

TUGAS AKHIR

**KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF
COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI
DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK**



**MUHAMMAD ARIEF ARRAFI
03011182025012**

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

TUGAS AKHIR

KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK

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



**MUHAMMAD ARIEF ARRAFI
03011182025012**

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

HALAMAN PENGESAHAN

KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF* *COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

MUHAMMAD ARIEF ARRAFI
03011182025012

Palembang, Januari 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



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



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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan kesehatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Kinerja Join Balok-Kolom *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Dimensi *Tube* 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. Mona Foralisa Toyfur, 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 Ir. H. Sarino, MSCE., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Orang tua, adik, keluarga, serta teman-teman 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, Januari 2024

Muhammad Arief Arrafi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
RINGKASAN.....	xiv
SUMMARY	xv
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xvi
HALAMAN PERSETUJUAN	xvii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xviii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Gempa Bumi.....	4
2.2. <i>Self Compacting Concrete</i>	5
2.3. <i>Fiber-Reinforced Polymer</i>	8
2.4. Sambungan Balok-Kolom.....	11
2.5. Penelitian Terdahulu.....	13
2.6. Beban Siklik	19
2.7. Kurva Histeresis	20
2.8. Daktilitas	24
2.9. Kekakuan.....	25

2.10. <i>Finite Element Analysis</i>	26
2.10.1 Metode Matriks dalam <i>Finite Element Method</i>	30
2.10.2 Metode Pemecahan Kasus Non-Linier	33
2.10.3 Persamaan Non-Linier untuk Mendapatkan Solusi Model Numerik	36
2.11. Program ANSYS	38
2.11.1 Elemen ANSYS	38
2.11.2 Tahapan Simulasi Program ANSYS	41
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	 42
3.1. Umum	42
3.2. Studi Literatur.....	42
3.3. Alur Penelitian.....	42
3.4. Pengumpulan Data Sekunder	44
3.5. Model Struktur.....	45
3.6. Permodelan Struktur Pada Program ANSYS	48
3.7. Kondisi Batas	50
3.8. <i>Input Data ANSYS</i>	50
3.9. <i>Meshing</i>	51
3.10. <i>Solving</i>	51
3.11. Analisis dan Pembahasan.....	51
 BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	 52
4.1. Detail Permodelan Struktur Join Balok-Kolom dengan Variasi Dimensi <i>Tube</i> 52	
4.2. Permodelan Struktur dalam ANSYS.....	53
4.3. <i>Data Input</i>	57
4.3.1. <i>Material Properties</i> Beton	57
4.3.2. <i>Material Properties</i> Tulangan	57
4.3.3. Pembebanan	58
4.4. <i>Meshing</i> Elemen Struktur.....	58
4.5. Analisis Output Program ANSYS	58
4.5.1. Analisis Output Beton Normal	59

