

TESIS

**KINERJA STRUKTURAL SAMBUNGAN BALOK-
KOLOM *HIGH VOLUME FLY-ASH SELF
COMPACTING CONCRETE* (HVFA-SCC) DENGAN
PERKUATAN CFRP**



VINCENT CHANDRA

NPM: 235119708

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

PROGRAM MAGISTER

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2025

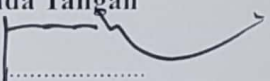


FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : Vincent Chandra
Nomor Mahasiswa : 235119708
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Kinerja Struktural Sambungan Balok-Kolom *High Volume Fly-Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) Dengan Perkuatan CFRP

Nama Pembimbing	Tanggal	Tanda Tangan
Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng., IPU, ASEAN Eng.	20/05/2025	



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : Vincent Chandra
Nomor Mahasiswa : 235119708
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Kinerja Struktural Sambungan Balok-Kolom *High Volume Fly-Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) Dengan Perkuatan CFRP

Nama Penguji

Tanggal Tanda Tangan

Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng., IPU, ASEAN Eng.
(Ketua)

20/05/2025

Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D.
(Sekretaris)

20/05/2025

Anggun Tri Atmajayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.
(Anggota)

20/05/2025

Ketua Program Studi



FAKULTAS
TEKNIK

Dr. Ir. Nectaria Putri Ramesti, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama mahasiswa : Vincent Chandra

NPM : 235119708

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Laporan Tesis dengan judul:

Kinerja Struktural Sambungan Balok-Kolom *High Volume Fly-Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) Dengan Perkuatan CFRP

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain, data hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Laporan Tesis ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Laporan Tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 20 Mei 2025



(Vincent Chandra)

INTISARI

Hubungan balok kolom menjadi elemen struktur yang harus berperilaku daktil terhadap beban lateral yang besar, seperti gempa. Perilaku yang diinginkan terjadi pada sambungan balok-kolom adalah daktil dengan respon plastik ketika menerima beban gempa yang besar. *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP), menjadi bahan yang dapat meningkatkan daktilitas khususnya pada sambungan balok-kolom.

Penelitian ini menyelidiki perilaku sambungan balok-kolom beton bertulang yang diperkuat dengan CFRP. Variabel utama dalam penelitian ini adalah tipe perkuatannya, yaitu Tipe-A dan Tipe-B. Sebanyak enam spesimen balok-kolom dengan dimensi yang sama diuji di bawah beban bolak-balik hingga mengalami kegagalan. Pengujian dilakukan untuk mengamati pola kegagalan, kapasitas beban maksimum, penyerapan energi, penurunan kekakuan dari setiap spesimen. Selain pengujian eksperimental, analisis numerik menggunakan metode elemen hingga juga dilakukan untuk memvalidasi hasil pengujian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa koneksi yang diperkuat dengan pola Tipe-A, dan B mampu meningkatkan kapasitas beban 1,22%, dan 15,11% untuk eksperimen dan 0,89%, dan 15,09% untuk numerik jika dibandingkan dengan spesimen kontrol. Selain itu, energi yang diserap oleh Tipe-B 22,6% untuk eksperimen dan 20,45% untuk numerik lebih tinggi dari spesimen kontrol. Variasi konfigurasi perkuatan juga memengaruhi pola retakan dan mekanisme kegagalan, di mana sambungan yang diperkuat dengan CFRP menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap retakan geser pada sambungan.

Kata-kata kunci : Hubungan Balok-Kolom, CFRP, High Volume Fly-Ash, Histeresis, Penyerapan Energi

ABSTRACT

The relationship of the column beam becomes a structural element that must behave in the daktail to large lateral loads, such as earthquakes. The desired behavior occurs in the beam-column connection is a ducttail with a plastic response when receiving a large earthquake load. Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP), is a material that can increase ductility, especially in beam-column joints.

This study investigated the joint behavior of reinforced concrete reinforced with CFRP. The main variables in this study are the type of reinforcement, namely Type-A and Type-B. A total of six specimens of the same dimensions were tested under cyclic loads until failed. Tests are performed to observe failure patterns, maximum load capacity, energy dissipation, decreased stiffness of each specimen. In addition to experimental testing, numerical analysis uses the element method to validate the test results.

The test results showed that the reinforced connection with Type-A, and B details was able to increase the load capacity 1.22%, and 15.11% for experiments and 0.89%, and 15.09% for numerical compared to the control specimen. In addition, the energy absorbed by Type-B was 22.6% for experiments and 20.45% for numerical higher than that of the control specimen. Variations in reinforcement configurations also affect crack patterns and failure mechanisms, where CFRP-reinforced joints exhibit better resistance to shear cracks at joints.

Keywords : Beam-Column Joints, CFRP, High Volume Fly-Ash, Hysteresis, Energy Dissipation

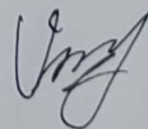
KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kami haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan Tesis Kinerja Struktural Sambungan Balok-Kolom *High Volume Fly-Ash Self Compacting Concrete* (HVFA-SCC) Dengan Perkuatan CFRP dengan baik dan tepat waktu. Selama proses menyelesaikan laporan tesis, penulis menyadari bahwa penyusunan ini tidak dapat dilaksanakan dengan baik tanpa bantuan dari pihak-pihak lain. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng., IPU, ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta dan dosen pembimbing dalam menyelesaikan Laporan Tesis.
2. Bapak Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan untuk menyelesaikan laporan Tesis.
5. Semua pihak yang telah membantu untuk menyelesaikan laporan Tesis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk kritik dan saran untuk menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap hasil dari laporan ini dapat berguna bagi pembaca.

