

TESIS

**STUDI PARAMETRIK PERILAKU PELAT LANTAI
BETON BERTULANG DENGAN BUKAAN YANG
DIPERKUAT DENGAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER (CFRP)***



RODRIGUES ALFABANUWARDA PUTRA BATE
NPM: 235119709

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 : Rodrigues Alfabanuwarda Putra Bate
Nomor Mahasiswa : 235119709
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Studi Parametrik Perilaku Pelat Lantai Beton Bertulang
dengan Bukaan yang Diperkuat dengan *Carbon Fiber*
Reinforced Polymer (CFRP)

Nama Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono, M. Eng.,
IPU, ASEAN Eng.

Tanggal
15/01/2026

Tanda tangan



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : Rodrigues Alfabanuarda Putra Bate
Nomor Mahasiswa : 235119709
Konsentrasi : Struktur
Judul Tesis : Studi Parametrik Perilaku Pelat Lantai Beton Bertulang
dengan Bukaan yang Diperkuat Dengan *Carbon Fiber*
Reinforced Polymer (CFRP)

Nama Penguji	Tanggal	Tanda tangan
Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono M. Eng., IPU, ASEAN Eng.	15/01/2026	
Anggun Tri Atmajayanti, S.T., M.Eng., Ph.D.	15 - 01 - 2026	
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M. Eng., Ph.D.	5/01/2026	


Ketua Program Studi

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
Dr. Ir. Nectaria Putri Pramesti, S. T., M.T., IPM

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rodrigues Alfabanuwarda Putra Bate

NPM : 235119709

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Tempat Tanggal Lahir: Ampenan, 10 November 2001

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tesis berjudul “**Studi Parametrik Perilaku Pelat Lantai Beton Bertulang dengan Bukaannya yang Diperkuat dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)**” merupakan karya asli saya. Segala bentuk rujukan yang dicantumkan dalam laporan ini telah disusun sesuai dengan kaidah yang berlaku. Apabila di kemudian hari ditemukan kesalahan atau kekeliruan, saya bertanggung jawab sepenuhnya dan bersedia menerima sanksi apabila terbukti melakukan pelanggaran.

Yogyakarta, 17 November 2025

Penyusun



Rodrigues Alfabanuwarda Putra Bate

INTISARI

Pengujian parametrik ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan CFRP dan pemberian tulangan ekstra pada sekitar bukaan pelat lantai untuk meningkatkan kapasitas pelat beton dan pengurangan lendutan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Abaqus dengan data eksperimental dari penelitian yang dilakukan oleh Aman dan kawan-kawan pada tahun 2020. Tujuan dilakukannya perbandingan ini sendiri adalah untuk memvalidasi model dan memahami perilaku pelat terhadap variasi bentuk dan ukuran bukaan serta konfigurasi perkuatan CFRP.

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode simulasi numerik dengan bantuan perangkat lunak Abaqus sebagai media untuk menentukan kuat tekan dan defleksi yang terjadi pada pelat beton. Dalam penelitian ini digunakan 10 jenis pelat, yang terdiri dari 4 pelat kontrol dan 6 pelat variasi. Dimensi pelat yang digunakan dalam penelitian ini adalah $1000\text{ mm} \times 530\text{ mm} \times 25\text{ mm}$. Pelat kontrol diberi kode KTB, KB1, KB2, dan KB3, sedangkan pelat variasi diberi kode BTE1, BTE2, BTE3, BTC1, BTC2, dan BTC3.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui simulasi numerik, diperoleh bahwa pelat kontrol beton bertulang yang diuji menggunakan metode numerik memiliki kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan pelat beton bertulang yang diuji menggunakan metode eksperimental. Selain itu, defleksi yang dihasilkan lebih kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa model numerik menunjukkan kekakuan yang lebih tinggi. Pada pelat beton bertulang dengan variasi, hasil menunjukkan bahwa pelat dengan perkuatan CFRP dan tulangan ekstra memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan hasil pengujian eksperimental. Namun, pelat variasi yang hanya diperkuat dengan tulangan ekstra menunjukkan kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil dari metode eksperimental.

Kata kunci: Pelat beton bertulang, Bukaan, CFRP, Simulasi numerik, Kuat tekan

ABSTRACT

This parametric test aims to analyze the effect of using CFRP and providing additional reinforcement around slab openings to increase the load-carrying capacity and reduce deflection of concrete slabs. This study was conducted using Abaqus software with experimental data from research carried out by Aman et al. in 2020. The purpose of this comparison is to validate the model and understand the behavior of slabs under variations in the shape and size of openings as well as CFRP reinforcement configurations.

