambar 4.12. Kondisi perpindahan model JBK-1	68
Gambar 4.13. Kurva histeresis material beton <i>nanocomposite Polymer</i>	70

Gambar 4.14. Kontur tegangan model J-N1	73
Gambar 4.15. Kondisi tegangan model J-N2	74
Gambar 4.16. Kondisi tegangan model J-N3	75
Gambar 4.17. Kondisi perpindahan model J-N1	77
Gambar 4.18. Kondisi perpindahan model J-N2.....	78
Gambar 4.19. Kondisi perpindahan model J-N3.....	79
Gambar 4.20. Kurva <i>envelope</i> model JBK-1	81
Gambar 4.21. Kurva <i>envelope</i> spesimen <i>Nanocomposite Polymer</i>	82
Gambar 4.22. Kurva hubungan <i>displacement</i> dan kekakuan model JBK-1	85
Gambar 4.23. Kurva <i>backbone</i> model JBK-1	86
Gambar 4.24. Kurva hubungan perpindahan dan kekakuan spesimen <i>Nanocomposite Polymer</i>	87
Gambar 4.25. kurva <i>backbone</i> join balok-kolom spesimen <i>Nanocomposite Polymer</i> seluruh variasi spasi sengkang.....	82
Gambar 4.26. Kurva <i>backbone</i> spesimen <i>Nanocomposite Polymer</i>	89
Gambar 4.25. Kurva hubungan <i>displacement</i> dengan disipasi energi kumulatif model JBK-1	90
Gambar 4.26. Kurva hubungan <i>displacement</i> dengan disipasi energi kumulatif model Variasi <i>Nanocomposite Polymer</i>	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Parameter Dkatilitas Campuran	15
Tabel 2.2. Proporsi Campuran (Patel, dkk. 2024).....	28
Tabel 2.3. Detail Prototipe dan Spesimen Skala (Patel, dkk. 2024)	29
Tabel 2.4. Rincian joint balok-kolom (Patel, dkk. 2024).....	29
Tabel 3.1. Variasi spasi Sengkang	49
Tabel 4.1. Variasi dimensi <i>tube</i> join balok-kolom.....	56
Tabel 4.2. Selisih hasil pengujian eksperimental dan analisis ANSYS	66
Tabel 4.3. Nilai <i>lateral load</i> maksimum dan <i>displacement</i> variasi sengkang	72
Tabel 4.4. Daktilitas model JBK-1	80
Tabel 4.5. Daktilitas spesimen Nanocomposite Polymer.....	83
Tabel 4.6. Penurunan nilai kekakuan struktur JBK-1	85
Tabel 4.7. Degradasi kekakuan arah pembebanan dorong spesimen Nanocomposite Polymer	88
Tabel 4.8. Degradasi kekakuan arah pembebanan dorong spesimen Nanocomposite Polymer	88
Tabel 4.9. Disipasi energi kumulatif model JBK-1	90
Tabel 4.10. Disipasi energi kumulatif model Nanocomposite Polymer	91

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Lembar Asistensi Tugas Akhir	99
2.	Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir	100
3.	Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	101
4.	Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir.....	102

PERILAKU JOIN BALOK-KOLOM EKSTERIOR NANOCOMPOSITE POLYMER DENGAN VARIASI SPASI SENGKANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

Laily Yulia Zahra¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: lailyyulia2703@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: salomaunsri@gmail.com

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: sitiaisyahn@gmail.com


Abstrak

Join balok-kolom adalah elemen struktural yang penting dalam desain tahan gempa. Zona join ini harus dirancang untuk memenuhi kriteria seismik karena sangat responsif terhadap distribusi beban gempa. Penelitian ini menggunakan material nanocomposite polymer untuk menganalisis kinerja join balok-kolom eksterior dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (finite element method). Output analisis berupa kurva histeresis, perpindahan maksimum, beban lateral, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur, serta disipasi energi kumulatif. Kinerja join balok-kolom dengan spasi sengkang 100 mm dibandingkan dengan kinerja join balok-kolom menggunakan variasi spasi sengkang dan material properties nanocomposite polymer. Nilai daktilitas terendah sebesar 5,923 dicapai oleh join balok-kolom JN3 karena mengalami leleh struktur lebih lambat. Join balok-kolom JN3 memiliki kurva kekakuan paling pendek karena hanya mampu mencapai perpindahan sebesar 40 mm pada arah dorong dan tarik. Join balok-kolom JN1 mengalami disipasi energi kumulatif paling besar dikarenakan mampu mencapai perpindahan paling tinggi, yaitu sebesar 50 mm untuk arah dorong dan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi sengkang berpengaruh signifikan terhadap kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