Yogyakarta, 20 Mei 2025



Vincent Chandra

DAFTAR ISI

TESIS	1
PENGESAHAN TESIS	i
PENGESAHAN TESIS	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
INTISARI.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Keaslian Penelitian.....	4
E. Tujuan Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II.....	8

BAB III	12
<i>A. Fly-Ash</i>	12
<i>B. High Volume Fly-Ash Concrete</i>	13
<i>C. Self Compacting Concrete</i>	13
D. Hubungan Balok-Kolom	14
<i>E. Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>	14
F. Abaqus	15
G. Penyerapan Energi	16
H. Kekakuan	17
BAB IV	18
A. Eksperimen	18
1. Material dan Deskripsi Spesimen	18
2. Bentuk dan Metode Pemasangan Perkuatan	19
3. Setup Pengujian	20
B. Numerik	21
1. Data Penelitian Numerik	21
2. Model Penelitian Numerik	22
BAB V	37
A. Eksperimen	37
1. Pola Kegagalan	37

2.	Respon Histeresis	45
3.	Energi Disipasi	47
4.	Kekakuan dan Penurunan Kekakuan	48
B.	Numerik.....	49
1.	Respon Histeresis	49
2.	Energi Disipasi	51
3.	Kekakuan dan Penurunan Kekakuan	52
C.	Perbandingan Eksperimen – Numerik	53
BAB VI		59
A.	Kesimpulan	59
B.	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		65

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Material.....	21
Tabel 2. Spesifikasi CFRP Wrap	22
Tabel 3. <i>Material Properties</i> (beton).....	28
Tabel 4. <i>Material Properties</i> (baja).....	29
Tabel 5. <i>Hasin Damage</i>	30
Tabel 6. <i>Hasin Damage (Damage Evolution)</i>	30
Tabel 7. <i>Hasin Damage (Damage Stabilization)</i>	30
Tabel 8. <i>Density</i> (CFRP)	30
Tabel 9. <i>Elastic (Type : Engineering Constants)</i>	30
Tabel 10. <i>Amplitude</i>	34
Tabel 11. Hasil Pemodelan Abaqus.....	51
Tabel 12. Hasil Perhitungan Kekakuan.....	52
Tabel 13. Perbandingan Respon Histeresis Hasil Eksperimen dan Numerik.....	56
Tabel 14. Perbandingan Penyerapan Energi Eksperimen dan Numerik.....	56
Tabel 15. Perbandingan Kekakuan Eksperimen dan Numerik.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pola retak hubungan balok kolom akibat beban.....	8
Gambar 4.1. (a) Dimensi Spesimen dan Lokasi Strain Gauge, (b) Detail Tulangan	19
Gambar 4.2. (a) Pola Pemasangan CFRP Tipe-A, (b) Pola Pemasangan CFRP Tipe- B.....	20
Gambar 4.3. <i>Setup</i> Pengujian.....	21
Gambar 4.4. Hubungan Balok-Kolom	23
Gambar 4.5. (a) Tulangan utama kolom, (b) Senggang balok dan kolom, (c) Tulangan utama balok	24
Gambar 4.6. (a) CFRP berbentuk O, (b) CFRP berbentuk L, (c) CFRP berbentuk I	25
Gambar 4.7. (a) Tanpa perkuatan, (b) Dengan perkuatan	31
Gambar 5.1. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-KONTROL-1	38
Gambar 5.2. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-KONTROL-2	39
Gambar 5.3. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-CFRP-TYPE A-1.....	40
Gambar 5.4. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-CFRP-TYPE A-2.....	41
Gambar 5.5. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-CFRP-TYPE B-1.....	42
Gambar 5.6. Pola Retak Spesimen BCJ-HVFA-SCC-CFRP-TYPE B-2.....	43
Gambar 5.7. Pola Retak Spesimen Eksperimen.....	44
Gambar 5.8. Kurva Histeresis (Eksperimen)	46
Gambar 5.9. (a) Energi Disipasi Pada Masing-Masing Benda Uji per Siklus, (b) Energi Disipasi Kumulatif.....	48

Gambar 5.10. Penurunan Kekakuan Spesimen	49
Gambar 5.11. Kurva Histeresis (Numerik)	50
Gambar 5.12. (a) Penyerapan energi per siklus setiap spesimen, (b) Penyerapan energi total.....	52
Gambar 5.13. Penurunan Kekakuan Spesimen	53
Gambar 5.14. Kurva Histeresis (Perbandingan Eksperimen dan Numerik)	54
Gambar 5.15. Kurva <i>Envelope</i> (Perbandingan Eksperimen dan Numerik)	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: <i>Concrete Damaged Plasticity (Compressive Behavior)</i>	65
Lampiran 2: <i>Compressive Behavior (Concrete Compression Damage)</i>	67
Lampiran 3: <i>Concrete Damage Plasticity (Tensile Behavior)</i>	70
Lampiran 4: <i>Tensile Behavior (Concrete Tension Damage)</i>	70
Lampiran 5: Regangan Tulangan Utama Balok	71