

TESIS

PERILAKU BALOK KAYU PADA PENERAPAN *CARBON FIBER
REINFORCED POLYMER* DENGAN SOFTWARE ABAQUS 6.14



Di susun oleh :

ENGGAR PRASETYA

205103294

PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2024



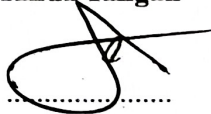
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PERSETUJUAN TESIS

Nama : ENGGAR PRASETYA
Nomor Induk Mahasiswa : 205103294
Konsentrasi : STRUKTUR
Judul Tesis : PERILAKU BALOK KAYU PADA PENERAPAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER* DENGAN *SOFTWARE ABAQUS 6.14*

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.

Tanggal
22/3/2024

Tanda Tangan




FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TESIS

Nama : ENGGAR PRASETYA
Nomor Induk Mahasiswa : 205103294
Konsentrasi : STRUKTUR
Judul Tesis : PERILAKU BALOK KAYU PADA PENERAPAN *CARBON FIBER REINFORCED POLYMER* DENGAN *SOFTWARE ABAQUS 6.14*

Dosen Pembimbing/Penguji	Tanggal	Tanda Tangan
Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.	22/3/2024	
Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D	22/3/2024	
Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng., IPU ASEAN Eng	22/03/2024	

Mengetahui
Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

Prof. Ir. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tesis dengan judul:

PERILAKU BALOK KAYU PADA PENERAPAN CARBON FIBER REINFORCED POLYMER DENGAN SOFTWARE ABAQUS 6.14

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

Yogyakarta, 2024

Yang membuat pernyataan



(Enggar Prasetya)

INTISARI

Penelitian ini mengeksplorasi penerapan praktis Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) dalam perkuatan struktur kayu dalam konteks pelestarian bangunan bersejarah. Material tradisional, khususnya kayu, seringkali menghadapi tantangan seperti pembusukan dan kelemahan seiring berjalannya waktu. Penelitian yang berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) ini bertujuan untuk memberikan alternatif efektif dalam melestarikan bangunan bersejarah. Melalui pengujian dan pemodelan mekanis ekstensif di Abaqus 6.14, penelitian ini menunjukkan bahwa CFRP secara signifikan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan daya tahan struktur kayu. Meskipun temuan awal menunjukkan hasil yang menjanjikan, tantangan seperti delaminasi dan optimalisasi parameter memerlukan penyelidikan lebih lanjut. Landasan teoritis diambil dari penelitian sebelumnya yang menyoroti efektivitas CFRP dalam memperkuat struktur kayu. Studi ini merekomendasikan penyempurnaan model simulasi, validasi parameter, dan mengatasi delaminasi untuk meningkatkan akurasi. Penggunaan satuan pengukuran yang konsisten sangat penting untuk presisi simulasi. Kesimpulannya, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan metode perkuatan ramah lingkungan yang menjunjung tinggi nilai estetika dan sejarah bangunan cagar budaya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengatasi tantangan spesifik dan meningkatkan akurasi penerapan CFRP pada struktur kayu.

Kata kunci : Pelestarian Bangunan Bersejarah, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP), Penguatan Struktur Kayu, Simulasi Abaqus

ABSTRACT

This study explores the practical application of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) in reinforcing wooden structures within the context of historical building preservation. Traditional materials, especially wood, often face challenges such as decay and weakness over time. The research, guided by Indonesian National Standard (SNI), aims to provide an effective alternative for preserving historical buildings. Through extensive mechanical testing and modeling in Abaqus 6.14, the study demonstrates that CFRP significantly enhances the strength, stiffness, and durability of wooden structures. While the initial findings indicate promising results, challenges such as delamination and parameter optimization require further investigation. Theoretical foundations draw from prior research highlighting the effectiveness of CFRP in fortifying wood structures. The study recommends refining simulation models, validating parameters, and addressing delamination to improve accuracy. The consistent use of unit measurements is crucial for simulation precision. In conclusion, the study contributes to the development of environmentally friendly reinforcement methods that uphold the aesthetic and historical value of heritage buildings. Further research is needed to address specific challenges and enhance the accuracy of CFRP application in wooden structures.