Kata kunci: beban siklik, join balok-kolom, metode elemen hingga, *nanocomposite polymer*

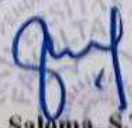
Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,


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


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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,


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

BEHAVIOR OF EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINTS WITH NANOCOMPOSITE POLYMER AND VARIABLE STIRRUP SPACING UNDER CYCLIC LOADS

Laily Yulia Zahra¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: lailyyulia2703@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: salomaunsri@gmail.com

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: sitiaisyahn@gmail.com

Abstract

Beam-column joints are critical components in earthquake-resistant design, requiring careful consideration of seismic criteria due to their high sensitivity to seismic load distribution. This study investigates the performance of exterior beam-column joints with varying stirrup spacing under cyclic loading using nanocomposite polymer materials. The analysis was conducted using ANSYS, based on the finite element method. The results include hysteresis curves, maximum displacement, lateral load, stress contour, ductility, stiffness, and structural strength, as well as cumulative energy dissipation. A comparison of the performance of beam-column joints with 100 mm stirrup spacing and those with varying stirrup spacing and nanocomposite polymer material properties reveals that joint JN3 exhibits the lowest ductility value of 5.923 due to its slower structural yielding. Joint JN3 also displays the shortest stiffness curve, reaching a displacement of only 40 mm in the push and pull directions. Conversely, joint JN1 experiences the largest cumulative energy dissipation, achieving the highest displacement of 50 mm in the push and pull directions. The research results demonstrate that variations in stirrup spacing significantly impact the structural performance in withstanding cyclic loads.

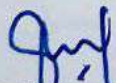
Key Words: cyclic loads, beam-column joints, finite element method, nanocomposite polymer

Palembang, Maret 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,


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


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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,


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

RINGKASAN

PERILAKU JOIN BALOK-KOLOM *EKSTERIOR NANOCOMPOSITE POLYMER* DENGAN VARIASI SPASI SENGGANG AKIBAT BEBAN SIKLIK

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, Maret 2025

Laily Yulia Zahra; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. IPM dan Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xvi + 98 halaman, 26 gambar, 10 tabel, 4 lampiran

Join balok-kolom adalah elemen struktural yang penting dalam desain tahan gempa. Zona join ini harus dirancang untuk memenuhi kriteria seismik karena sangat responsif terhadap distribusi beban gempa. Penelitian ini menggunakan material nanocomposite polymer untuk menganalisis kinerja join balok-kolom eksterior dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (finite element method). Output analisis berupa kurva histeresis, perpindahan maksimum, beban lateral, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur, serta disipasi energi kumulatif. Kinerja join balok-kolom dengan spasi sengkang 100 mm dibandingkan dengan kinerja join balok-kolom menggunakan variasi spasi sengkang dan material properties nanocomposite polymer. Nilai daktilitas terendah sebesar 5,923 dicapai oleh join balok-kolom JN3 karena mengalami leleh struktur lebih lambat. Join balok-kolom JN3 memiliki kurva kekakuan paling pendek karena hanya mampu mencapai perpindahan sebesar 40 mm pada arah dorong dan tarik. Join balok-kolom JN1 mengalami disipasi energi kumulatif paling besar dikarenakan mampu mencapai perpindahan paling tinggi, yaitu sebesar 50 mm untuk arah dorong dan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi spasi sengkang berpengaruh signifikan terhadap kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

Kata kunci: beban siklik, join balok-kolom, metode elemen hingga, *nanocomposite polymer*

SUMMARY

BEHAVIOR OF EXTERIOR BEAM-COLUMN JOINTS WITH NANOCOMPOSITE POLYMER AND VARIABLE STIRRUP SPACING UNDER CYCLIC LOADS

Scientific papers in form of Final Projects, Maret 2025

Laily Yulia Zahra; Guide by advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. IPM dan Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xvi + 98 pages, 26 images, 10 tables, 4 attachments