4.5.2. Analisis Output <i>Self Compacting Concrete</i>	63
4.6. Daktilitas	74
4.6.1. Daktilitas Model J-G4.....	74
4.6.2. Daktilitas Material <i>Self Compacting Concrete</i>	75
4.7. Kekakuan dan Kekuatan	78
4.7.1. Kekakuan dan Kekuatan Model J-G4.....	78
4.7.2. Kekakuan dan Kekuatan Material <i>Self Compacting Concrete</i>	79
4.8. Disipasi Energi Kumulatif.....	82
4.8.1. Disipasi Energi Kumulatif Model J-G4	82
4.8.2. Disipasi Energi Kumulatif Spesimen <i>Self Compacting Concrete</i>	83
 BAB 5 PENUTUP	 85
5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Peta patahan gempa yang ada di dunia	5
Gambar 2. 2 Persentase bangunan beton bertulang yang mengalami kerusakan yang disebutkan pada setidaknya satu join balok-kolom (Khanmohammadi et al., 2023)	5
Gambar 2. 3 Contoh tulangan FRP (ACI 440.1R-15, 2015).....	9
Gambar 2. 4 Kurva tegangan-regangan tipikal untuk FRP (Kim et al., 2021).....	11
Gambar 2. 5 Tipe sambungan balok-kolom (ACI 352R-02, 2010).....	13
Gambar 2. 6 Peralatan spesimen uji: (a) Susunan <i>strain gauge</i> , (b) Susunan LVDT (Lin et al., 2022)	14
Gambar 2. 7 Skema pengujian: (a) Spesimen join, (b) Gambar skema (Lin et al., 2022)	14
Gambar 2. 8 Skema pembebanan untuk <i>drift ratio</i> kolom (Lin et al., 2022).....	15
Gambar 2. 9 Skema pembebanan (Alavi-Dehkordi et al., 2019)	16
Gambar 2. 10 Pembebanan siklik yang digunakan (Alavi-Dehkordi et al., 2019)	17
Gambar 2. 11 (a) Skema pembebanan, (b) Beban siklik yang diterapkan (Verderame et al., 2022b).....	18
Gambar 2. 12 Susunan peralatan pengujian (Verderame et al., 2022b)	19
Gambar 2. 13 Karakteristik konfigurasi join balok-kolom dan tindakan pengujiannya (ACI 374.1-05, 2019).....	20
Gambar 2. 14 Kurva histeresis tipikal (Mellodge, 2016).....	21
Gambar 2. 15 Kurva histeresis sambungan balok-kolom sampel JH2-SCC (Paknejadi & Behfarnia, 2020).....	22
Gambar 2. 16 Kurva histeresis sambungan balok-kolom sampel: (a) J-0, (b) J-S2, (c) J-G2, (d) J-G4, (e) J-CG4, (f) J-P4 (Lin et al., 2022)	23
Gambar 2. 17 Pola keretakan benda uji: (a) J-0, (b) J-S2, (c) J-G2, (d) J-G4, (e) J-CG4, (f) J-P4 (Lin et al., 2022)	24
Gambar 2. 18 Berbagai jenis nodal elemen hingga sederhana: (a) Elemen garis dua nodal, (b) Elemen dua dimensi sederhana, (c) Elemen tiga dimensi sederhana, (d) Elemen segitiga dan segiempat <i>axisymmetric</i> (Logan, 2017).....	30

Gambar 2. 19 <i>Finite motion</i> dari balok 3D (Zienkiewicz & Taylor, 2000).....	31
Gambar 2.20 Metode Newton-Raphson modifikasi dengan kenaikan tangen awal (Zienkiewicz & Taylor, 2000).....	35
Gambar 2.21 Metode Newton-Raphson modifikasi dengan kenaikan tangen (Zienkiewicz & Taylor, 2000).....	35
Gambar 2. 22 <i>Secant method</i> dimulai dari prediksi K^0 (Zienkiewicz & Taylor, 2000)	36
Gambar 2. 23 Model elemen SOLID65 (ANSYS Inc, 2013)	39
Gambar 2. 24 Model elemen SOLID45 (ANSYS Inc, 2013)	39
Gambar 2. 25 Model elemen LINK180 (ANSYS Inc, 2013).....	40
Gambar 3.1. Diagram alir (<i>flowchart</i>) metodologi penelitian.....	44
Gambar 3.2. Kurva tegangan-regangan beton (Saloma, dkk., 2017).....	45
Gambar 3.3. (a) Dimensi spesimen uji sambungan balok-kolom, (b) Detail tulangan longitudinal dan tulangan sengkang kolom, balok, dan FRP <i>tube</i> (Lin, dkk. 2022).....	46
Gambar 3.4. Sketsa variasi panjang <i>tube</i> : (a) 700 mm, (b) 550 mm, (c) 450 mm	47
Gambar 3.5. <i>Set up</i> pembebanan (Lin, dkk. 2022)	48
Gambar 3.6. Pemodelan <i>nodes SOLID65</i> struktur join balok-kolom pada program ANSYS.....	49
Gambar 3.7. Pemodelan <i>element SOLID65</i> struktur join balok-kolom pada program ANSYS.....	49
Gambar 3.8. <i>Boundary condition</i> model join balok-kolom pada program ANSYS	50
Gambar 4.1. Detail pemodelan sambungan balok-kolom.....	53
Gambar 4.2. Pemodelan <i>nodes</i> sambungan balok-kolom pada ANSYS	54
Gambar 4.3. Pemodelan <i>element SOLID65</i> sambungan balok-kolom pada ANSYS.....	55
Gambar 4.4. Pemodelan LINK180 dan SHELL181 spesimen J-G4 pada ANSYS	55
Gambar 4.5. Pemodelan LINK180 dan SHELL181 spesimen J1 pada ANSYS ..	56
Gambar 4.6. Pemodelan LINK180 dan SHELL181 spesimen J2 pada ANSYS ..	56
Gambar 4.7. Pemodelan LINK180 dan SHELL181 spesimen J3 pada ANSYS ..	57