Keywords: *Historical Building Preservation, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP),*

Wooden Structure Reinforcement, Abaqus Simulation

KATA HANTAR

Bismillah. Alhamdulillah Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Perilaku Balok Kayu Pada Penerapan Carbon Fiber Reinforced Polymer Dengan Software Abaqus 6.14”.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Strata 2 (S2) di Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Dalam menyusun maupun mengumpulkan data untuk Tesis ini penulis telah banyak mendapat bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng., selaku dosen pembimbing atas bantuan dan bimbingannya mulai dari awal hingga akhir proses penyusunan Tesis;
2. Ir. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D sebagai Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;
3. Prof. Ir. Yoyong Arfiadi, M.Eng., Ph.D., dan Prof. Dr. Ir. AM. Ade Lisantono, M.Eng., IPU ASEAN Eng. selaku dosen penguji, terima kasih atas segala masukan dan usulannya;
4. Seluruh Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mendidik, mengajar, dan memberi ilmunya kepada penulis;
5. Keluarga penulis, terutama Bapak, Ibu, Istri, dan anak-anak tercinta yang selalu memberikan semangat dan senantiasa mendukung dalam doa serta kasih sayang yang luar biasa;
6. Teman-teman terkasih dan seperjuangan yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan maupun pada saat penyusunan Laporan Tesis;
7. Teman-teman Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta;

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tesis ini masih jauh dari kata kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki. Saran dan kritik yang positif dan bersifat membangun merupakan sesuatu yang diharapkan demi

kesempurnaan tulisan yang akan datang. Akhir kata semoga Laporan Tesis ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Yogyakarta, 2024

Yang membuat pernyataan

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Enggar Prasetya', written in a cursive style.

(Enggar Prasetya)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA HANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.1.1. Penelitian Sebelumnya	4
2.2. Landasan teori	7
2.2.1. Ringkasan	7
2.2.2. Sifat mekanik kayu	9
2.2.3 Fiber Reinforced Polymer (FRP)	10
2.2.4. Perekat	12
2.2.5. Idealisasi element pada Abaqus	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Prosedur Analisis	15
3.2 Permodelan dan Analisis	17
3.2.1. Metode elemen hingga yang diperluas	17
3.2.2. Elemen 3-Dimensi Tetrahedral	17
3.2.3. Software Abaqus	18
3.2.4. Perlakuan awal	19
3.2.5. Simulasi	21
3.2.6. Pasca pemrosesan	21
3.2.7. Satuan di Abaqus	21
3.2.8. Model Benda Uji	24
3.2.9. Material Kayu	25