Beam-column joints are critical components in earthquake-resistant design, requiring careful consideration of seismic criteria due to their high sensitivity to seismic load distribution. This study investigates the performance of exterior beam-column joints with varying stirrup spacing under cyclic loading using nanocomposite polymer materials. The analysis was conducted using ANSYS, based on the finite element method. The results include hysteresis curves, maximum displacement, lateral load, stress contour, ductility, stiffness, and structural strength, as well as cumulative energy dissipation. A comparison of the performance of beam-column joints with 100 mm stirrup spacing and those with varying stirrup spacing and nanocomposite polymer material properties reveals that joint JN3 exhibits the lowest ductility value of 5.923 due to its slower structural yielding. Joint JN3 also displays the shortest stiffness curve, reaching a displacement of only 40 mm in the push and pull directions. Conversely, joint JN1 experiences the largest cumulative energy dissipation, achieving the highest displacement of 50 mm in the push and pull directions. The research results demonstrate that variations in stirrup spacing significantly impact the structural performance in withstanding cyclic loads.

Keywords: cyclic loads, beam-column joints, finite element method, nanocomposite polymer

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laily Yulia Zahra

NIM : 03011282126069

Judul : Perilaku Join Balok-Kolom *Eksterior Nanocomposite Polymer* 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, Maret 2025



Laily Yulia Zahra

NIM. 03011282126069



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Perilaku Join Balok-Kolom *Eksterior Nanocomposite Polymer* Dengan Variasi Spasi Senggang Akibat Beban Siklik” yang disusun oleh Laily Yulia Zahra, 03011282126069 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Maret 2025.


Palembang, Maret 2025

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

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

Anggota:

3. Dr. Ir. KM Aminuddin, S.T., M.T., IPU., ()
ASEAN. Eng
NIP. 197203141999031006


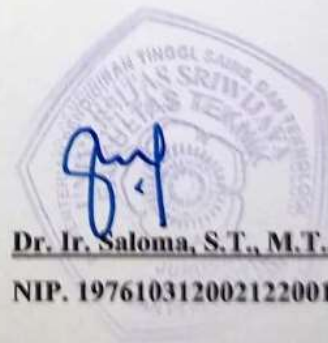
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Jurusan Teknik Sipil



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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Laily Yulia Zahra

NIM : 03011282126069

Judul : Perilaku Join Balok-Kolom *Eksterior Nanocomposite Polymer* Dengan Variasi Spasi Sengkang 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, Maret 2025



Laily Yulia Zahra

NIM. 03011282126069

DAFTAR RIWAYAT HIDUP


Nama Lengkap : Laily Yulia Zahra
Jenis Kelamin : Perempuan
E-mail : lailyyulia2703@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
MIN Kota Jambi	-	-	SD	2009 - 2015
MtsN 2 Kota Jambi	-	-	SMP	2015 - 2018
MAN 2 Kota Jambi	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021- 2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,


(Laily Yulia Zahra)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infrastruktur di Indonesia semakin berkembang sangat pesat dan jumlah penduduk setiap hari semakin meningkat, sehingga mengakibatkan lahan yang diperlukan semakin meningkat tetapi ketersediaannya terbatas. Maka diperlukanlah suatu perencanaan yang cermat untuk memaksimalkan penggunaannya secara efisien. Salah satu solusi efektif dalam mengatasi keterbatasan lahan adalah dengan membangun gedung bertingkat. Namun, proses pembangunan gedung bertingkat memerlukan perencanaan yang terperinci, terutama karena Indonesia berada di wilayah rawan gempa. Secara geologis, Indonesia terletak di perbatasan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik, sehingga wilayah ini kerap mengalami aktivitas gempa bumi. Oleh sebab itu, perencanaan gedung bertingkat harus dilakukan secara optimal untuk menghasilkan struktur bangunan yang stabil dan tahan terhadap guncangan gempa.