The testing was performed using numerical simulation methods with Abaqus to determine the compressive strength and deflection occurring in the concrete slabs. In this study, 10 types of slabs were used, consisting of 4 control slabs and 6 variation slabs. The dimensions of the slabs used in this research are 1000 mm × 530 mm × 25 mm. The control slabs were labeled KTB, KB1, KB2, and KB3, while the variation slabs were labeled BTE1, BTE2, BTE3, BTC1, BTC2, and BTC3.

Based on the numerical simulation results, the reinforced concrete control slabs tested using the numerical method exhibited higher compressive strength compared to the experimentally tested slabs. In addition, the resulting deflection was smaller, indicating that the numerical model demonstrated greater stiffness. For the variation slabs, the results showed that slabs strengthened with CFRP and additional reinforcement had higher compressive strength than the experimental results. However, variation slabs strengthened only with additional reinforcement exhibited lower compressive strength compared to the experimental method.

Keywords: Reinforced concrete slab, Opening, CFRP, Numerical simulation, Compressive strength

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tesis dengan judul “Studi Parametrik Perilaku Pelat Lantai Beton Bertulang Dengan Bukaannya yang Diperkuat Dengan *Carbon Fiber Reinforcement* (CFRP)” dapat selesai tepat waktu. Laporan tesis ini ditulis dengan tujuan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Pascasarjana Fakultas Teknik. Laporan tesis ini dibuat berdasarkan pengalaman dan hasil analisis yang diperoleh selama melakukan penelitian. Dalam proses penelitian dan penyusunan laporan ini, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak sangatlah penting. Penulis sadar bahwa pencapaian ini tidak mungkin terjadi tanpa kontribusi dari individu lain. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan penghargaan dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ade Lisantono, M.Eng., IPU, ASEAN Eng selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan Laporan Tesis ini.
2. Anggun Tri Atmajayanti, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan masukan selama penyusunan Laporan Tesis ini
3. Karolina Gusti Ayu yang selalu teman seperjuangan yang memberikan motivasi dan dukungan positif secara moral maupun emosional
4. Orang tua, saudara, dan rekan-rekan yang sangat berperan dalam proses kuliah saya, selama kegiatan penelitian dan penyusunan Laporan Tesis ini berlangsung.

Penulis menyadari penulisan laporan Tesis ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga Laporan Tesis ini bermanfaat bagi pembaca dan mampu berkontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil.

Yogyakarta, November 2025

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized capital 'R' followed by the name 'Rodrigues' and a horizontal line extending to the right.

Rodrigues Alfabanuwarda Putra Bate

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERSETUJUAN TESIS	ii
PENGESAHAN TESIS.....	iii
PERNYATAAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Keaslian Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Tujuan Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	7
3.1 Pelat.....	7
3.2 Beton Bertulang	10
3.3 CFRP (<i>Carbon Fiber Reinforced Polymer</i>)	11
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	14
4.1 Model Penelitian Eksperimental	14
4.2 Pemodelan Numerik.....	23
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	53
5.1 Pelat Kontrol	53
5.2 Pelat Variasi	62
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	71

6.1 Kesimpulan	71
----------------------	----

6.2 Saran.....	72
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Gambar 3. 1 Pelat Satu Arah.....	9
Gambar 3. 2 Pelat Dua Arah	9
Gambar 3. 3 Lembar CFRP	12
Tabel 4. 1 Spesifikasi Material (Aman, et al., 2020)	10
Tabel 4. 2 Spesifikasi CFRP (Foe, N., 2024).....	15
Tabel 4. 3 Spesifikasi Material Beton (Foe, N., 2024)	33
Tabel 4. 4 <i>Tensile Behavior</i> (Foe, N., 2024).....	34
Tabel 4. 5 <i>Tension Damage</i> (Foe, N., 2024).....	35
Tabel 4. 6 Spesifikasi CFRP (Foe, N., 2024).....	37
Tabel 4. 7 Hanshin Damage (<i>Damage Evolution</i>) (Foe, N., 2024).....	38
Tabel 4. 8 Damage Stabilization (Foe, N., 2024).....	38
Tabel 5. 1 Perbandingan Kapasitas Beban dan Defleksi Maksimum Uji Pelat dengan Metode Eksperimental dan Numerik	61
Tabel 5. 2 Kapasitas Beban dan Defleksi Maksimum Pelat dengan Tulangan Ekstra	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Pelat Satu Arah.....	9
Gambar 3. 2 Pelat Dua Arah	9
Gambar 3. 3 Lembar CFRP	12
Gambar 4. 1 Detail Pelat KTB	16
Gambar 4. 2 Pelat KB1	17
Gambar 4. 3 Pelat KB2	18
Gambar 4. 4 Pelat KB3	19
Gambar 4. 5 Posisi Beban Titik Pada Pelat (Aman, et al., 2020)	20
Gambar 4. 6 Visualisasi Pembebanan Pada Pelat Beton Bertulang (Aman, et al., 2020)	20
Gambar 4. 7 Tampak Depan Pengujian Eksperimental (Aman, et al., 2020)	21
Gambar 4. 8 Tampak Samping Pengujian Eksperimental (Aman, et al., 2020)	21
Gambar 4. 9 Detail Pelat BTE1.....	23
Gambar 4. 10 Detail Pelat BTE2	25
Gambar 4. 11 Detail pelat BTE3.....	25
Gambar 4. 12 Detail Pelat BTC1	26
Gambar 4. 13 Detail Pelat BTC2	27
Gambar 4. 14 Detail Pelat BTC3	28
Gambar 4. 15 Pelat Dengan Bukaannya	30
Gambar 4. 16 Rangka Tulangan Pelat	30
Gambar 4. 17 Frame Pelat Baja	31
Gambar 4. 18 Tumpuan Beban	31
Gambar 4. 19 CFRP	32
Gambar 4. 20 Posisi Gabungan Pelat Setelah Assembly	40
Gambar 4. 21 Posisi Pelat Gabungan dengan Tumpuan Beban dan Frame Pelat Baja Setelah Assembly	40
Gambar 4. 22 Step Manager (<i>Basic</i>)	41