Gambar 4.8. Skema pembebanan untuk <i>drift ratio</i> kolom (Lin, dkk. 2022).....	58
Gambar 4.9. Perbandingan kurva histeresis material beton normal	59
Gambar 4.10. Kondisi tegangan model J-G4 <i>drift ratio</i> 4,5%	61
Gambar 4.11. Kondisi perpindahan model J-G4 <i>drift ratio</i> 4,5%	63
Gambar 4.12. Kurva histeresis spesimen <i>self compacting concrete</i>	65
Gambar 4.13. Kondisi tegangan model J1 <i>drift ratio</i> 4,5%	68
Gambar 4.14. Kondisi tegangan model J2 <i>drift ratio</i> 4% dan 4,5%.....	69
Gambar 4.15. Kondisi tegangan model J3 <i>drift ratio</i> 4%	70
Gambar 4.16. Kondisi perpindahan model J1 <i>drift ratio</i> 4,5%	71
Gambar 4.17. Kondisi perpindahan model J2 <i>drift ratio</i> 4% dan 4,5%.....	72
Gambar 4.18. Kondisi perpindahan model J3 <i>drift ratio</i> 4%	73
Gambar 4.19. Kurva <i>envelope</i> model J-G4	75
Gambar 4.20. Kurva <i>envelope</i> spesimen <i>self compacting concrete</i>	77
Gambar 4.21. Kurva hubungan kekakuan dan <i>story drift</i> model J-G4	78
Gambar 4.22. Kurva <i>backbone</i> model J-G4.....	79
Gambar 4.23. Kurva hubungan kekakuan dan <i>story drift</i> spesimen <i>self compacting concrete</i>	80
Gambar 4.24. Kurva <i>backbone</i> spesimen <i>self compacting concrete</i>	81
Gambar 4.25. Kurva hubungan disipasi energi kumulatif dengan <i>drift ratio</i> model J-G4.....	82
Gambar 4.26. Kurva hubungan disipasi energi kumulatif dengan <i>drift ratio</i> spesimen <i>self compacting concrete</i>	83

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi kelas <i>slump flow</i>	7
Tabel 2.2. Klasifikasi kelas <i>viscosity</i>	7
Tabel 2.3. Klasifikasi kelas <i>passing ability</i>	8
Tabel 2.4. Klasifikasi kelas <i>segregation resistance</i>	8
Tabel 2.5. Kategori daktilitas	24
Tabel 4.1. Variasi dimensi <i>tube join</i> balok-kolom	52
Tabel 4.2. <i>Material properties</i> tulangan GFRP	58
Tabel 4.3. Selisih hasil pengujian eksperimental dan analisis ANSYS	60
Tabel 4.4. Nilai <i>lateral load</i> maksimum dan <i>displacement</i> masing-masing variasi	66
Tabel 4.5. <i>Drift ratio</i> saat <i>lateral load</i> maksimum.....	66
Tabel 4.6. <i>Drift ratio</i> maksimum.....	67
Tabel 4.7. Daktilitas model J-G4.....	74
Tabel 4.8. Daktilitas spesimen <i>self compacting concrete</i>	77
Tabel 4.9. Penurunan nilai kekakuan struktur J-G4	79
Tabel 4.10. Penurunan nilai kekakuan arah pembebanan dorong spesimen SCC.....	81
Tabel 4.11. Penurunan kekakuan arah pembebanan tarik spesimen SCC	81
Tabel 4.12. Disipasi energi kumulatif model J-G4.....	82
Tabel 4.13. Disipasi energi kumulatif arah pembebanan dorong dan tarik	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Lembar Asistensi Tugas Akhir	91
2. Hasil Seminar Sidang Sarjana/Ujian Tugas Akhir	93
3. Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir	94
4. Surat Keterangan Selesai Revisi Tugas Akhir	95

KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK

Muhammad Arief Arrafi¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: muh.ariefarrafi02@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@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Salah satu elemen struktural yang didesain tahan terhadap gempa adalah join balok-kolom. Zona join tersebut merupakan daerah responsif terhadap distribusi beban gempa, sehingga desain yang tepat adalah harus memenuhi kriteria seismik. Kesulitan pematatan beton konvensional akibat kerapatan tulangan dapat diatasi dengan material *self compacting concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja join balok-kolom *self compacting concrete* dengan variasi dimensi *tube* akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). Output analisis berupa kurva histeresis, *story drift* maksimum, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur, serta disipasi energi kumulatif. Kinerja join balok-kolom dengan panjang *tube* 700 mm dibandingkan dengan kinerja join balok-kolom menggunakan variasi dimensi *tube* dan *material properties* beton SCC. Nilai daktilitas terendah sebesar 2,668 dicapai oleh join balok-kolom J1 karena mengalami leleh struktur lebih lambat. Join balok-kolom J3 memiliki kurva kekakuan paling pendek karena hanya mampu mencapai *drift ratio* 3% pada arah dorong dan 2% pada arah tarik. Join balok-kolom J1 mengalami disipasi energi kumulatif paling besar dikarenakan mampu mencapai *drift ratio* paling tinggi, yaitu sebesar 4,5% untuk arah dorong dan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dimensi *tube* mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

Kata Kunci: beban siklik, join balok-kolom, metode elemen hingga, *self compacting concrete*.

Dosen Pembimbing I,

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

Palembang, Januari 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,

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



KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF COMPACTING* *CONCRETE* DENGAN VARIASI DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK

Muhammad Arief Arrafi¹⁾, Saloma²⁾, Siti Aisyah Nurjannah³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: muh.ariefarrafi02@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@ft.unsri.ac.id

Abstract

One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joints. The joint zone is an area that is responsive to earthquake load distribution, so the right design must qualify seismic criteria. The difficulty of compacting conventional concrete due to the density of reinforcement can be overcome by self-compacting concrete material. This research purpose to analyze the performance of self compacting concrete beam-column joints with variations of tube dimension under cyclic loads. The analysis was carried out using ANSYS based on the finite element method. The results of the analysis are hysteresis curve, maximum story drift, stress contour, ductility, stiffness and strength, and cumulative energy dissipation of the structure. The performance of beam-column joints with 700-mm length tube is compared with the behavior of beam-column joints with variations of tube dimension and material properties of self compacting concrete. The lowest ductility value of 2.668 was achieved by beam-column join J1 because it yielded more slowly. Beam-column join J3 has the shortest stiffness curve as it is only able to achieve a drift ratio of 3% in the push direction and 2% in the pull direction. The J1 beam-column joint experiences the greatest cumulative energy dissipation because it is able to achieve the highest drift ratio, which is 4.5% in the push and pull directions. The results show that the variation of tube dimensions affects the performance of the structure in resisting cyclic loads.

Key Words: cyclic loads, beam-column joints, finite element method, self compacting concrete

Dosen Pembimbing I,



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

Palembang, Januari 2024

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing II,



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



RINGKASAN

KINERJA JOIN BALOK-KOLOM *SELF COMPACTING CONCRETE* DENGAN VARIASI DIMENSI *TUBE* AKIBAT BEBAN SIKLIK

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, Januari 2024

Muhammad Arief Arrafi; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 87 halaman, 59 gambar, 18 tabel, 1 lampiran

Salah satu elemen struktural yang didesain tahan terhadap gempa adalah join balok-kolom. Zona join tersebut merupakan daerah responsif terhadap distribusi beban gempa, sehingga desain yang tepat adalah harus memenuhi kriteria seismik. Kesulitan pemadatan beton konvensional akibat kerapatan tulangan dapat diatasi dengan material *self compacting concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja join balok-kolom *self compacting concrete* dengan variasi dimensi *tube* akibat beban siklik. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS yang berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). Output analisis berupa kurva histeresis, *story drift* maksimum, kontur tegangan, daktilitas, kekakuan dan kekuatan struktur, serta disipasi energi kumulatif. Kinerja join balok-kolom dengan panjang *tube* 700 mm dibandingkan dengan kinerja join balok-kolom menggunakan variasi dimensi *tube* dan *material properties* beton SCC. Nilai daktilitas terendah sebesar 2,668 dicapai oleh join balok-kolom J1 karena mengalami leleh struktur lebih lambat. Join balok-kolom J3 memiliki kurva kekakuan paling pendek karena hanya mampu mencapai *drift ratio* 3% pada arah dorong dan 2% pada arah tarik. Join balok-kolom J1 mengalami disipasi energi kumulatif paling besar dikarenakan mampu mencapai *drift ratio* paling tinggi, yaitu sebesar 4,5% untuk arah dorong dan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dimensi *tube* mempengaruhi kinerja struktur dalam menahan beban siklik.