Sambungan balok dan kolom merupakan elemen kritis struktur bangunan yang mempengaruhi stabilitas dan keutuhan seluruh bangunan, terutama pada bangunan bertingkat yang terkena beban yang lebih tinggi dan kompleks. Perilaku sambungan-sambungan ini di bawah beban siklik seperti gempa bumi sangat penting diperhatikan karena berguna untuk keselamatan dan ketahanan struktur. Beban siklik dapat menyebabkan kerusakan material, retak dan bahkan kerusakan struktural jika sambungan tidak dirancang dan dibuat dari material yang tepat. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih material yang dapat mengurangi dampak negatif beban siklik.

Perkembangan teknologi material di bidang teknik sipil telah mengalami kemajuan yang signifikan terutama dalam penggunaan material komposit untuk meningkatkan kinerja struktur. Salah satu inovasi yang semakin mendapat perhatian adalah penggunaan nanokomposit polimer. Material ini dikenal memiliki sifat mekanik dan fisik yang lebih unggul dibandingkan material tradisional. Penggunaan nanokomposit polimer pada struktur bangunan, seperti sambungan

balok-kolom, menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan ketahanan dan efisiensi struktur pada berbagai beban, termasuk beban siklik.

Bangunan bertingkat tinggi, biasanya dibangun di daerah perkotaan dengan aktivitas seismik yang signifikan, dan sangat bergantung pada kekuatan dan ketahanan sambungan balok-ke-kolom. Penggunaan material yang meningkatkan kinerja struktur dalam kondisi pembebanan dinamis penting untuk menjamin keselamatan penghuni dan integritas seluruh bangunan. Nanokomposit polimer menawarkan beberapa keunggulan, termasuk peningkatan kekuatan tarik, ketahanan retak, dan peningkatan sifat deformasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nanokomposit polimer dapat meningkatkan kinerja struktural di bawah beban dinamis. Namun demikian, untuk memahami secara utuh mekanisme kerja dan manfaatnya, diperlukan penelitian yang lebih mendalam mengenai perilaku sambungan balok-ke-kolom eksternal material ini.

Dalam penelitian ini, perilaku sambungan balok-kolom *eksternal nanokomposit polymer* dengan variasi spasi sengkang di bawah beban siklik dimodelkan menggunakan perangkat lunak ANSYS. ANSYS adalah perangkat lunak simulasi yang kuat dan sering digunakan dalam analisis struktur karena kemampuannya untuk memodelkan perilaku kompleks dan interaksi struktural material dalam berbagai kondisi pembebanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki potensi *nanokomposit polymer* dalam meningkatkan kinerja sambungan balok-kolom dalam kondisi pembebanan siklik menggunakan simulasi ANSYS dan untuk mengidentifikasi parameter terpenting yang mempengaruhi perilakunya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang besar terhadap pengembangan teknologi desain dan konstruksi yang lebih tahan terhadap beban dinamis khususnya pada daerah rawan gempa. Jadi penelitian ini tidak hanya memperkaya literatur tentang material *nanokomposit polymer* dalam aplikasi struktural, tetapi juga dapat memberikan dasar untuk merancang gedung bertingkat yang lebih aman dan efisien di masa depan, serta pemahaman yang lebih mendalam tentang simulasi ANSYS.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dianalisis pada penelitian kinerja joint balok- kolom dengan variasi spasi sengkang adalah:

1. Bagaimana perbandingan antara hasil uji eksperimental dan analisis perilaku joint balok-kolom eksterior beton normal terhadap beban siklik menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana analisis kinerja joint balok-kolom eksterior berbahan nanocomposite polymer dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik?
3. Bagaimana output kinerja joint balok-kolom eksterior berbahan nanocomposite polymer dengan variasi spasi sengkang terhadap beban siklik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tentang kinerja joint balok-kolom *eksterior nanocomposite polymer* dengan variasi spasi sengkang akibat beban siklik, yaitu:

1. Membandingkan serta memverifikasi kinerja elemen struktur joint balok-kolom eksterior berdasarkan hasil pengujian eksperimental sebelumnya oleh oleh Patel, dkk. (2024) dengan hasil analisis menggunakan perangkat lunak ANSYS.
2. Mengkaji metode analisis kinerja joint balok-kolom eksterior dengan variasi spasi sengkang menggunakan material nanocomposite polymer terhadap beban siklik melalui pemodelan dengan ANSYS.
3. Mengevaluasi kinerja joint balok-kolom eksterior berbahan nanocomposite polymer dengan berbagai variasi spasi sengkang terhadap beban siklik.