3.2.10 Material Baja.....	26
3.2.11 Material CFRP	26
3.2.12 Interaksi antar element	27
3.2.13 Kondisi Batas	30
3.2.14 Model Benda Uji.....	31
3.2.15 Mesh Model benda uji	32
3.3 Permodelan Abaqus 6.14.....	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Analisis.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Anatomi Kayu.....	7
Gambar 2.2 Orientasi tiga dimensi permukaan kayu	8
Gambar 2.3 Jenis FRP yang umum digunakan.....	11
Gambar 2.4. Arah dan permukaan elemen terkait serta posisi variabel keluaran titik integrasi elemen di bidang lapisan (Abaqus Theory Guide)	14
Gambar 2.5. Model stress/displacement analysis, shell element (Abaqus Theory Guide)	14
Gambar 3.1 Tegangan Tiga Dimensi pada Sebuah Elemen (Abaqus Theory Guide) ..	18
Gambar 3.2 Macam-Macam Model Elemen	19
Gambar 3.3 Flowchart Tahapan Penelitian.....	23
Gambar 3.4 Penampang Balok kayu	24
Gambar 3.5 Grafik Tegangan – Regangan material kayu	26
Gambar 3.6 Penampang CFRP	27
Gambar 3.7 Interaksi balok kayu dengan beban dan tumpuan tanpa CFRP	28
Gambar 3.8. Interaksi balok kayu dengan beban dan tumpuan dengan CFRP	29
Gambar 3.9. Interaksi cohesive behavior	29
Gambar 3.10. Interaksi MPC (multi-point constraint)	30
Gambar 3.11. tumpuan jepit pada model 6 karet.....	30
Gambar 3.12. Model balok kayu tanpa CFRP.....	31
Gambar 3.13. Model balok kayu dengan CFRP.....	31
Gambar 3.14. Konfigurasi mesh model benda uji: (a) balok kayu, (b) CFRP, dan (c) tumpuan dan beban	32
Gambar 3.15 Membuka aplikasi Abaqus 6.14	33
Gambar 3.16 Viewport awal Abaqus 6.14.....	33
Gambar 3.17 Part balok kayu	34
Gambar 3.18. Konfigurasi dimensi benda uji balok kayu dan CFRP pada pemodelan numerik: (a) balok kontrol, (b) balok kayu dengan 1 lapis CFRP, (c) balok kayu dengan 2 lapis CFRP, (d) balok kayu dengan 3 lapis CFRP...34	34
Gambar 3.19 Part CFRP pemodelan lentur pada Abaqus 6.14.....	36
Gambar 3.20 Property balok kayu.....	36
Gambar 3.21 Property CFRP.....	37
Gambar 3.22 Assembly Balok kayu, cfrp dan beban dan tumpuan Abaqus Student Edition 6.14	38
Gambar 3.23 Model tumpuan.....	39
Gambar 3.24 Balok dengan satu titik pembebanan terpusat	40
Gambar 3.25 Mesh balok pada Abaqus 6.14.....	41
Gambar 3.26 Mesh CFRP pemodelan lentur pada Abaqus 6.14	41
Gambar 3.27 Submit job	42
Gambar 4.1. Kontur tegangan model benda uji balok kayu tanpa CFRP: (a) model utuh, (b) model balok kayu, dan (c) kontur displacement.....	43
Gambar 4.2. Kontur tegangan model benda uji balok kayu dengan 1 lapis CFRP: (a) model utuh, (b) model balok kayu, (c) kontur displacement, (d) kontur kegagalan lentur CFRP, dan (e) kontur kegagalan geser CFRP ..45	45

Gambar 4.3. Kontur tegangan model benda uji balok kayu dengan 2 lapis CFRP: (a) model utuh, (b) model balok kayu, (c) kontur displacement, (d) kontur kegagalan lentur CFRP, dan (e) kontur kegagalan geser CFRP ..	46
Gambar 4.4. Kontur tegangan model benda uji balok kayu dengan 3 lapis CFRP: model utuh, (b) model balok kayu, (c) model balok kayu dengan tanda lokasi lepasnya CFRP, (d) visualisasi lepasnya CFRP, (e) kontur displacement, (f) kontur kegagalan lentur CFRP, dan (g) kontur kegagalan geser CFRP	48
Gambar 4.5 Grafik perbandingan beban-lendutan balok kontrol.....	51
Gambar 4.6 Grafik perbandingan beban-lendutan balok 1 lapis.....	52
Gambar 4.7 Grafik perbandingan beban-lendutan balok 2 lapis.....	53
Gambar 4.8 Grafik perbandingan beban-lendutan balok 3 lapis.....	54
Gambar 4.9 Grafik perbandingan beban balok kayu tanpa perkuatan cfrp dan dengan perkuatan cfrp.....	55
Gambar 4.10 Grafik perbandingan lendutan balok kayu tanpa perkuatan cfrp dan dengan perkuatan cfrp.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan (Badan Standar Nasional, SNI 7973:2013)	15
Tabel 3.2 Penyatuan satuan di Abaqus	22
Tabel 3.3. Konfigurasi dimensi benda uji.....	25
Tabel 3.4. Sifat Material Elastis Kayu Pinus (Marianon dkk, 2008).....	25
Tabel 3.5 Sifat Material CFRP (Chaht et al., 2019)	27
Tabel 4.1 Perbandingan beban dan lendutan hasil Experimen dengan hasil Abaqus ...	54