Kata kunci: beban siklik, join balok-kolom, metode elemen hingga, *self compacting concrete*

SUMMARY

PERFORMANCE OF SELF COMPACTING CONCRETE BEAM-COLUMN JOINTS WITH VARIATIONS OF TUBE DIMENSION UNDER CYCLIC LOADS

Scientific papers in form of Final Projects, Januaryth 2024

Muhammad Arief Arrafi; 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 + 87 pages, 59 images, 18 tables, 1 attachment

One of the structural elements designed to withstand earthquakes is the beam-column joints. The joint zone is an area that is responsive to earthquake load distribution, so the right design must qualify seismic criteria. The difficulty of compacting conventional concrete due to the density of reinforcement can be overcome by self-compacting concrete material. This research purpose to analyze the performance of self compacting concrete beam-column joints with variations of tube dimension under cyclic loads. The analysis was carried out using ANSYS based on the finite element method. The results of the analysis are hysteresis curve, maximum story drift, stress contour, ductility, stiffness and strength, and cumulative energy dissipation of the structure. The performance of beam-column joints with 700-mm length tube is compared with the behavior of beam-column joints with variations of tube dimension and material properties of self compacting concrete. The lowest ductility value of 2.668 was achieved by beam-column join J1 because it yielded more slowly. Beam-column join J3 has the shortest stiffness curve as it is only able to achieve a drift ratio of 3% in the push direction and 2% in the pull direction. The J1 beam-column join experiences the greatest cumulative energy dissipation because it is able to achieve the highest drift ratio, which is 4.5% in the push and pull directions. The results show that the variation of tube dimensions affects the performance of the structure in resisting cyclic loads.

Keywords: cyclic loads, beam-column joints, finite element method, self compacting concrete

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arief Arrafi

NIM : 03011182025012


Judul : Kinerja Join Balok-Kolom *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Dimensi *Tube* Akibat Beban Siklik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir 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, Januari 2024



METERAI
TEMPEL

18B40ALX086551904

Muhammad Arief Arrafi

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Kinerja Join Balok-Kolom *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Dimensi *Tube* Akibat Beban Siklik” yang disusun oleh Muhammad Arief Arrafi, 03011182025012 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal Januari 2024.

Palembang, Januari 2024

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. Arie Putra Usman, S.T., M.T.
NIP. 198605192019031007

()


Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002


Ketua Jurusan Teknik Sipil

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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Arief Arrafi

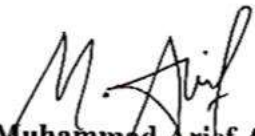
NIM : 03011182025012

Judul : Kinerja Join Balok-Kolom *Self Compacting Concrete* dengan Variasi Dimensi *Tube* 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 ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Januari 2024


Muhammad Arief Arrafi
NIM. 03011182025012

DAFTAR RIWAYAT HIDUP


Nama Lengkap : Muhammad Arief Arrafi
Jenis Kelamin : Laki-laki
E-mail : muh.ariefarrafi02@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD Muhammadiyah 6 Palembang	-	-	SD	2008-2014
SMP Negeri 1 Palembang	-	-	SMP	2014-2017
SMA Negeri 1 Palembang	-	IPA	SMA	2017-2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2020-2024

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,


(Muhammad Arief Arrafi)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia, pengembangan infrastruktur berkembang pesat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang cepat. Salah satu infrastruktur yang mengalami perkembangan ini adalah gedung bertingkat. Peningkatan pembangunan gedung bertingkat tentunya harus diikuti perencanaan struktur gedung baik. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan wilayah yang sangat berpotensi terjadi gempa bumi. Secara geologis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng utama dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Hal inilah yang menyebabkan wilayah Indonesia sering mengalami gempa bumi yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng tektonik. Oleh karena itu, pembangunan gedung bertingkat harus direncanakan sebaik mungkin agar menghasilkan struktur bangunan gedung yang stabil dan tahan terhadap gempa.

Pada bangunan gedung bertingkat, elemen struktural yang berperan penting dalam menjaga stabilitas lateral struktur adalah join balok dan kolom. Join balok-kolom pada bangunan beton bertulang biasanya ditandai dengan tidak adanya tulangan transversal. Dalam penelitian mengenai pembebanan seismik dan kekuatan bangunan beton bertulang, respon sambungan balok-kolom ini memegang peranan penting dalam mencegah kerusakan pasca gempa. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai desain penguatan elemen sambungan balok-kolom. Beberapa pendekatan dilakukan, seperti pelapisan beton bertulang dengan beton tradisional, atau beton mutu tinggi serat baja, yang bertujuan meningkatkan ketahanan daerah join (Verderame, dkk. 2022).