1.4.1 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian Perilaku joint balok-kolom *eksterior* dengan material *nanocomposite polymer* akibat beban siklik diatur dalam lingkup:

1. Pemodelan joint balok-kolom pada program ANSYS berupa beton yang dimodelkan oleh elemen SOLID65, pelat baja oleh SOLID45, tulangan oleh LINK180.

2. Data sekunder merujuk kepada pengujian eksperimental terdahulu oleh oleh Patel, dkk. (2024) tentang Sebuah studi eksperimental untuk efektivitas sambungan balok-kolom eksterior bawah ketahanan siklik.
3. Penelitian ini menggunakan model join balok-kolom *eksterior* menggunakan material *normal concrete* dan *nanocomposite polymer*.
4. Data *properties* material *nanocomposite polymer* didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Septriansyah, dkk. (2021) pada pengujian Karakteristik polimer nanokomposit dengan variasi suhu dan waktu pemanasan dengan menggunakan metode pencampuran sederhana.

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*.
- ASTM International. (2022). *ASTM C469/C469M-22: Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*.
- 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*.
- Badshah, M., Badshah, S., & Jan, S. (2020). 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. <https://doi.org/10.1016/j.joes.2019.10.001>
- Behnam, H., Kuang, J. S., & Huang, R. Y. C. (2017). Exterior RC wide beam-column connections: Effect of beam width ratio on seismic behaviour.

Engineering Structures, 147, 27–44.
<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.05.044>

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*.

Elisabeth, S., Lukar, C., Pandaleke, R., & Wallah, S. (2020). Pengujian Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Menggunakan Tras Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1), 33–38.

FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*.

Gao, X., Peng, H., & Li, J. (2022). Evolution of the yield penetration and bond stress in RC exterior beam-column joints under cyclic loading. *Structures*, 36, 703–718. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.12.044>

Hiremath, A., Murthy, A. A., Thipperudrappa, S., & Bharath, K. N. (2021). Nanoparticles Filled Polymer Nanocomposites: A Technological Review. *Cogent Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1991229>

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). 2023. *Patahan Gempa di Indonesia*.

Kajian, J., Dan, I., & Geografi, P. (2021). *Analisis Bencana Gempa Bumi Dan Mitigasi Bencana Di Daerah Kertasari Iqbal luthfi nur rais*, Lili Somantri*. 4(2).

Li, H., Du, Y., Han, J., & Li, F. (2024). Investigation on seismic behavior of a new beam-column joint for precast concrete structures under reversed cyclic loading. *Structures*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.107782>

- 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>
- Qiao, M., Ma, Y. X., Fung, T. C., & Tan, K. H. (2024). Experimental study on exterior precast concrete beam-to-CECFST column joints with wet connections under cyclic loading. *Journal of Building Engineering*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109109>
- RickyAndreas, Aryanto, & Herwani. (n.d.). Analisis Hubungan Balok Kolom Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus.
- Septriasyah, V., Saggaff, A., & Saloma. (2021). Characteristics of nanocomposite polymer with temperature variation and heating time by using simple mixing method. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 8(78), 651–661. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2021.874037>
- Wang, D., Zhao, J., Ju, Y., Shen, H., & Li, X. (2022). Behavior of beam-column joints with high performance fiber-reinforced concrete under cyclic loading. *Structures*, 44, 171–185. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.07.090>
- Wu, H., Zhuang, X., Zhang, W., & Zhao, Z. (2022). Anisotropic ductile fracture: Experiments, modeling, and numerical simulations. *Journal of Materials Research and Technology*, 20, 833–856. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.07.128>
- Yu, J., Xia, Y., Guo, Z., & Guo, X. (2024). Experimental study on the structural behavior of exterior precast concrete beam-column joints with high-strength steel bars in field-cast RPC. *Engineering Structures*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.117128>
- Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. (2000). *The Finite Element Method Fifth edition Volume 1: The Basis*.