Gambar 4. 23 Step Manager (<i>Incrementation</i>)	41
Gambar 4. 24 Set Manager	42
Gambar 4. 25 Penempatan RP (Refrence Point) Pada Pelat	42
Gambar 4. 26 Variabel Output	42
Gambar 4. 27 <i>Interaction</i> Pada Tulangan	43
Gambar 4. 28 <i>Edit Contact Property (Tangential Behavior)</i>	44
Gambar 4. 29 <i>Edit Contact Property (Normal Behaviour)</i>	44
Gambar 4. 30 <i>Edit Contact Property (CFRP)</i>	45
Gambar 4. 31 <i>Mesh</i> Pada Pelat	46
Gambar 4. 32 <i>Mesh</i> Pada Tulangan Baja	47
Gambar 4. 33 <i>Mesh</i> Pada CFRP.....	47
Gambar 4. 34 <i>Mesh</i> Pada tumpuan Beban	48
Gambar 4. 35 <i>Mesh</i> Pada Rangka Pelat Baja.....	48
Gambar 5. 1 Grafik Beban vs Defleksi Pada Pelat KTB	49
Gambar 5. 2 Grafik beban vs Defleksi Pelat KB1	54
Gambar 5. 3 Grafik Beban vs Defleksi KB2	56
Gambar 5. 4 Grafik Beban vs Defleksi Pelat KB3	57
Gambar 5. 5 Grafik Gabungan Pelat Kontrol Dengan Metode Eksperimental Dan Pelat Kontrol dengan Metode Numerik (Abaqus)	60
Gambar 5. 6 Grafik Beban vs Defleksi Pelat BTE 1	62
Gambar 5. 7 Grafik Beban vs Defleksi Pelat BTE 2	63
Gambar 5. 8 Grafik Beban vs Defleksi Pelat BTE 3	64
Gambar 5. 9 Grafik Gabungan Pelat Eksperimental dan Variasi Dengan Tulangan Ekstra.....	65
Gambar 5. 10 Grafik Beban vs Defleksi Pelat BTC2	67
Gambar 5. 11 Grafik Beban vs Defleksi Pelat BTC3	68
Gambar 5. 12 Grafik Gabungan Pelat Eksperimental dan Variasi Dengan Tulangan Ekstra dan CFRP	69

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/ Singkatan	Arti
CFRP	<i>Carbon Fiber Reinforcement Polymer</i>
GFRP	<i>Glass Fiber Reinforcement Polymer</i>
AFRP	<i>Aramid Fiber Reinforcement Polymer</i>
KTB	Kontrol Tanpa Bukaam
KB1	Kontrol Bukaam 160 mm x 160 mm
KB2	Kontrol Bukaam 230 mm x 230 mm
KB3	Kontrol Bukaam 320 mm x 320 mm
BTE1	Variasi Bukaam 160 mm x 160 mm dengan Tulangan Ekstra
BTE2	Variasi Bukaam 230 mm x 230 mm dengan Tulangan Ekstra
BTE3	Variasi Bukaam 320 mm x 320 mm dengan Tulangan Ekstra
BTC1	Variasi Bukaam 160 mm x 160 mm dengan Tulangan Ekstra & CFRP
BTC2	Variasi Bukaam 230 mm x 230 mm dengan Tulangan Ekstra & CFRP
BTC3	Variasi Bukaam 320 mm x 320 mm dengan Tulangan Ekstra & CFRP
RP	<i>Refrence Point</i>
CAE	<i>Computer Aided-Engineering</i>
mm	milimeter
f'_c	Kuat tekan beton
f_u	Kuat tarik <i>ultimate</i>