Salah satu alternatif untuk memperkuat elemen join balok-kolom adalah penggunaan tabung *fiber reinforced polymer* (FRP) pada daerah join. Beberapa studi telah menunjukkan bahwa sambungan balok-kolom beton bertulang FRP (FRP-RC) dapat dirancang untuk memenuhi syarat kekuatan dan deformasi, dan sifat linier bahan FRP dapat menghasilkan kerusakan sisa pada sambungan yang lebih rendah dibandingkan dengan beton bertulang biasa (Lin, dkk. 2022). FRP adalah material komposit yang terbuat dari serat (*fiber*) dan matriks (*resin*) yang

dapat meningkatkan daya tahan struktur sekaligus memiliki berat sendiri yang rendah dan mempermudah instalasi (Navaratnam, dkk. 2023).

Beton Alir, atau yang lebih dikenal dengan istilah *Self Compacting Concrete* (SCC), merupakan terobosan inovatif yang menyederhanakan proses pengecoran. Pengecoran SCC tidak bergantung pada vibrator, karena beton ini mampu mengalir dan memadat oleh beratnya sendiri. Kelebihan kecernya dan sifat homogen beton SCC memungkinkannya untuk mengisi celah antartulangan yang rapat dan sulit dijangkau oleh vibrator.

Bersamaan dengan kemajuan teknologi, evaluasi kinerja beban siklik selain melalui uji eksperimental yang dilakukan di laboratorium, dapat juga menggunakan perangkat lunak seperti ANSYS. Program ANSYS merupakan aplikasi analisis yang digunakan untuk merancang produk mekanis dan struktur sipil. Dengan menggunakan teknik analisis numerik berbasis komputer, yaitu *finite element analysis*, ANSYS dapat menyelesaikan masalah analisis struktural dengan membagi suatu objek menjadi elemen-elemen kecil yang kemudian terhubung melalui simpul-simpul atau *nodes*.

Penelitian kali ini melakukan analisis kinerja join balok-kolom dari penelitian Lin, dkk. (2022) yang kemudian dimodelkan dengan program ANSYS. Kemudian *material properties* diubah dengan menggunakan data material dari penelitian Saloma, dkk. (2017). Dimensi *tube* juga diubah dengan menggunakan dua variasi *tube*. Output pengujian yang dianalisis berupa kurva histeresis dari masing-masing kinerja join balok-kolom di bawah beban siklik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dianalisis pada penelitian kinerja join balok-kolom dengan variasi dimensi *tube* adalah:

1. Bagaimana output analisis kinerja join balok-kolom beton normal akibat beban siklik yang dianalisis menggunakan program ANSYS?
2. Bagaimana metode analisis kinerja join balok-kolom yang diberikan variasi dimensi *tube* dengan material *self compacting concrete* akibat beban siklik?
3. Bagaimana hasil output kinerja join balok-kolom yang diberikan variasi dimensi *tube* dengan material *self compacting concrete* akibat beban siklik?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tentang kinerja join balok-kolom dengan variasi dimensi *tube*, yaitu:

1. Membandingkan dan memverifikasi kinerja elemen struktur join balok-kolom beton normal dari pengujian eksperimental Lin, et al. (2022) dengan hasil analisis menggunakan program ANSYS.
2. Memahami metode analisis kinerja join balok-kolom *self compacting concrete* dengan variasi dimensi *tube* akibat beban siklik dengan program ANSYS.
3. Menganalisis dan membandingkan analisis kinerja join balok-kolom *self compacting concrete* dengan variasi dimensi *tube* akibat beban siklik.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup pada penelitian analisis kinerja join balok-kolom *self compacting concrete* dengan variasi dimensi *tube* diatur dalam lingkup:

1. Pemodelan join balok-kolom pada program ANSYS berupa beton yang dimodelkan oleh elemen SOLID65, pelat baja oleh SOLID45, tulangan oleh LINK180, dan SHELL181 untuk merepresentasikan *tube*.
2. Data sekunder merujuk kepada pengujian eksperimental terdahulu Lin, dkk. (2022) tentang kinerja join balok-kolom beton bertulang dengan tulangan GFRP yang diperkuat dengan tabung FRP. Pembebanan mengacu kepada ACI 374.
3. Penelitian ini menggunakan model join balok-kolom J-G4 dengan material beton normal dan material *self compacting concrete*.
4. Data *properties* material *self compacting concrete* didapatkan dari penelitian terdahulu oleh Saloma, dkk. (2017) pada pengujian perilaku *self compacting concrete* dengan ampas tebu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abramowitch, S., & Easley, D. (2016). Chapter Four - Introduction to Classical Mechanics. In L. Hoyte & M. Damaser (Eds.), *Biomechanics of the Female Pelvic Floor* (pp. 89–107). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803228-2.00004-0>
- 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 440. (2015). *Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with fiber-reinforced polymer FRP bars*. American Concrete Institute.
- ACI-ASCE Committee 352. (2010). *Recommendations for Design of Beam-Column Connections in Monolithic Reinforced Concrete Structures*.
- Alavi-Dehkordi, S., Mostofinejad, D., & Alaei, P. (2019). Effects of high-strength reinforcing bars and concrete on seismic behavior of RC beam-column joints. *Engineering Structures*, *183*, 702–719. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.019>
- ANSYS Inc. (2013). *ANSYS Mechanical APDL Introductory Tutorials*. <http://www.ansys.com>
- 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>
- 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*.

- EFNARC. (2005). *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use*. www.efnarc.org
- FEMA 356. (2000). *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*.
- Hanafiah, Saloma, & Whardani, P. N. K. (2017). The behavior of self-compacting concrete (SCC) with bagasse ash. *AIP Conference Proceedings*, 1903. <https://doi.org/10.1063/1.5011544>
- Khanmohammadi, M., Eshraghi, M., Sayadi, S., & Ghafarian Mashhadinezhad, M. (2023). Post-earthquake seismic assessment of residential buildings following Sarpol-e Zahab (Iran) earthquake (Mw7.3) part 1: Damage types and damage states. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108121>
- Kim, T. K., Park, J. S., Kim, S. H., & Jung, W. T. (2021). Structural behavior evaluation of reinforced concrete using the fiber-reinforced polymer strengthening method. *Polymers*, 13(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/polym13050780>
- Lin, G., Zeng, J. J., Liang, S. Da, Liao, J. J., & Zhuge, Y. (2022). Seismic behavior of novel GFRP bar reinforced concrete beam-column joints internally reinforced with an FRP tube. *Engineering Structures*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115100>
- 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>
- Mellodge, P. (2016). Chapter 4 - Characteristics of Nonlinear Systems. In P. Mellodge (Ed.), *A Practical Approach to Dynamical Systems for Engineers* (pp. 215–250). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100202-5.00004-8>
- Navaratnam, S., Selvaranjan, K., Jayasooriya, D., Rajeev, P., & Sanjayan, J. (2023). Applications of natural and synthetic fiber reinforced polymer in infrastructure: A

- suitability assessment. In *Journal of Building Engineering* (Vol. 66). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105835>
- Paknejadi, A. H., & Behfarnia, K. (2020). Performance of reinforced self-consolidating concrete beam-column joints with headed bars subjected to pseudo-static cyclic loading. *Ain Shams Engineering Journal*, 11(3), 751–765. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.12.008>
- Shedlock, K. M., & Pakiser, L. C. (1998). *Earthquakes*.
- Verderame, G. M., Ricci, P., De Risi, M. T., & Del Gaudio, C. (2022a). Experimental response of unreinforced exterior RC joints strengthened with prestressed steel strips. *Engineering Structures*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113358>
- Verderame, G. M., Ricci, P., De Risi, M. T., & Del Gaudio, C. (2022b). Experimental response of unreinforced exterior RC joints strengthened with prestressed steel strips. *Engineering Structures*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113358>
- Wang, B., Huo, G., Sun, Y., & Zheng, S. (2019). Hysteretic behavior of steel reinforced concrete columns based on damage analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/app9040687>
- 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>
- Zhu, Y. T., & Wu, X. L. (2018). Ductility and plasticity of nanostructured metals: differences and issues. In *Materials Today Nano* (Vol. 2, pp. 15–20). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.mtnano.2018.09.004>
- Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. (2000). *The Finite Element Method Fifth edition Volume 1: The Basis*.